

Etanol de Milho

Cenário Atual e Perspectivas
para a Cadeia no Brasil

Marcos Fava Neves (organizador)

*Patrícia Milan · Flávio Ruhnke Valério · Vitor Nardini Marques
Fábio Gusman Delsin · Vinícius Cambaúva · Leticia Franco Martinez
Marcelo Melo Ramalho Moreira · Sofia Arantes
Gabriel de Oliveira Teixeira*



REALIZAÇÃO



APOIO



FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Etanol de milho [livro eletrônico] : cenário atual e perspectivas para a cadeia no Brasil / Marcos Fava Neves (organizador). -- 1. ed. -- Ribeirão Preto, SP : UNEM, 2021.
PDF

Vários autores.
ISBN 978-65-00-21078-1

1. Agronegócios 2. Cadeia produtiva 3. Engenharia
4. Engenharia química 5. Etanol 6. Etanol - Brasil
7. Etanol de milho 8. Milho - Biocombustível
I. Neves, Marcos Fava.

21-62734

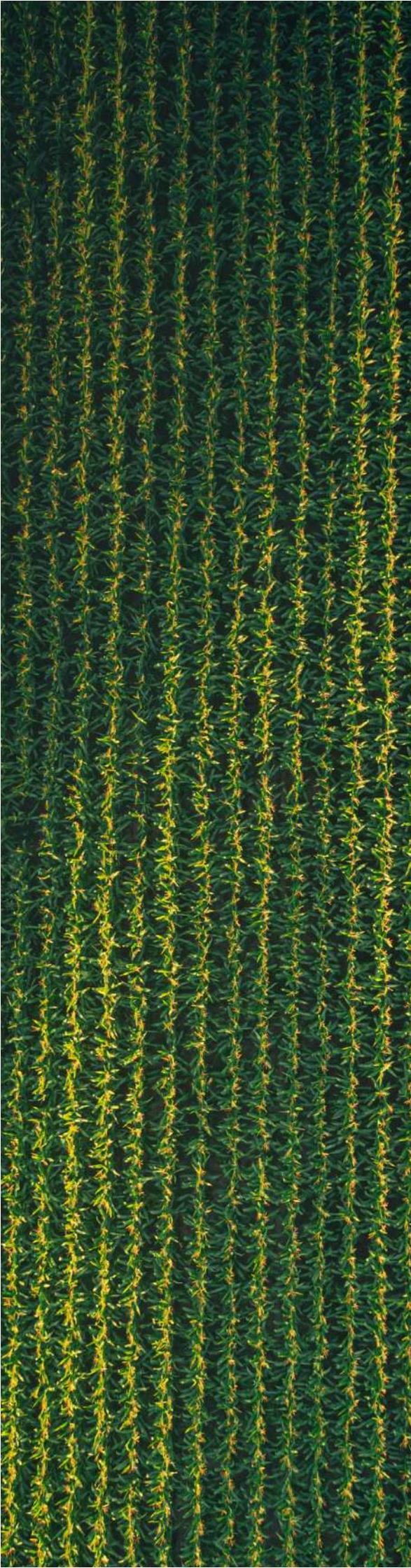
CDD-662.6692

Índices para catálogo sistemático:

1. Etanol de milho : Biocombustíveis : Engenharia química 662.6692

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964





Agradecimentos

Os agradecimentos são dedicados, inicialmente, a cada um dos profissionais que integram a cadeia de etanol no Brasil, contribuindo para a produção de um combustível sustentável que movimenta nossa economia, impulsiona o desenvolvimento de diferentes regiões do país, e ainda provê uma fonte limpa, responsável e ambientalmente consciente, contribuindo na construção de uma matriz energética mais limpa.

Nosso agradecimento especial à Syngenta, que proporcionou que este estudo fosse levado adiante, com intensas interações e contribuições com a equipe da Markestrat, e a UNEM (União Nacional do Etanol de Milho) que, como principal entidade representante do setor, moveu grandes esforços em prol desse trabalho.

Por fim, reconhecemos e registramos nossa gratidão a todos os profissionais, instituições e empresas que colaboraram de forma ativa na construção deste estudo, dedicando esforços e tempo, seja através da participação em entrevistas com a equipe da Markestrat, ou mesmo no compartilhamento de conteúdos agregadores para a construção desta obra. Na sequência, como forma de agradecimento e estímulo a interações ao longo da cadeia, apresentamos a lista de pessoas - e suas respectivas organizações - que contribuíram direta ou indiretamente com o estudo.

Quadro 1. Lista de Entrevistados

PROFISSIONAIS	ORGANIZAÇÃO	CARGO/ÁREA	LOCALIZAÇÃO
Alexandre Godoy	Fermentec	Diretor de Engenharia	Piracicaba - SP
Aluizio Aguetoni	Aguetoni Transportes	Sócio Diretor	Guaíra - SP
Antonio Carlos Moraes	Usina Porto Seguro	Gerente Industrial	Jaciara - MT
Celso Albano de Carvalho	Orplana	Gestor Executivo	Ribeirão Preto - SP
Daniel Abreu	UFMT	Professor e Pesquisador	Cuiabá - MT
Denis Arroyo Alves	Markestrat	Sócio	Ribeirão Preto - SP
Eduardo Lima	Millenium Bio	CEO	São Paulo - SP
Felipe Marques Bazzo	Grupo Balbo	Gerente de Planejamento	Sertãozinho - SP
Fernando Neves	Transabril Transportes	Gerente de Operações	Betim - MG
Haroldo Torres	Pecege	Pesquisador	Piracicaba - SP
Isaac Pinho	SJC Bioenergia	Gerente Industria Etanol de Milho	Quirinópolis - GO
Ismael Perina Júnior	Produtor Rural	Cana-de-açúcar	Ribeirão Preto - SP
Jair Pires	Usina Rio Verde	Gerente Administrativo	Rio Verde - GO
José Guilherme Nogueira	Coplana	Diretor Financeiro	Guariba - SP
José Rossato Júnior	Coplana	Diretor Presidente	Jaboticabal - SP
Marcus Lages	SJC Bioenergia	Gerente Corporativo Industrial	Quirinópolis - GO
Nathan Gomes da Silva	NGS Serviços Administrativos e Corporativos	Engenheiro agrônomo especialista em logística	Luiz Eduardo Magalhães - BA
Paulo Trucco da Cunha	FS Fueling Sustainability	Diretor Comercial	Lucas do Rio Verde - MT
Rafael Abud	FS Fueling Sustainability	CEO	Lucas do Rio Verde - MT
Rafael Bordonal Kalaki	Socicana	CEO	Guariba - SP
Ricardo Tomczyk	Amaggi	Executivo Relações Institucionais	Cuiabá - MT
Rubens Augusto de Miranda	Embrapa	Pesquisador Novas Tecnologias	Três Lagoas - MG
Vinícius André Souza	Raízen	Logística de Etanol	São Paulo - SP
Vital Silva Nogueira	Maiz Engenharia	Sócio Proprietário	Piracicaba - SP
Paulo Moraes Ozaki	IMEA	Pesquisador	Cuiabá - MT

*As áreas de atuação e cargo dos profissionais entrevistados referem-se à posição a que os mesmos ocupavam no período em que contribuíram para a construção do presente material.

Fonte: elaborado pelos autores.

Acreditamos fortemente no valor desta obra para o desenvolvimento do setor de etanol de milho no Brasil e, para tanto, a elaboração dos conteúdos que a compõe, e com a qualidade em que estão apresentados, só foram possíveis graças aos esforços e dedicação de cada uma das pessoas e organizações citadas anteriormente – a todos, o nosso **muito obrigado!**

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Chain Plan Method</i> : Etapas para Planejamento Estratégico e Gestão de Cadeias Agroalimentares.....	26
Figura 2. Tripé da Sustentabilidade (<i>People, Planet and Profit</i>).....	30
Figura 3. O Programa RenovaBio.....	53
Figura 4. Modelos de Usinas de Etanol de Milho no Brasil.....	65
Figura 5. Cadeia Produtiva do Etanol de Milho no Brasil.....	66
Figura 6. Linha do Tempo das Usinas de Etanol de Milho no Brasil.....	78
Figura 7. Projetos Confirmados e Possibilidades de Investimentos.....	81
Figura 8. Mapeamento dos Projetos e Iniciativas no Setor de Etanol de Milho....	82
Figura 9. Fatores para Desenvolvimento do Setor de Etanol de Milho.....	82
Figura 10. Mapa das Principais Ferrovias para Transporte de Grãos.....	87
Figura 11. Mapa de Ferrovias e Terminais em São Paulo.....	87
Figura 12. Mapa do Número de Filiais de Distribuição no País.....	89
Figura 13. Usina de Etanol de Milho da FS em Sorriso - MT.....	90
Figura 14. Localização das Unidades da FS.....	91
Figura 15. Usina da Cerradinho Bio em Chapadão do Céu - GO.....	93
Figura 16. Localização das Unidades de Negócio do Grupo Cerradinho.....	94
Figura 17. Usina <i>Flex</i> da SJC Bioenergia em Quirinópolis - GO.....	96
Figura 18. Localização das unidades de negócio do Grupo SJC Bioenergia.....	97
Figura 19. Usina <i>Full</i> da Inpasa em Nova Mutum - MT.....	99
Figura 20. Unidades da Inpasa Bioenergia.....	100
Figura 21. Aspectos de Sustentabilidade do Etanol de Milho Brasileiro.....	104

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Consumo Global de Energia por Setores.....	36
Gráfico 2. Consumo Global de Energia por Fontes.....	37
Gráfico 3. Evolução da População Global.....	38
Gráfico 4. Demanda Global por Petróleo em Dois Cenários.....	38
Gráfico 5. Consumo de Energia do Setor de Transportes por Combustível.....	39
Gráfico 6. Biocombustíveis em 2018 em Comparação ao Consumo em 2030....	40
Gráfico 7. Consumo Mundial de Etanol.....	41
Gráfico 8. Produção Mundial de Etanol.....	44
Gráfico 9. Projeção da Demanda de Combustíveis no Brasil.....	48
Gráfico 10. Evolução da Frota Total de Veículos.....	49
Gráfico 11. Previsão de Demanda de Veículos Leves no Brasil.....	49
Gráfico 12. Produção e Demanda de Etanol no Brasil.....	56
Gráfico 13. Consumo Brasileiro de Etanol por Tipo.....	56
Gráfico 14. Exportação e Importação Brasileira de Etanol.....	57
Gráfico 15. Produção, Venda e Preço de Etanol no Brasil.....	57
Gráfico 16. Balança Comercial do Etanol em 2019.....	58
Gráfico 17. Localização das Usinas de Cana-de-Açúcar.....	60
Gráfico 18. Área Total com Cana-de-açúcar no Brasil.....	60
Gráfico 19. Histórico e Projeções da Produção de Etanol de Milho no Brasil.....	61
Gráfico 20. Produção de Etanol de Milho no Brasil, por Região.....	62
Gráfico 21. Consumo de Milho e Produção de Etanol no Mato Grosso.....	63
Gráfico 22. Produção de Etanol de Milho Hidratado e Anidro.....	63
Gráfico 23. Evolução da Área Plantada com Milho no Brasil.....	72
Gráfico 24. Evolução da Produção de Milho no Brasil.....	72
Gráfico 25. Média de Preços do Milho por Estado.....	74
Gráfico 26. Consumo, Exportação e Estoques de Milho no Brasil.....	74
Gráfico 27. Principais Destinos do Milho Brasileiro em Volume em 2020.....	75

Gráfico 28. Consumo Doméstico de Milho por Segmento na Safra 2019/20.....	75
Gráfico 29. Capacidade das Usinas de Etanol de Milho em 2020.....	80
Gráfico 30. Capacidade de Armazenagem por Estado.....	88
Gráfico 31. Produção e Produtos da FS na Safra 2019/20.....	92
Gráfico 32. Produção e Produtos da Cerradinho Bio / Neomille.....	95
Gráfico 33. Produção e Produtos da SJC Bioenergia na Safra 2019/20.....	98
Gráfico 34. Capacidade Produtiva da Inpasa Bioenergia no Brasil e Paraguai....	101

Lista de Quadros

Quadro 1. Lista de Entrevistados.....	04
Quadro 2. Políticas Públicas na UE e nos Estados Unidos.....	42
Quadro 3. Biocombustíveis e Etanol no Mundo.....	43
Quadro 4. Comparação entre Diferentes Fontes de Etanol.....	45
Quadro 5. Linha do Tempo dos Veículos Híbridos no Brasil.....	50
Quadro 6. Histórico de Políticas Públicas para Biocombustíveis no Brasil.....	52
Quadro 7. Produção e Demanda de Etanol em 2019 por Regiões.....	58
Quadro 8. Produção Brasileira de Etanol por Fonte.....	59
Quadro 9. Principais Receitas e Custos em uma Usina <i>Full</i> de Milho.....	68
Quadro 10. Principais Indicadores de uma Usina <i>Full</i> de Etanol de Milho.....	71
Quadro 11. Participação dos Estados Brasileiros na Produção de Milho.....	73
Quadro 12. Participação de Mercado das Principais Distribuidoras.....	89

Lista de Siglas

- ABIMILHO** - Associação Brasileira das Indústrias de Milho
- ANP** - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- ACV** - Avaliação do Ciclo de Vida
- BECCS** - *Bio-energy with carbon capture and storage*
- Biosul** - Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul
- BNDES** - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CAR** - Cadastro Ambiental Rural
- CBIO** - Crédito de Descarbonização
- CEPEA** - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
- CGEE** - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CIDE** - Contribuições de Intervenção no Domínio Econômico
- COFINS** - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
- CONAB** - Companhia Nacional de Abastecimento
- COP 21** - 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
- CORSIA** - *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*
- COVID-19** - Coronavírus
- DDGs** - *Dried Distillers Grains with Soluble*
- DLUC** - *Direct land use change*
- EIA** - *U.S. Energy Information Administration*
- EPE** - Empresa de Pesquisa Energética
- EUA** - Estados Unidos da América
- FAO** - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
- GEE** - Gases de Efeito Estufa
- GSCM** - *Green Supply Chain Management*
- HVO** - Óleo Vegetal Hidratado
- ICMS** - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
- ICAO** - *International Civil Aviation Organization*
- IEA** - *International Energy Agency*
- ID** - Impostos Diretos

IIL - Impostos Indiretos Líquidos

ISO - *International Organization for Standardization*

iLUC - *Induced land use change*

IMEA - Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária

LCFS - *Low Carbon Fuel Standard*

MUT - Mudança de Uso da Terra

NEEA - Nota de Eficiência Energético Ambiental

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PIB - Produto Interno Bruto

PIS - Programa de Integração Social

RIN - *Renewable Identification Number*

SNPAA - *Syndicat National des Producteurs d'Alcool Agricole*

TBL - *Triple Botton Line*

UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar

UNEM - União Nacional de Etanol de Milho

Sumário

SOBRE OS AUTORES	11
PREFÁCIO - NIDERA	17
PREFÁCIO - UNEM	20
SUMÁRIO EXECUTIVO	22
1. Método de Análise e Planejamento de Cadeias Produtivas (Chain Plan)	24
1.1 Introdução e Aplicações na Cadeia do Etanol de Milho.....	25
1.2 O Método <i>Chain Plan</i>	26
2. Orientação para a Sustentabilidade no Agronegócio	29
2.1 Introdução.....	30
2.2 Sustentabilidade dos Biocombustíveis.....	32
3. Cenário da Bioenergia no Mundo	35
3.1 Consumo e Demanda Global de Energia.....	36
3.2 Políticas Públicas e Acordos Internacionais.....	41
3.3 Produção Mundial de Etanol.....	44
3.4 Comparação entre Matérias-Primas para Produção de Etanol.....	45
4. Cenário da Bioenergia e do Etanol no Brasil	47
4.1 Consumo de Combustíveis no Brasil.....	48
4.2 Políticas Públicas Brasileiras para Biocombustíveis.....	51
4.3 Produção e Demanda Brasileira de Etanol.....	55
4.4 O Panorama do Etanol de Milho no Brasil.....	61
5. A Cadeia do Etanol de Milho no Brasil	64
5.1 Principais Agentes e Indicadores.....	65
5.1.1 Os Modelos de Usinas de Etanol de Milho.....	65
5.1.2 Os Participantes e Composição da Cadeia.....	66
5.1.3 Principais Fontes de Custos e Receitas.....	68
5.1.4 Investimentos em Etanol de Milho.....	69
5.1.5 Produção Brasileira de Milho e Consumo para o Etanol.....	72
5.2 Mercado de Etanol de Milho no Brasil.....	76
5.2.1 Histórico e Desenvolvimento do Setor.....	76
5.2.2 Oportunidades e Tendências para o Futuro.....	81
5.3 Dinâmica de Distribuição na Cadeia de Etanol de Milho Brasileira.....	86
5.3.1 Transporte de Grãos.....	86
5.3.2 Armazenamento de Grãos.....	88
5.3.3 Distribuição de Combustíveis.....	89
5.2 Estudos de Caso.....	90
5.4.1 <i>FS Fueling Sustainability</i>	90
5.4.2 Neomille - Cerradinho Bio.....	93
5.4.3 SJC Bioenergia.....	96
5.4.4 Inpasa Bioenergia.....	99
6. A Sustentabilidade da Cadeia do Etanol de Milho no Brasil	102

Sobre os Autores





COORDENADOR

Marcos Fava Neves, nascido em Lins (SP), é professor em tempo parcial das Faculdades de Administração da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto e da FGV em São Paulo. Engenheiro Agrônomo formado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) em 1991 e fez toda a carreira de pós graduação (mestrado, doutorado e livre-docência) em estratégias empresariais e chegou a professor titular da USP aos 40 anos, tendo sido Chefe do Departamento de Administração da USP em duas gestões. Complementou sua pós graduação em marketing de alimentos e planejamento do agronegócio na França (1995 – no IGIA) e na Holanda (1999 – na Universidade de Wageningen). Desde 2006 é Professor Visitante Internacional da Universidade de Buenos Aires, desde 2013 da Purdue University, Indiana, Estados Unidos, onde deu aulas durante todo o ano de 2013 e desde 2020 da Universidade de Pretória, África do Sul.

É especializado em planejamento e gestão estratégica, tendo realizado mais de 250 projetos de planejamento no agronegócio brasileiro e mundial. Trabalhou ou foi membro de Conselhos das seguintes organizações: Botucatu Citrus, Vallée, Lagoa da Serra (CRV); Renk Zanini, Inova, Embrapa, Serviço de Informação da Carne, Associação Mundial de Agronegócios, Cooperativa Coplana, Cooperativa Holambra, Ouro Fino, Canaoeste e Orplana (Organização dos Plantadores de Cana). Ajudou a montar e é acionista de 5 empresas, sendo 3 start-ups.

É autor e organizador de 75 livros publicados no Brasil, Argentina, Estados Unidos, África do Sul, Uruguai, Inglaterra, Cingapura, Holanda e China, por 10 editoras diferentes. Escreveu também dois casos para a Universidade de Harvard (2009/2010) e 2 para a Purdue University (2013/2019). Publicou mais de 200 artigos indexados em periódicos científicos internacionais e nacionais, tendo recebido 5.000 citações de acordo com o Google Acadêmico, um dos cientistas brasileiros mais citados mundialmente. Foi articulista do jornal China Daily de Pequim e da Folha de S. Paulo, além de escrever artigos para O Estado de S. Paulo e Valor Econômico, entre outros, tendo mais de 600 artigos de análises de conjunta publicados em revistas e jornais. Na formação de discípulos e de talentos humanos orientou 36 Teses, sendo 9 de Doutorado e 27 de Mestrado e 150 Monografias. Ajudou, como professor, a formar mais de 1.500 administradores de empresas, tendo oferecido 140 disciplinas de graduação e 30 cursos de Mestrado e Doutorado na USP e na FGV. Realizou 1.400 palestras em 22 países, sendo um dos brasileiros mais conhecidos e respeitados internacionalmente na área de agronegócios.

favaneves@gmail.com / www.doutoragro.com

Autores



Patricia Milan é graduada em Engenharia Agrônoma pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo – ESALQ/USP. Possui mestrado em Economia Aplicada também pela ESALQ/USP e MBA em Gestão Empresarial e Inovação pela *B.I. International* em São Paulo - SP. Tem experiência profissional em instituições financeiras como trader de *commodities*, atuando nas principais bolsas de valores, e como analista de produtos de crédito agrícola, atuando com concessões de crédito rural para o setor de agronegócio. Também tem experiência na gestão de organizações sem fins lucrativos e representação institucional de entidades de classe (em eventos nacionais e internacionais), com foco no desenvolvimento do setor de agronegócio. É consultora associada na Markestrat Group, tendo coordenado e formado equipes em projetos de diversos segmentos do agronegócio e cadeias de suprimentos, em áreas como planejamento estratégico, análise econômica, projetos de comunicação estratégica, chegada ao mercado, entre outras.

pmilan@markestrat.com.br



Flavio Ruhnke Valerio é mestre e graduado em Administração de Empresas pela Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP/USP). Atualmente é consultor associado da Markestrat. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Marketing e Estratégia, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento estratégico, marketing de relacionamento, inclusão e sustentabilidade em cadeias produtivas e inteligência de mercado. Autor de diversos artigos publicados em journals e congressos tanto nacionais como internacionais, também colaborou com o desenvolvimento de mais de 10 livros sobre cadeias produtivas do agronegócio brasileiro.

fvalerio@markestrat.com.br



Vitor Nardini Marques é graduado em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), com ênfase nas áreas de Economia e Administração, e aluno do mestrado em Administração de Empresas pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo (FEA-RP/USP), com pesquisa na área de planejamento e gestão estratégica para startups.

Atualmente, é consultor associado na Markestrat Group, com experiência em projetos de planejamento estratégico, *go-to-market*, inteligência de mercado e desenvolvimento de negócios e startups no setor de agronegócio.

nmarquesvitor@gmail.com



Fábio Gusman Delsin é consultor associado na Markestrat Group com experiência em diversos projetos de consultoria nas áreas de planejamento estratégico, estratégia de *go-to-market*, posicionamento competitivo e análise de viabilidade de investimentos e novos negócios. Atualmente é mestrando em Controladoria e Contabilidade Financeira pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade em Ribeirão Preto (FEA-RP USP) e possui graduação em Economia Empresarial e

Controladoria também pela FEA-RP/USP.

fdelsin@markestrat.com.br



Vinicius Cambaúva é graduado em Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Foi aluno do “*MAST International*” da Universidade de Minnesota, nos Estados Unidos, em 2019. Atualmente é aluno de mestrado no programa de pós-graduação em Administração de Organizações da FEA-RP/USP, e consultor associado na Markestrat Group. Tem experiência na área de agronegócios, tendo atuado principalmente em

projetos de acesso a mercados, planejamento estratégico, inteligência de mercado e desenvolvimento de novos negócios.

viniciuscambauva@hotmail.com



Leticia Franco Martinez possui pesquisas em Marketing Estratégico com ênfase em Sustentabilidade e Agronegócio. Finalizou a graduação em 2016, mestrado em 2020 e está cursando o Doutorado em Administração de Organizações na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP), Universidade de São Paulo (USP). Em 2015, na graduação, cursou um semestre de Gestão na Universidade de Coimbra, Portugal.

Professora no Programa Integrado de Capacitação

Empreendedora (PICE) do Núcleo de Empreendedores e no Projeto ONGariar da Enactus na FEA-RP/USP. Tutora no Curso de MBA em Agronegócio da Fundação. Assistente de Acompanhamento Didático-Pedagógico no Centro Universitário Barão de Mauá. Autora do Tripé Sustentável no Instagram, conteúdo sobre gestão estratégica com base nos 3Ps da sustentabilidade (*People, Profit, Planet*).

leticiafrancomartinez@gmail.com



Marcelo Melo Ramalho Moreira possui graduação em Ciências Econômicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ); mestrado em Economia pela Universidade de São Paulo (USP) e doutorado em Planejamento Energético pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas (UNICAMP). É sócio do Agroicone e especialista no setor sucroenergético, energias renováveis, agronegócio e sustentabilidade. Possui

forte expertise em pesquisas quantitativas e qualitativas,

com foco em projeções e simulações econômicas. Sua experiência internacional inclui palestras para o Departamento de Energia dos Estados Unidos, Agência Internacional de Energia, *Global Bioenergy Partnership*, além de missões científicas no âmbito dos Memorandos de Entendimento para colaboração científica em bioenergia com Índia e com Estados Unidos.

marcelo@agroicone.com.br



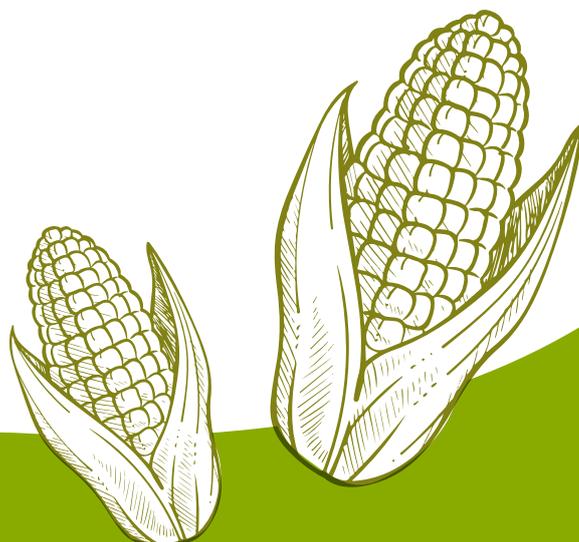
Sofia Arantes é graduada em Economia e Relações Internacionais pela Faculdade de Campinas - FACAMP, com mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM/UNICAMP). Atualmente, estudante de doutorado no Programa de Planejamento de Sistemas Energéticos (UNICAMP). Tem experiência profissional em inteligência de mercado, com foco em açúcar/etanol, e em diversos projetos de consultoria na área de biocombustíveis. Adicionalmente, também tem experiência em temas como uso da terra, emissões de gases de efeito estufa, bioenergia, etanol de milho e agricultura. Conhecimento em modelagem econômica: mudança de uso da terra, socioeconômico e equilíbrio geral.

sofia_arantes@hotmail.com



Gabriel de Oliveira Teixeira finalizou a graduação em Ciências Econômicas em 2018 na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP), Universidade de São Paulo (USP) e atualmente está cursando o Mestrado em Administração de Organizações na mesma instituição. É pesquisador da linha de Criação de Valor: Gestão de Processos Organizacionais e de Marketing e realiza trabalhos relacionados principalmente aos seguintes temas: Economia Agrícola, Biocombustíveis, Sustentabilidade e Agronegócio.

gabriel.oliveira.teixeira@usp.br





Prefácio 1

A história do Brasil em vários momentos se confunde com a história do setor sucroenergético, tendo como fonte principal a cana-de-açúcar, cujo cultivo contribuiu para o desenvolvimento econômico do país, posicionando-o como referência mundial neste setor. O Brasil se tornou maior produtor mundial de açúcar, e por muitos anos foi também o maior produtor de etanol, perdendo esta posição mais tarde para os Estados Unidos. A constante adoção de novas tecnologias tem permitido aumento recorrente de produtividade do setor, impulsionado por tecnologias como o etanol de segunda geração, a qual pode contribuir com aumento de até 50% na produção de etanol por hectare de cana.

Mais recentemente, a cadeia do etanol brasileiro ganhou um aliado, o milho, como matéria-prima para sua produção, inicialmente em regiões com grande disponibilidade do grão como estado do Mato Grosso, onde grandes empresas se instalaram a partir de 2012, com objetivo principal de agregar valor à toda cadeia do cereal, permitindo uma maior e melhor distribuição de renda dentro do setor.

O milho como matéria-prima alternativa para produção do biocombustível tem se tornado cada vez mais relevante no cenário nacional, não apenas para usinas de etanol que processam exclusivamente este grão (Usinas “Full”), como também para aquelas que processam cana-de-açúcar, viabilizando a produção de etanol na entressafra deste cultivo (Usinas “Flex”).

O setor tem sofrido drasticamente

com o atual cenário econômico mundial agravado pela disseminação do COVID-19 (Coronavírus), que reduziu o consumo de combustíveis, bem como por questões comerciais entre países produtores de petróleo, as quais contribuíram para redução drástica do preço deste produto, como consequência afetando o preço do etanol e reduzindo assim a capacidade de investimento do setor. Em contrapartida, o mercado global tem avançado nas discussões sobre a “Nova Economia” baseada em um processo de transição da matriz energética com foco na produção circular de energia e uso de tecnologias limpas e sustentáveis. O avanço da agenda global sobre a “Nova Economia” tem trazido otimismo para o setor com perspectiva para o etanol se tornar uma “commodity”. Esta iniciativa pode colocar o Brasil não somente como grande fornecedor mundial de etanol, mas principalmente de tecnologia, considerando fontes alternativas além da cana, como bagaço e sistemas combinados de produção (milho e cana).



O milho pode ser um parceiro perfeito para a produção de etanol de primeira e segunda geração dentro de uma estratégia de otimização de investimentos, viabilizando operação combinada e produção durante todo o ano.

Algumas incertezas técnicas e econômicas por parte do setor ainda podem impactar o avanço de projetos de implementação do conceito de usinas “Flex” ou mesmo “Full”. Dessa forma, este livro concebido pelo time da Markestrat e liderado pelo Prof. Marcos Fava Neves, traz um compilado de valiosas informações relacionadas ao setor de etanol de milho, com objetivo de esclarecer muito dessas incertezas e, principalmente, ajudar empresas interessadas no processamento do milho a desenvolver estudos de viabilidade para adoção desta tecnologia. Os autores trazem informações de forma detalhada em relação ao mercado global e nacional de energia, como a cadeia de etanol de milho opera no Brasil, comparações e viabilidade econômica entre modelos de usinas “Full” e “Flex”, perspectivas de novas usinas, modelo de estudo para viabilidade de implementação levando em consideração não somente “CAPEX e “OPEX”, mas principalmente custo da matéria-prima, incluindo regiões de produção do milho e localização das usinas.

Um trabalho realmente brilhante, o qual se tornara referência para o setor de etanol no Brasil, um belo presente que os autores oferecem não somente para indústria, mas também para toda academia e profissionais do setor.

Não poderia deixar de reconhecer o profissionalismo, profundo conhecimento e comprometimento do time da Markestrat que resultaram nesta valiosa obra. Fica aqui meu reconhecimento aos autores.

Muito obrigado pela oportunidade a mim concedida para elaborar este prefácio.



JULIO CESAR FATORETTO
PhD, Gerente Global Avanco
Portfolio Seeds & Traits -
Syngenta



Prefácio 2

Com imensa gratidão a UNEM assume a responsabilidade de prefaciar este livro a convite do Dr. Marcos Fava Neves, coordenador desta obra juntamente com um time renomado de coautores, especialistas nas mais diversas áreas do Agronegócio.

Com leitura clara e conceitos técnicos bem definidos, o livro se destaca como a primeira obra dedicada a “Cadeia do Etanol de Milho” no Brasil, atividade que cresce vertiginosamente de forma organizada, tendo a sustentabilidade como ponto focal na produção de energia renovável, ativando ainda várias cadeias de produção de proteínas animal e florestas plantadas.

Por meio da pesquisa e entrevista de vários atores, o texto nos remete a uma profunda imersão através de uma visão de dentro do setor, desmitificando conceitos e dando a oportunidade ao leitor entender as estratégias que norteiam e sustentam a continuidade dos investimentos, as diferenças entre os modelos de produção e a complementariedade do etanol de milho ao tradicional setor sucroenergético.

Diferentemente do etanol de milho americano, o etanol brasileiro tem vantagens competitivas que poderão ser entendidas a partir da demonstração do ciclo de vida da produção do milho de segunda safra, por meio da verticalização da produção primária, agregando valor ao grande excedente de produção de milho destinado à exportação.

Soma-se ao conteúdo os ajustes de cadeias produtivas, políticas públicas e acordos internacionais que poderão ser cumpridos através da produção de bioenergia, internalizando na cadeia do etanol de milho grandes investimentos sustentáveis, por meio de ativos alicerçados em criteriosos protocolos ambiental, social e de governança (ESG - *Environmental, Social and Governance*).

Boa leitura a todos!



GUILHERME NOLASCO

Presidente da UNEM -
União Nacional do Etanol de Milho

Sumário Executivo



Fui apresentado aos conceitos de agronegócios, cadeias e sistemas agroindustriais há exatos 30 anos, quando me formava engenheiro agrônomo pela ESALQ/USP. Apesar de surgirem nos Estados Unidos em 1957 e 1968 respectivamente, pelas obras de John Davis e Ray Goldberg, no Brasil aportam em 1990 quando Ney Bittencourt de Araújo e Decio Zylbersztajn disseminam esta forma analítica respectivamente nos setores privado e na academia.

Esta disseminação toma corpo nestas 3 décadas e hoje é o pensamento preponderante, o de que a agricultura é uma complexa atividade executada por pequenos, médios e grandes produtores, que necessitam estar integrados em redes de relacionamentos com os setores provedores de insumos produtivos e os setores de industrialização, distribuição, consumo e de prestação de serviços. Estas cadeias integradas são os fóruns para elaboração de estratégias privadas e políticas públicas visando seu desenvolvimento.

Nos anos de 2019, 2020 e 2021 pudemos mergulhar neste assunto mais a fundo graças a um apoio da Nidera, a quem agradeço. Que a leitura possa te fazer um entusiasta da cadeia do etanol de milho e que possamos conseguir seu engajamento no movimento "Somos Milhões", que criamos junto com a Nidera em 2020/21 para promover o necessário crescimento sustentável deste produto no Brasil. Que o milho possa gerar milhões de oportunidades às pessoas, promovendo desenvolvimento com inclusão!



**PROF. DR.
MARCOS FAVA NEVES**
USP e FGV



1 Método de Análise e Planejamento de Cadeias Produtivas (*Chain Plan*)

1.1 Introdução e Aplicações na Cadeia do Etanol de Milho

No mundo corporativo, uma prática bastante frequente entre as organizações é a utilização de métodos de planejamento e gestão estratégica na orientação de ações voltadas ao alcance dos objetivos e resultados por elas esperados. Quando olhamos para as cadeias do agronegócio, no entanto, existe uma lacuna em relação a ferramentas que possam contribuir na elaboração do planejamento e desenvolvimento coletivo das mesmas (NEVES et al., 2019).

Nesse sentido, Neves et al. (2019) desenvolveram um método para planejamento e gestão estratégica de sistemas agroindustriais, intitulado como “*Chain Plan Method*”, utilizado ao longo de anos, em diversas cadeias do agronegócio. No Brasil, o método já foi testado nas seguintes cadeias: laranja (2004, 2007 e 2010), trigo (2005), leite (2007), cana-de-açúcar (2009 e 2014), carne (2011), algodão (2011, 2013 e 2017), flores (2014), carne suína (2015) e hortaliças (2017).

A aplicação do método, desde a sua criação, possibilitou que diversos insights e contribuições fossem gerados, o que permitiu aprimoramento constante, face à diversidade das experiências em âmbito nacional e internacional. Além das cadeias do agro brasileiro, citadas anteriormente, o método também foi utilizado na cadeia de trigo no Uruguai (2007), e nas cadeias de leite, soja e carne bovina na Argentina (2007, 2010 e 2014, respectivamente).

O *Chain Plan* é constituído por um total de doze etapas, as quais serão descritas de forma objetiva na sequência. Cada qual, traz sugestões

de ferramentas voltadas ao fortalecimento de uma cadeia coletiva, mais profissional e rígida aos orçamentos, prazos e responsabilidades de cada um de seus agentes.

Entre outros benefícios do planejamento conjunto por meio do método estão: integração e eficiência da cadeia como um todo; compartilhamento de informações e experiências entre os profissionais; identificação das oportunidades de ações coletivas; e construção de um panorama para o futuro, o que gera desenvolvimento mútuo a todos os agentes que constituem a cadeia produtiva (NEVES et al., 2019).

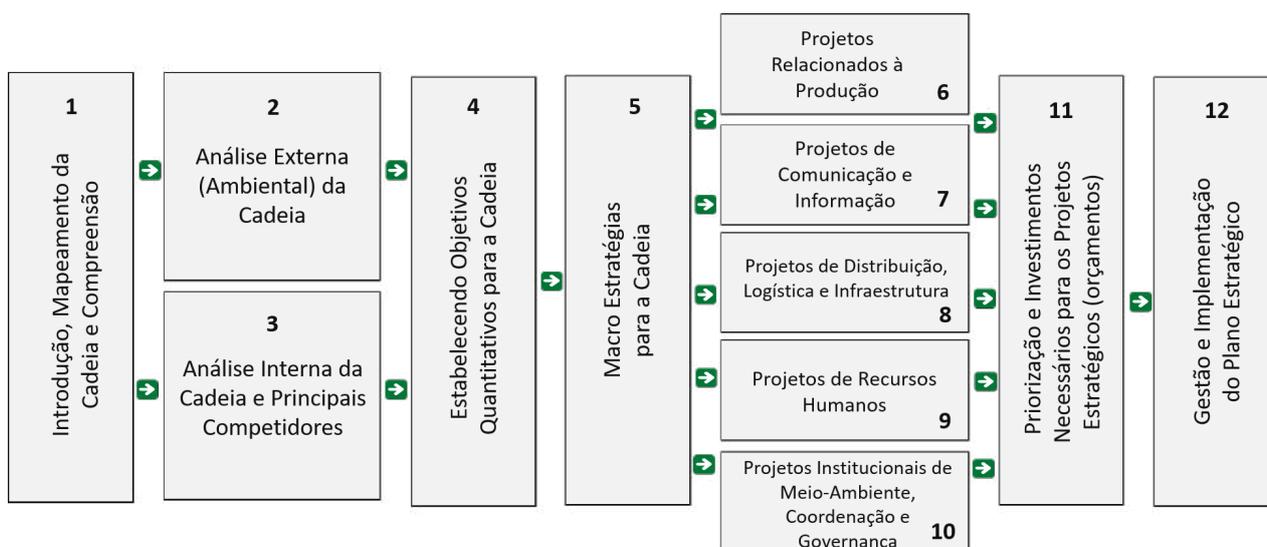
Enquanto temos observado um crescimento pujante do setor de etanol de milho no Brasil, além de ótimas oportunidades sendo criadas, as quais serão citadas ao longo do presente livro, faz todo sentido que o capítulo inaugural seja nossa contribuição para fortalecimento e desenvolvimento dessa cadeia tão importante para o agronegócio brasileiro. O planejamento integrado e a visão coletiva de futuro serão grandes diferenciais nas conquistas e resultados que serão produzidos nos próximos anos e, por isso, recomendamos fortemente a reunião dos agentes e aplicação do presente método.



1.2 O Método *Chain Plan*

A Figura 1, abaixo, ilustra as 12 etapas que compõem o método estrutural, e que serão apresentadas de forma concisa na sequência. Existem versões disponíveis e de fácil acesso, com maior detalhamento do método, para apoio no momento da construção do planejamento (NEVES et al., 2019).

Figura 1. *Chain Plan Method: Etapas para Planejamento Estratégico e Gestão de Cadeias Agroalimentares*



Fonte: elaborado pelos autores.

As etapas que compõem o método *Chain Plan* são:

1 Introdução, Mapeamento de Cadeia e Compreensão: o primeiro passo para aplicação do método é o entendimento dos principais conceitos e parâmetros que compõem a cadeia produtiva em questão. É também nesse momento que ocorre a identificação do time que participará do processo de construção e gestão do planejamento, bem como o mapeamento de planos anteriores a serem utilizados como insumos. É essencial que haja especialistas envolvidos, na equipe que será definida, para colaboração ao longo do processo;

2 Análise Externa (Ambiental) da Cadeia: na segunda etapa, os esforços deverão ser voltados ao reconhecimento do macro ambiente ao qual a cadeia se insere, por meio da coleta de informações de mercado (produção, vendas, preços, consumo, exportações e outros), objetivando a composição de uma base de dados do setor. Por meio dessas informações, será possível a identificação de competidores, barreiras ou mesmo oportunidades, que servirão como fundamento para o desenvolvimento dos projetos estratégicos no futuro;

3 Análise Interna da Cadeia e Principais Competidores: a terceira etapa é composta pela análise crítica da cadeia produtiva em si, identificando as regiões produtoras, produtos substitutos, a dinâmica de funcionamento de transações e contratos, de políticas públicas relacionadas e estruturas de governança, além de uma análise competitiva das “5 forças de Porter”. Todos esses insumos contribuirão no entendimento dos pontos fortes, fracos e fatores críticos de sucesso para o setor;

4 Estabelecendo Objetivos Quantitativos para a Cadeia: após a análise dos ambientes externo e interno, é chegado o momento de definir os objetivos estratégicos de longo prazo (10 anos) para a cadeia produtiva. É importante que esses objetivos sejam claros e quantificáveis, de forma que possam ser facilmente monitorados. Eles podem estar relacionados a parâmetros ou indicadores como produção, consumo, exportações, vendas, custos, empregos, geração de impostos e outros;

5 Macro Estratégias para a Cadeia: na quinta etapa, deverá ser criada uma lista com as estratégias necessárias para alcance de cada um dos objetivos definidos anteriormente, sendo que estas devem ser segmentadas em termos de liderança, posicionamento, captura de valor e segmentação de mercado;

6 Projetos Relacionados à Produção: a sexta etapa dedica-se a construção dos projetos relacionados à produção, analisando e sugerindo ações para melhorias nos processos e capacidades produtivas, áreas de produção, financiamentos e seguros, políticas de preços e outros. É essencial que haja engajamento com uma visão de sustentabilidade, buscando a criação de oportunidades de agregação de valor por meio de pesquisa & desenvolvimento, sistemas integrados e de economia circular, parcerias com novas marcas e outros;

7 Projetos de Comunicação e Informação: na sétima etapa, o foco está na construção dos projetos de comunicação e informação, os quais serão constituídos por meio de uma base de dados para transparência, conexão e oferta de serviços digitais. Com esse processo, também será possível elaborar um plano de comunicação em cadeia, que servirá como base para um posicionamento integrado e o favorecimento da identidade do setor, gerando benefícios e resultados de inclusão sustentável, criação de oportunidades e fortalecimento da cadeia;

8 Projetos de Distribuição, Logística e Infraestrutura: nessa etapa, serão elaborados os projetos para fortalecimento e melhoria das conexões físicas, de transações e infraestrutura que envolvem os participantes, com foco na análise da logística da cadeia, as capacidades de armazenamento e os canais de distribuição. Feito isso, ações de melhorias deverão ser propostas por meio de modelos de economia compartilhada, estratégias para fortalecimento das exportações e promoção da concorrência e mercados livres;

9 Projetos de Recursos Humanos: procurando valorizar e desenvolver o importante capital humano, a nona etapa faz referência à elaboração dos projetos para desenvolvimento dos colaboradores e profissionais envolvidos na cadeia. Essa fase inclui o trabalho em prol dos programas rurais e de extensão, aperfeiçoamento das leis trabalhistas, capacitação e treinamento (produção, qualidade e outros), aspectos relacionados à segurança e a sustentabilidade e gestão dos participantes. Nesse momento, também serão considerados aspectos como a valorização das universidades e escolas técnicas, e o papel das associações e cooperativas para a cadeia;

10 Projetos Institucionais de Meio Ambiente, Coordenação e Governança: na décima etapa, o foco está na otimização do ambiente entre os participantes, através do aperfeiçoamento de tópicos regulatórios e de segurança, da redução da burocracia e do aumento da segurança. Para tanto, é importante que seja feito o mapeamento das cooperativas, associações e outras, de forma a se construir ações coletivas que servirão como modelo para projetos de cunho sanitário, jurídico e legal, e de proteção do meio-ambiente;

11 Priorização de Investimentos Necessários para os Projetos Estratégicos: após a construção de todos os projetos nos itens anteriores, é chegado o momento de reunir os principais representantes para priorização dos projetos mais importantes, o que pode ser feito em função da urgência, relevância e investimentos. Com isso, será possível elaborar um orçamento total do plano estratégico;

12 Gestão e Implementação do Plano Estratégico: a última etapa descreve os aspectos referentes à implementação de cada um dos projetos, abordando pontos específicos relacionados à gestão, liderança, motivação e ações de acompanhamento e aperfeiçoamento do plano construído. Para tanto, é essencial que haja uma estrutura de governança bem definida, avaliação e adaptações nos recursos disponíveis, construção de um comitê de acompanhamento, entre outros pontos.

A construção do planejamento estratégico para uma cadeia se inicia com a iniciativa de alguns participantes em prol desse propósito. O método *Chain Plan* é aqui colocado como uma motivação para que esses movimentos aconteçam e, com isso, haja o fortalecimento e desenvolvimento do setor de etanol de milho brasileiro.



**Orientação
para a
Sustentabilidade
no Agronegócio**

2.1 Introdução

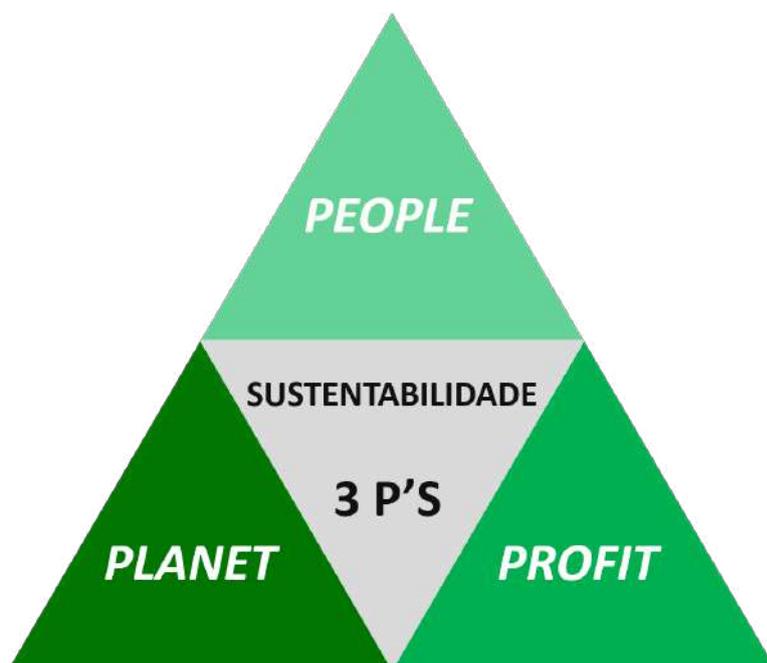
Quando falamos em sustentabilidade, podemos pensar em um longo processo histórico que demandou (e ainda demanda), um amadurecimento da consciência humana para lidar com a grande velocidade do desenvolvimento econômico e tecnológico, que se não for bem gerido e utilizado de maneira consciente, pode tornar os desastres ambientais cada vez mais frequentes (GUIMARÃES, 2010).

Jamali (2015) comenta que sustentabilidade é um processo em contínua mudança e adaptação. Munck e Souza (2009) dizem ser a “capacidade de um sistema em manter sua produtividade mesmo em situações de adversidade” e que, primeiramente, foi ganhando importância na dimensão ambiental, e os critérios econômicos e sociais foram assumindo posicionamento aos poucos.

Quando entramos no mundo organizacional, falamos de Sustentabilidade Corporativa, que tem como principal objetivo atender as partes interessadas (*stakeholders* e *shareholders*), sem comprometer sua capacidade de atender às necessidades de gerações futuras (DYLLICK; HOCKERTS, 2002). As empresas possuem uma grande responsabilidade, pois são elas que representam os recursos produtivos da economia (BANSAL, 2002).

Elkington (1998) defendeu que a sustentabilidade está associada a três dimensões (social, ambiental e econômica), representadas pelo *Triple Bottom Line* (TBL), o qual se configurou visualmente em um triângulo (Figura 2) que representa o equilíbrio e a conexão entre as partes.

Figura 2. Tripé da Sustentabilidade (*People, Planet and Profit*)



Fonte: elaborado pelos autores com base em Elkington (1998).

Nesse sentido, é de grande importância que haja a interação e cooperação entre os agentes de um sistema (como empresas privadas, governo e comunidade) na busca por objetivos comuns, relacionando lucratividade com sustentabilidade socioambiental, e compreendendo a dependência entre elas (ELKINGTON, 1998).

Em suma, sustentabilidade é a busca contínua por redução de impactos negativos, por meio da fabricação, uso, manuseio, logística de produtos e gerenciamento de resíduos (SRIVASTAVA, 2007).

Podemos chamar de *Green Supply Chain Management* (GSCM) o “esverdeamento” da cadeia de suprimentos, que possui como elemento central a cooperação, para reagir à pressão dos *stakeholders*. Essa cooperação significa interação entre atores, com estabelecimento de metas e planejamento, podendo, envolver o consumidor final (PETLJAK et al., 2018).

Ser uma organização sustentável é comprometer-se com o social, ambiental e atitudes que comprovem os preceitos do desenvolvimento sustentável (MUNCK; SOUZA, 2009; HAHN et al., 2014). Atualmente, os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) são o carro chefe dos países que visam, em 2030, estarem em um novo patamar de percepção relacionada ao tema (BRASIL, 2015).

No Agronegócio, Neves e Trombin (2017) propuseram um conjunto de tópicos que colaboram com discussões de sustentabilidade em organizações, subdividindo-os dentro dos pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental. A colaboração dos autores está voltada para sistemas e cadeias produtivas do setor em questão.

Alguns desses itens na dimensão econômica são: desenvolvimento econômico; investimento em tecnologia; contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) local; e busca contínua por ganhos em eficiência. Na dimensão

ambiental: recursos renováveis e geração de energia própria; economia circular; e uso eficiente da água. Os itens na dimensão social são: saúde e bem-estar dos *stakeholders*; inclusão de agricultores; boas condições de trabalho; erradicação da fome e segurança alimentar (ODS 2).

De uma maneira geral, o paradigma do agro está nas grandes quantidades de resíduos que gera todos os anos. Esses resíduos são recursos biológicos que podem ser transformados em muitas formas de bioenergia. Alguns países utilizam a tecnologia para lidar com esse problema e obtiveram bons resultados. No entanto, ainda existem aqueles que continuam a usar métodos de eliminação altamente prejudiciais, como a queima a céu aberto (TIAMMEE & LIKASIRI, 2020).

O novo movimento agora é a transformação dos 3P's do *Triple Bottom Line* no modelo ESG: *environment; social & governance*. Assim deve seguir a cadeia do etanol de milho.



2.2 Sustentabilidade dos Biocombustíveis

Quando pensamos em combustíveis, os de origem fóssil, como diesel e gasolina, ainda são amplamente utilizados nos setores de transporte, agricultura, comércio, residencial e industrial para geração de energia elétrica ou mecânica. O consumo descontrolado dessas fontes, além de ter intensificado a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), trouxe também problemas sociais como secas e escassez de água, o que ainda poderia impactar questões de segurança alimentar e desnutrição (TIRADO et al., 2010).

Estima-se que o consumo global de petróleo teve um aumento de cerca de 1% ao ano entre 2004 e 2018, o que fez com que a demanda global de petróleo atingisse 99,2 milhões de barris por dia em 2018. As metas nacionais traçadas na União Europeia (UE) e no Canadá, promovem uma mudança de pensamento para uma economia de baixo carbono, efeito do Acordo de Paris de 2015, assinado por 197 países e ratificado por 185 países em 2019 (COLLOTTA et al., 2019).

O *Green Deal* ou Pacto Ecológico Europeu tem como objetivo tornar a economia da União Europeia sustentável, a partir de medidas em todos os setores, incluindo a descarbonização do setor de energia, implementação de formas de transporte público e privado mais limpas e investimento em tecnologias não prejudiciais ao meio ambiente (UNIÃO EUROPEIA, 2020).

Nesse contexto, os biocombustíveis são identificados como uma solução potencial por terem origem via fontes renováveis, como a biomassa,

gorduras animais, plantações ou óleos residuais - além de ser atóxico e neutro em carbono, com risco ambiental e à saúde insignificantes, se bem gerenciado (LIEW et al., 2014). Porém, apesar dos benefícios comprovados por estudos científicos, a produção de biocombustíveis vem acompanhada de críticas e debates internacionais ao longo dos anos (particularmente *food vs fuel* e efeito indireto de uso da terra).

O tema *food vs fuel*, que opõe biocombustíveis e alimentos, se dá pela percepção de alguns atores que a expansão da produção de biocombustíveis aconteceria em detrimento da produção de alimentos. Essa percepção foi inicialmente divulgada por alguns grupos específicos, com preocupações legítimas.

Essa percepção, porém, tem sido revista pelas principais instituições que se dedicam ao assunto. Devido à tecnologia de produção, melhores práticas de manejo, diversificação da agricultura, ganhos de eficiência, melhor gestão de terras agrícolas e produtividades, é possível avaliar as oportunidades e medidas que implicam no melhor uso de terras e recursos nos sistemas de produção, para que não haja discrepância da produção de matérias-primas utilizadas para alimentos e biocombustíveis (IPCC, 2018).

O efeito indireto de uso da terra (*Induced Land Use Change – iLUC*) é outro tema que ainda provoca debates em nível mundial. O conceito de iLUC ganhou força a partir do estudo de Searchinger et al. (2008),

que colocou questionamentos quanto à sustentabilidade da produção de biocombustíveis. As emissões poderiam ser maiores do que aquelas dos combustíveis fósseis se contabilizados os efeitos no uso da terra, causados pela necessidade de expandir a produção em novas terras, para compensar culturas desviadas do uso original para o de biocombustíveis.

Embora metodologias tenham evoluído desde 2008, ainda existe uma enorme variação nos resultados dos cálculos de intensidade de carbono. Os resultados são convergentes para alguns combustíveis e práticas de manejo, mas ainda diferem bastante em outras. Há grande debate científico quanto às abordagens mais adequadas de acordo com cada especificidade (PLEVIN et al, 2014; ROSA et al, 2016).

Medidas estão sendo adotadas em nível internacional para diminuir os potenciais riscos dos efeitos induzidos indesejáveis ao tempo que se possa estimular práticas mais sustentáveis. Embora alguns programas de biocombustíveis tentem calcular tais emissões, as abordagens de avaliação de gerenciamento de risco tem sido cada vez mais consideradas, como na Diretiva Europeia 2009/28/EC – RED II, CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) e RenovaBio (UNIÃO EUROPEIA, 2008; ICAO, 2020; ANP, 2021).

Apesar dos grandes debates, os biocombustíveis surgem, ainda, como uma oportunidade de desenvolvimento econômico devido ao aumento da demanda por diversos produtos da economia, especialmente por matéria-prima agrícola, levando à geração de renda, aumento do PIB, arrecadação de impostos (Impostos Indiretos Líquidos – IIL e Impostos Diretos - ID) e criação de empregos tanto em nível regional quanto nacional (TIRADO et

al., 2010; PEREIRA et al., 2019; MOREIRA et al., 2020; IMEA, 2017; SILVA et al., 2021). Órgãos governamentais em todo o mundo vêm desenvolvendo iniciativas (como o RenovaBio, no Brasil) para incentivar a produção e o uso de biocombustíveis, o que pode contribuir para múltiplas metas de sustentabilidade; o objetivo é garantir que os impactos adversos ao meio ambiente sejam eliminados e que o produto seja visto como um plano de desenvolvimento que considera alimentação, segurança nutricional, planejamento do uso da terra, estratégia de redução da pobreza e um novo mercado para produtos agrícolas (TIRADO et al., 2010; PEREIRA et al., 2019).



Ferramentas inovadoras já conseguem avaliar os impactos do consumo de energia e quanto é necessário para garantir que as opções de biocombustíveis forneçam benefícios ambientais reais em comparação com o uso de energia fóssil.

(COLLOTTA et al., 2019)

Para que os tomadores de decisões entendam melhor essas questões, avaliações ambientais, econômicas e sociais quantitativas são necessárias.

A análise do ciclo de vida (ACV) é a ferramenta mais usada para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de biocombustíveis (COLLOTTA et al., 2019). Outra opção frequentemente adotada na política regulatória são os

esquemas de certificação, a fim de resultar em uma análise simples e holística dos impactos ambientais, econômicos e sociais associados a determinados produtos (COLLOTTA et al., 2019).

Os critérios utilizados na avaliação do ciclo de vida incluem balanço energético líquido positivo, redução de emissões durante seu ciclo de vida, viabilidade econômica e impacto mínimo no abastecimento de alimentos. Porém, a maioria dos estudos de ciclo de vida de sistemas de produção de biocombustíveis estão focados em avaliações ambientais, por conta da padronização dessa ferramenta pela ISO (*International Organization for Standardization*) 14040 (avaliação do impacto ambiental) (MAYER et al., 2020).

No Brasil, o uso de etanol tem apresentado avaliações positivas do ponto de vista de pegada de carbono. O etanol de cana-de-açúcar brasileiro, como substituto da gasolina, tem sido evidenciado em extensa literatura (GOLDEMBERG et al., 2008; CAVALETT et al., 2013; WALTER et al., 2014; SEABRA et al., 2011; MACEDO et al., 2008). Para o etanol de milho brasileiro, ainda existem poucos estudos (MOREIRA et al., 2020; MILANEZ et al., 2014; DONKE et al., 2017), devido à recente produção em território nacional.

Sala (2019) crê que a transição para a produção e o consumo sustentável é um dos grandes desafios da sustentabilidade, e que são necessárias metodologias específicas para lidar com a situação atual e fornecer soluções adequadas. O autor comenta que a crescente demanda por energia, alimentos e água, resultou no esgotamento dos recursos, aumento da poluição e degradação, levando o planeta a atingir seus limites ambientais. Além disso, os seres humanos consomem ainda mais do que antes e os

padrões atuais de desenvolvimento em todo o mundo não são sustentáveis.

Diante desse cenário, vários estudos têm abordado o papel dos biocombustíveis junto aos ODS, considerando-os como chave para o atingimento desses objetivos, e também como uma das fontes alternativas para garantir que a terra não aqueça mais do que 1,5 a 2 graus celsius até 2030 (IPCC, 2018).

A combinação de biologia vegetal, técnicas de captura de carbono (do inglês, *Bio-energy with carbon capture and storage* - BECCS) e novos processos de bioconversão para a terceira e quarta geração de biocombustíveis podem atingir a meta de fornecer fontes que serão abundantes, eficientes em energia e ambientalmente sustentáveis (SALA, 2019). No entanto, vale ressaltar que existe espaço para atingir os ODS com tecnologias de 1ª geração, desde que haja planejamento adequado. O aumento exponencial de produtividade pelo uso de safras sequenciais, plantio direto, produção de coprodutos, aumento da saúde do solo e outros podem desempenhar papel importante na busca por esses objetivos (IPCC, 2018).

Com isso, entendemos que os parâmetros de sustentabilidade percorridos ao longo do presente capítulo, bem como o posicionamento energético em prol de práticas sustentáveis, devem servir como orientação essencial às diversas cadeias produtivas do agronegócio. No cenário dos biocombustíveis, reforçamos a relevância de movimentos, por parte dos agentes e organizações (públicas e privadas) que compõem a cadeia do etanol de milho, na busca por esse nobre objetivo de construir um setor responsável, e que seja, para o mundo, um grande modelo de sustentabilidade.



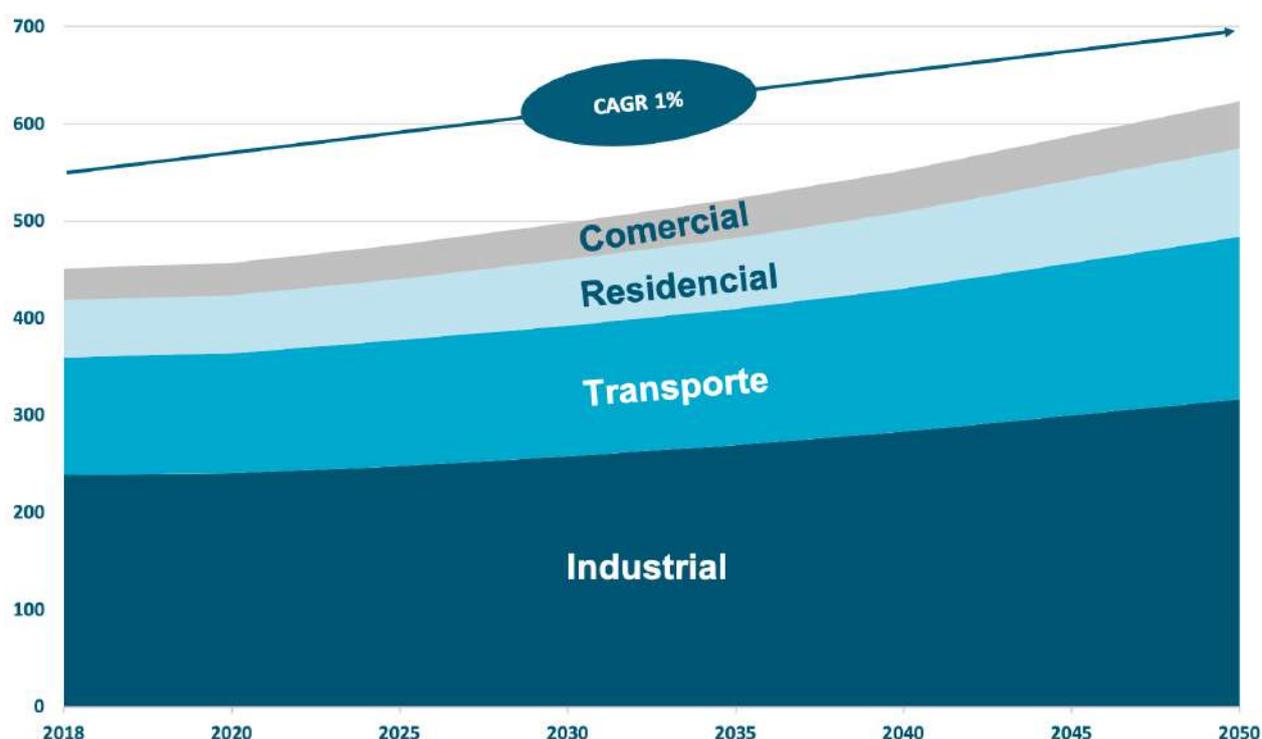
**Cenário da
Bioenergia
no Mundo**

3.1 Consumo e Demanda Global de Energia

Antes de analisar a situação atual do etanol no mundo, é preciso compreender as tendências e comportamentos relacionados à demanda mundial por energia, uma vez que essa visão traz perspectivas valiosas para o entendimento da evolução do setor.

O consumo global de energia deverá crescer, em média, 1% ao ano, totalizando um aumento de 38% até 2050. Dentre os setores econômicos, o industrial representará o maior crescimento em termos de demanda por energia, seguido pelo de transporte. A indústria demandará cerca de 33% a mais de energia e continuará representando mais da metade (50,8%) do consumo global em 2050 (EIA, 2019), como pode ser visto no Gráfico 1.

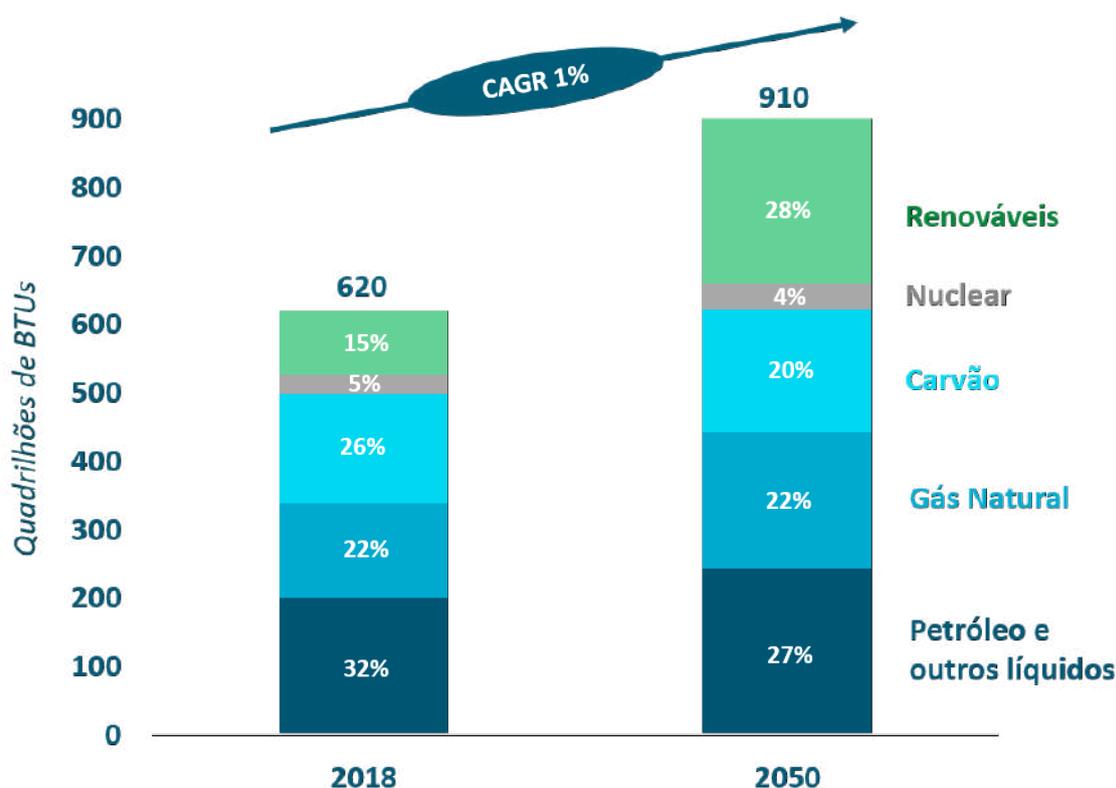
Gráfico 1. Consumo Global de Energia por Setores



Fonte: elaborado pelos autores com base em EIA (2019).

As fontes de energia renováveis (solar, hidrelétrica, eólica e biomassa) devem aumentar sua representatividade no consumo até 2050, atingindo 28% do total, contra 15% verificado em 2018. Esse fator está relacionando principalmente às propostas de mudanças nas matrizes energéticas de diversos países e acordos internacionais em prol do clima, que serão tratados mais à frente. Mesmo assim, o consumo de combustíveis fósseis deve continuar crescendo, principalmente o gás natural, que apesar de manter sua representatividade na matriz mundial, no comparativo entre os anos 2018 e 2050, deve aumentar sua demanda em 45% no intervalo de tempo (EIA, 2019). A evolução da participação das fontes de energia na matriz energética global está apresentada no Gráfico 2.

Gráfico 2. Consumo Global de Energia por Fontes

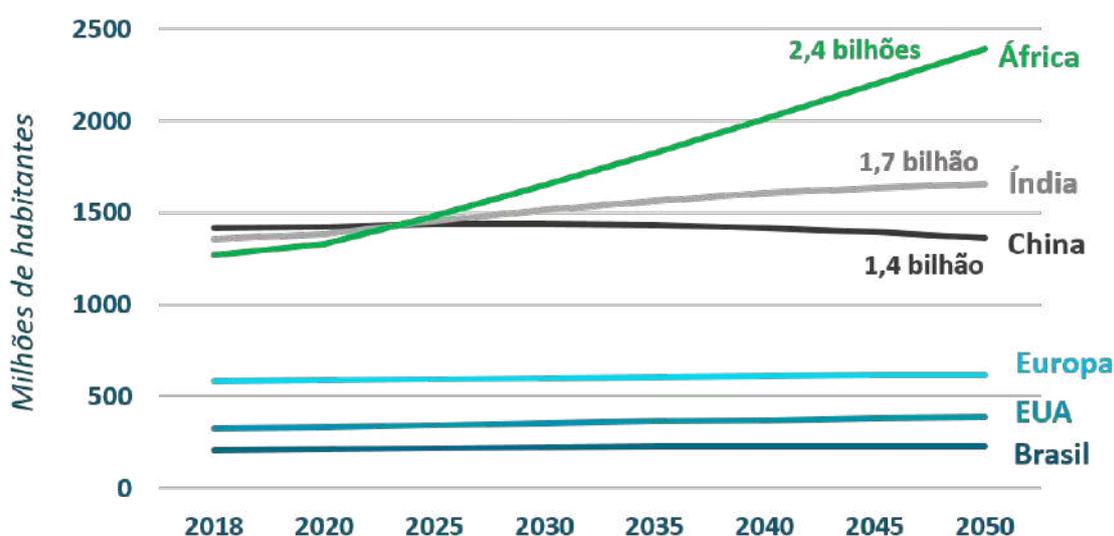


Fonte: elaborado pelos autores com base em EIA (2019).

É interessante destacar, em relação às projeções do EIA (*U.S. Energy Information Administration*) (2019), que o aumento da demanda por energia no mundo virá principalmente dos países em desenvolvimento, que juntos consumirão 69% da energia total produzida no planeta em 2050. Dois fatores explicam essa tendência:

- a) Crescimento populacional – como pode-se observar no Gráfico 3, a estimativa é de que, em 2050, a população do continente africano chegue a 2,4 bilhões, enquanto a Ásia Central e Sul atingirá 2,5 bilhões de pessoas. Ainda no continente asiático, somente a Índia deve chegar a quase 1,7 bilhão de habitantes. Por outro lado, na Europa e Estados Unidos (EUA) a estabilização populacional será mantida.

Gráfico 3. Evolução da População Global

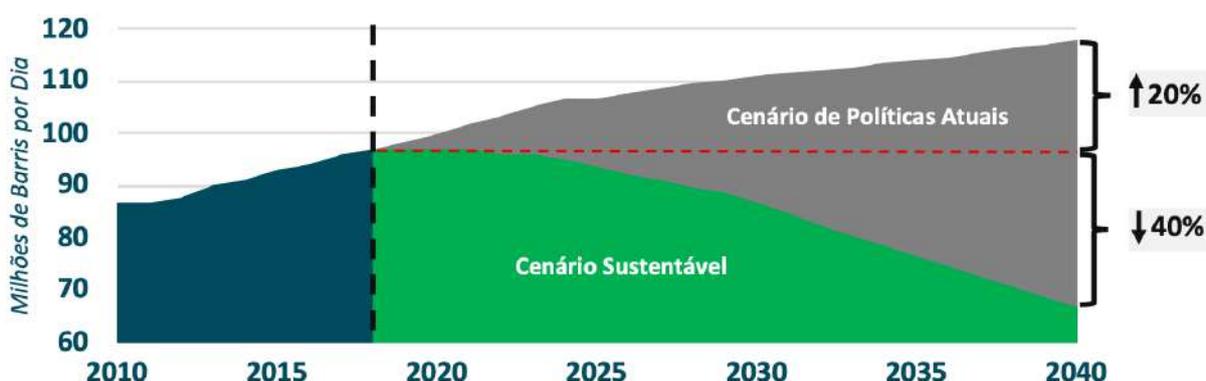


Fonte: elaborado pelos autores com base em EIA (2019).

b) Crescimento econômico (PIB) - também tende a ser maior nos países não pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), devendo apresentar um crescimento médio de 4% ano até 2050. A energia é um dos componentes mais importantes para fomentar essa geração de renda e as curvas de evolução devem permanecer relacionadas.

Como o etanol de milho é utilizado como combustível para veículos automotores, este estudo se dedica especificamente na análise mais profunda do setor de transportes, visando compreender a evolução da demanda por combustíveis para essa finalidade, principalmente no que se refere ao mercado de petróleo, maior “concorrente” do etanol, visto o potencial de substituição na maioria da frota de veículos. No Gráfico 4, pode-se observar a evolução do consumo dessa commodity em dois cenários possíveis.

Gráfico 4. Demanda Global por Petróleo em Dois Cenários

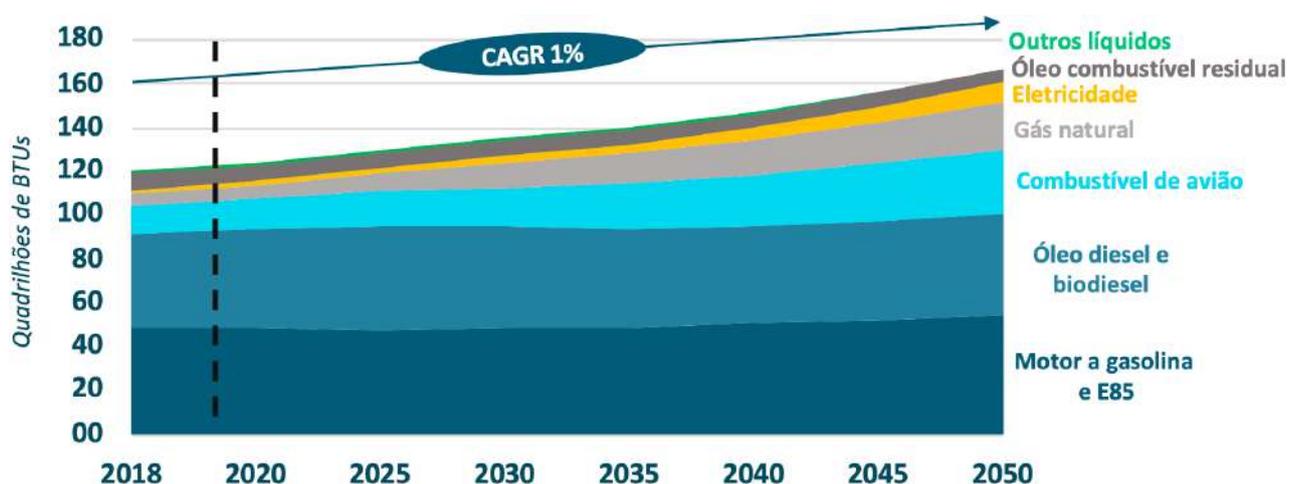


Fonte: elaborado pelos autores com base em EIA (2019) e IEA (2019).

O “Cenário de Políticas Atuais” considera todas as políticas de energia em vigência, declaradas pelos países até o presente momento para a construção das projeções de demanda. Esse cenário prevê um aumento de 20% no consumo de petróleo até 2030. Já o “Cenário Sustentável” considera uma transformação rápida e profunda no setor global de energia, com um intenso processo de descarbonização. Se essas condições forem cumpridas, haverá uma diminuição de 40% na demanda global de petróleo até 2040.

Quando observamos os aspectos relacionados aos tipos de motores, a gasolina/E85 (85% etanol e 15% gasolina) e óleo diesel/biodiesel continuarão sendo predominantes no setor de transporte em 2050, em termos de consumo de energia. No entanto, a participação de fontes como gás natural e eletricidade aumentará significativamente no período: 313% e 415%, respectivamente, como evidenciado no Gráfico 5.

Gráfico 5. Consumo de Energia do Setor de Transportes por Combustível



Fonte: elaborado pelos autores com base em EIA (2019) e IEA (2019).

Quando se trata do mercado de biocombustíveis (incluindo etanol, biodiesel, biometano, óleo vegetal hidratado – HVO), Estados Unidos e Brasil se destacam, atualmente, como os dois maiores produtores e consumidores dessas fontes de energia no mundo. Segundo a Agência Internacional de Energia (do inglês *International Energy Agency* - IEA), e considerando o Cenário Sustentável traçado, o consumo de biocombustíveis poderá aumentar significativamente até 2030, o que exigiria um aumento de cerca de 165% na produção global desses produtos.

Gráfico 6. Biocombustíveis em 2018 em Comparação ao Consumo em 2030



Fonte: elaborado pelos autores com base em IEA (2019).

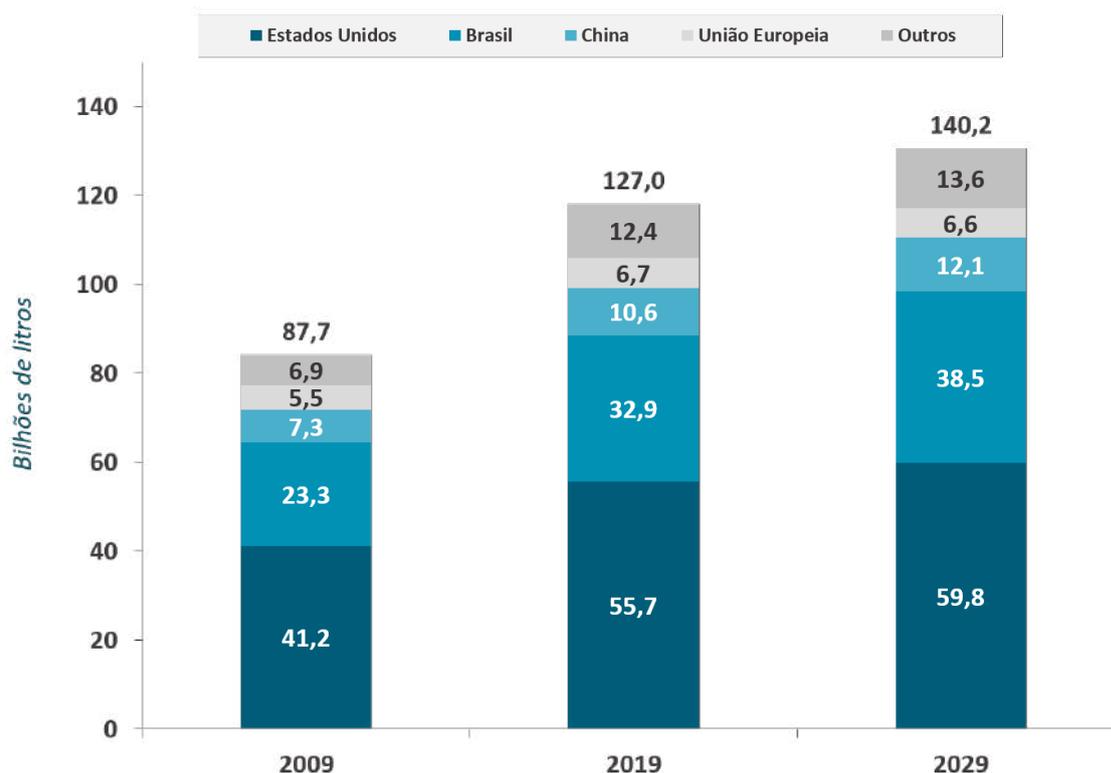
Seguindo o comportamento da oferta de biocombustíveis, o consumo de etanol também é liderado pelas mesmas duas nações que dominam a produção, principalmente por ser a fonte mais representativa dentro dessa categoria. No ano de 2019, os Estados Unidos consumiram 55,7 bilhões de litros, enquanto no Brasil, o consumo atingiu 32,9 bilhões.

Estes dois países são responsáveis atualmente pela utilização de 70% de todo o etanol produzido globalmente e continuarão com tal nível de participação, de acordo com as projeções da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (OECD/FAO) para 2029. Além destes, China e União Europeia também se destacam pela demanda crescente de etanol. Em 2019, consumiram, 10,6 e 6,7 bilhões de litros, respectivamente.

Nos próximos anos, alguns fatores econômicos e políticas de governo, como a possível mistura obrigatória de 10% de etanol na gasolina no mercado chinês, podem interferir diretamente nesses resultados. O Gráfico 7, a seguir, ilustra a evolução no consumo mundial de etanol pelas principais nações e a projeção estimada para o ano de 2029.



Gráfico 7. Consumo Mundial de Etanol



Fonte: elaborado pelos autores com base em OECD/FAO (2020).

O Brasil consome dois tipos de etanol: o anidro, que é misturado à gasolina em percentual obrigatório de 27% na comum e 25% na aditivada, e o hidratado, que é usado diretamente como combustível. Já os Estados Unidos, consomem apenas etanol anidro.

3.2 Políticas Públicas e Acordos Internacionais

Destaca-se no cenário internacional como um dos motivos para o incremento recente de produção de biocombustíveis, o Acordo de Paris. Tal acordo busca conduzir medidas de redução de emissões de carbono para manter o aquecimento global abaixo de 2°C (e de preferência abaixo de 1,5 °C). A medida foi discutida durante a COP 21 (21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima) e assinada por quase 200 países. O Acordo determina que os países desenvolvidos devem ajudar os países em desenvolvimento nesse objetivo por meio de assistência financeira. Um dos termos do acordo é que, a cada cinco anos, os governos devem criar e compartilhar voluntariamente seus mecanismos e resultados para a atualização de metas.

Mesmo sendo uma iniciativa muito interessante para controlar as emissões, várias críticas foram feitas ao Acordo de Paris por conta de sua incapacidade de promover, na prática, incentivos adequados para a redução de emissões e pela não penalização dos países que não estão alcançando seus objetivos. Isso reflete em resultados insatisfatórios até o momento.

No entanto, outras iniciativas e políticas públicas são de grande importância para o cenário da bioenergia mundial. Tais medidas estão resumidas no Quadro 2, e foram comparadas à realidade brasileira.

Quadro 2. Políticas Públicas na UE e nos Estados Unidos

União Europeia (UE)	Estados Unidos da América
<ul style="list-style-type: none"> • Ao longo dos anos, o governo tem apoiado a produção de biocombustíveis através da isenção de impostos, subsidiando elementos agregadores de valor e definindo o nível de mistura de biocombustíveis. • A adoção de biocombustíveis é orientada pela diretiva 2009/28/CE, que estabelece que a UE deve atingir 20% de energia renovável no consumo, reduzir em 20% as emissões de CO₂ e aumentar a eficiência energética em 20%. • 2020 marca o início da Diretiva de Energia Renovável (RED II) revisada, válida até 2030. Isso aumentará os mandatos a cada ano, com metas ousadas para o período. Uma diferença fundamental da diretiva anterior é o limite para os biocombustíveis a serem produzidos com plantas nos Estados Membros, fixado nos níveis de 2020, com um máximo de 7% de tolerância. A RED II também inclui metas mínimas para produção de biocombustíveis avançados. • Já existem resultados para a RED e poucos países conseguiram atingir a meta de 2020 (EEEA, 2020). • O programa adota políticas de gestão de riscos relacionados ao uso da terra, com definições de "Alto risco de iLUC" (incluindo banimento da palma) e possibilidade de classificar como "Low iLUC risk". Essa classificação de baixo risco poderá, no futuro, permitir estímulo aos biocombustíveis de baixo risco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Em termos de desenvolvimento tecnológico, os EUA estão à frente do Brasil na pesquisa de biocombustível de segunda geração (PEREIRA; PAULA, 2017). • A menor produtividade e os custos mais altos associados à produção de milho, juntamente com a necessidade de aumentar a produção de biocombustíveis, geraram subsídios recorrentes até recentemente. Estes eram priorizados na forma de impostos mais baixos para agricultores e usinas, e impostos de importação sobre etanol vindo do exterior. • A principal política federal é o Programa Padrão de Combustível Renovável (RFS), que determina uma adição crescente de combustíveis renováveis aos combustíveis fósseis (MELO, 2018). • O governo também criou um certificado (<i>Renewable Identification Number</i> - RIN) para atender aos objetivos do RFS que podem ser comercializados entre agentes de mercado (similar ao CBIO no Brasil). • Programa de biocombustíveis do estado da Califórnia (<i>Low Carbon Fuel Standard</i> - LCFS), uma das principais políticas internacionais para promoção de biocombustíveis.

Fonte: Melo (2018), Noh, Benito e Alonso (2016), Pereira e Paula (2017), Sorda. Banse e Kemfert (2010), e Wiesenthal, et al. (2009).

Além destas, o CORSIA uma política internacional, desenvolvida pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*), tem direcionado esforços para reduzir a emissão de carbono para a aviação internacional. Este é o ambiente multilateral onde a sustentabilidade de biocombustíveis está sendo discutida por diversos países.

As ações têm como objetivo minimizar o efeito adverso da aviação civil no meio ambiente e incluir estratégias para limitar ou reduzir o impacto dos GEE da atividade no clima global, tendo como elementos-chave o uso de biocombustíveis sustentáveis e ganhos de eficiência. Como é improvável que haja outra solução de combustíveis líquidos para o setor de aviação, a substituição dos fósseis pelos renováveis é a principal medida a ser avaliada.

Além dos argumentos citados anteriormente, alguns países não se diferenciam apenas em relação a políticas públicas em si. No Quadro 3 é possível verificar que os caminhos escolhidos para implantação dessas políticas podem variar e ter reflexos diferentes na produção de biocombustíveis, com fatores relacionados tanto às fontes escolhidas para produção (cana-de-açúcar, soja, milho, trigo e outros), quanto aos “mix” escolhidos do etanol misturado à gasolina e ainda nas perspectivas para o futuro em relação ao tema.

Quadro 3. Biocombustíveis e Etanol no Mundo

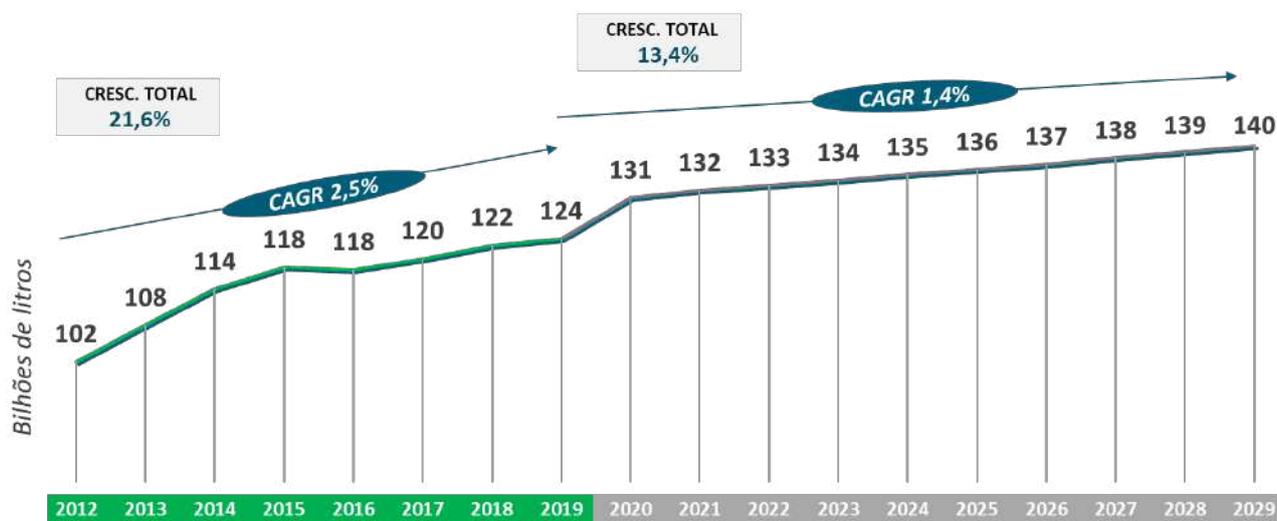
	Mandato Atual (2019)	Perspectivas Futuras	Principais Culturas	Fonte
 Argentina	12%	26% de mistura a partir de 2020	Cana-de-açúcar e Soja	Biofuels Digest (2019)
 Brasil	27,5%	Quase dobrar o volume de biocombustíveis nos próximos 10 anos	Cana-de-açúcar e Milho	Biofuels Digest (2019) e RenovaBio (2019)
 Canadá	5% (maioria das províncias)	Desenvolvendo um <i>Clean Fuel Standard</i> para reduzir em 30% as emissões de GEE até 2030 (base 2005)	Trigo e Milho	Biofuels Digest (2019)
 China	10% (maioria das regiões)	Buscando contar com biocombustíveis avançados até 2025	Mandioca, Milho e Sorgo	Biofuels Digest (2019)
 União Europeia	10% (maioria dos países)	12% de energias renováveis sendo usadas no transporte, enquanto pretende encerrar o uso de biocombustíveis de plantas até 2030	Beterraba, Trigo e Milho	Biofuels Digest (2019) e SNPAA (2020)
 Índia	5%	Acabou de atingir o E5, mas está se preparando para a transição para o E10 (2022) e o E20 (2030) e anunciou antecipação destas metas	Cana-de-açúcar	Biofuels Digest (2019) e UDOP (2020)
 EUA	15%	Planos de investir mais em infraestrutura: 93% dos veículos podem usar o E15, mas somente 1% das bombas tem o combustível	Milho	Biofuels Digest (2019) e UDOP (2020)

Fonte: elaborado pelos autores com base em Biofuels Digest (2019), Beraldo (2020) e SNPAA (2020).

3.3 Produção Mundial de Etanol

A produção mundial de etanol tem apresentado taxas de crescimento relevantes nos últimos anos, como pode ser observado no Gráfico 8. Contudo, a expectativa é de que, mesmo com taxas positivas de crescimento nos próximos dez anos, esse avanço seja menor em termos de crescimento anual, principalmente por se tratar de um volume expressivo.

Gráfico 8. Produção Mundial de Etanol



Fonte: elaborado pelos autores com base em OECD/FAO (2020).

A produção global de etanol aumentou aproximadamente 22%, entre 2012 e 2019. Este crescimento se deve, principalmente, à adoção de políticas públicas para redução das emissões de gases de efeito estufa e proteção ao meio ambiente. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial do biocombustível deverá aumentar 16 bilhões de litros nos próximos 10 anos. Espera-se que cerca de 84% dessa demanda seja atendida pelos países em desenvolvimento, e pelo menos 50% desse volume seja originário do Brasil (OECD/FAO, 2020).



3.4 Comparação entre Matérias-Primas para Produção de Etanol

Como mencionado anteriormente, o etanol pode ser produzido a partir de diferentes fontes, cada qual apresentando vantagens e desvantagens em relação ao processo industrial e agrícola. Este estudo tem como foco o etanol de milho, mas é de grande importância o entendimento sobre as fontes alternativas (matéria-prima), e suas diferenças para a produção de etanol.

O quadro 4 apresenta uma comparação entre três principais matérias-primas para etanol: cana-de-açúcar, milho segunda safra e sorgo. A cana tem, em geral, a maior produtividade no campo (80 a 100 toneladas por hectare) e o menor rendimento industrial em litros por tonelada (70 a 90 litros por tonelada de matéria-prima). O milho, por sua vez, apresenta o maior rendimento industrial, podendo atingir 425 litros por tonelada de matéria-prima, além da possibilidade de rotação com a cultura da soja no mesmo ano (potencialização da produção). As emissões do processamento de milho são inferiores às do seu cultivo, com aproximadamente 60% de redução das emissões na etapa de processamento atribuíveis ao uso de cavaco de eucalipto (biomassa renovável) para cogeração (MOREIRA et al., 2020).

Quadro 4. Comparação entre Diferentes Fontes de Etanol



Fonte: elaborado pelos autores com base em DONKE et al. (2017).

Segundo Moreira et al. (2020), a pegada de carbono do etanol de milho no Brasil foi calculada em 18,3 e 25,9 g CO₂eq/MJ em abordagem atribucional¹, que não considera emissões de uso da terra. No Programa RenovaBio (também com abordagem atribucional), a usina FS teve o melhor score para etanol anidro, com uma Nota de Eficiência Energético Ambiental (NEEA)² igual a 71,1 g CO₂eq/MJ (ANP, 2021). O desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade é um dos

principais desafios para que outras empresas de etanol de milho consigam demonstrar performances semelhantes à da FS. Por outro lado, numa abordagem consequencial³, a pegada de carbono do etanol de milho brasileiro é de 4,5 CO₂eq/MJ. A diferença é marcante devido ao tratamento da bioeletricidade e pelos efeitos diretos e indiretos da mudança de uso da terra. Para estimar as emissões de iLUC do etanol de milho brasileiro, Moreira et al. (2020) fez uso do BLUM, modelo de equilíbrio parcial, com especificidades para o setor agropecuário no Brasil. O resultado do modelo indicou um benefício líquido em termos de emissões de GEE relacionados ao uso da terra. Por isso, o iLUC resultou em -4,7 gCO₂e/MJ de etanol anidro.

Esse resultado é muito importante pois reconcilia visões divergentes quanto à dicotomia entre o uso da terra com biocombustíveis de primeira geração. A literatura científica caminha na direção de outros exemplos similares, calcados em práticas específicas (culturas de cobertura), mas esse é o primeiro registro científico com tecnologia de 1ª geração e com operações em escala.

A pegada de carbono do etanol de milho brasileiro representa uma redução significativa quando comparado à

gasolina (87,4 gCO₂e/MJ) e, principalmente, é menor do que o etanol de milho norte-americano (27 gCO₂e/MJ, considerando 100% biomassa; 48,5 gCO₂e/MJ, para 92% gás natural e 9% carvão).

As principais razões entre a diferença da pegada de carbono do etanol de milho norte-americano e brasileiro são o uso de biomassa de eucalipto para cogeração de energia, ao invés de carvão ou gás natural e, além disso, o uso do milho segunda safra no sistema de plantio direto, que otimiza recursos na sua rotação com a soja no mesmo ano e não demanda terra adicional. Essa situação é bem diferente da produção de milho em cultivo único praticada nos Estados Unidos, local onde os invernos são mais severos e não é possível realizar a rotação entre as culturas no período de entressafra (MOREIRA et al. 2020).

No sistema integrado soja/milho, geralmente acompanhado pela técnica de plantio direto, é possível um grande ganho de eficiência, particularmente, o menor uso de fertilizantes nitrogenados (fixação de nitrogênio pela soja), redução de gastos com diesel nas operações agrícolas pela eliminação/redução de gradagem do solo, proteção do solo, preservação de nutrientes e acúmulo de carbono no solo. Além disso, importante ressaltar que inicialmente o milho de 2ª safra servia como cultura de cobertura para a soja.



¹ Abordagem atribucional é mais intuitiva. Dada uma quantidade total de emissões identificadas em um sistema, utiliza diferentes métricas para atribuir as emissões a um produto específico.

² A Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) é o potencial de redução de GEE do biocombustível, em comparação com o combustível fóssil substituto. Ou seja, uma maior nota indica melhor perfil do biocombustível.

³ Abordagem consequencial avalia todas as perturbações (diretas e indiretas) que um determinado produto provoca ao ser introduzido no ambiente, incluindo mudança direta e indireta de uso da terra.

4

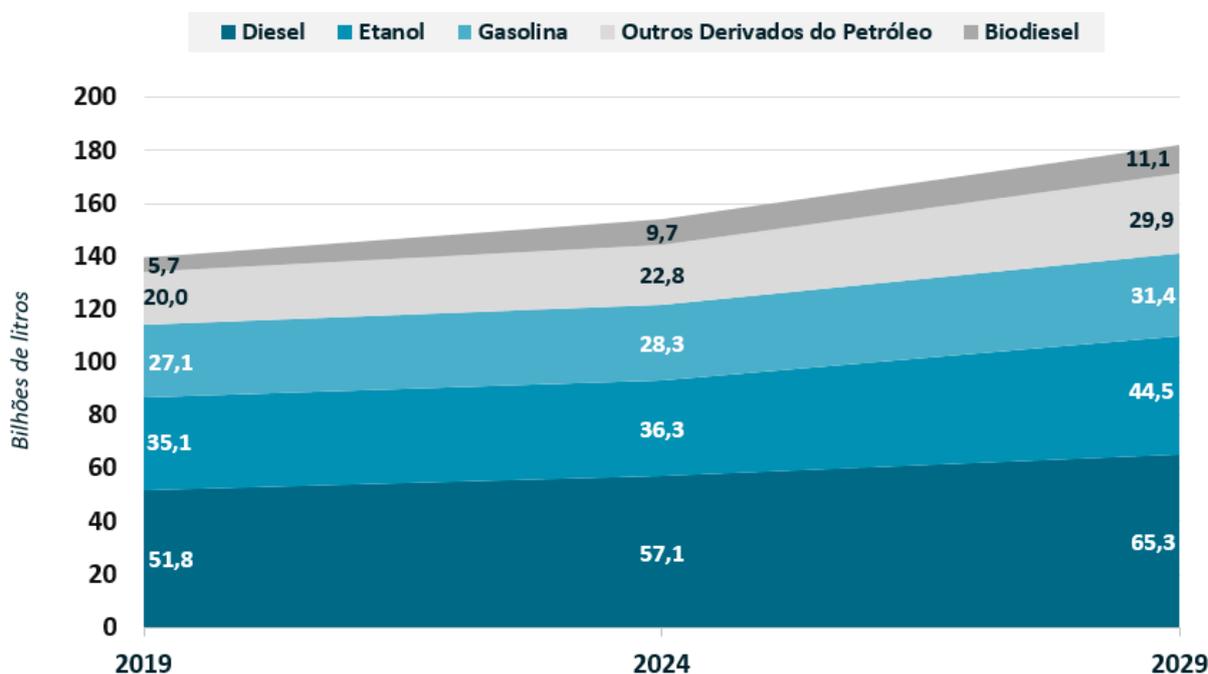
Cenário da Bioenergia e do Etanol no Brasil



4.1 Consumo de Combustíveis no Brasil

Depois de entender como estão estruturadas a demanda e produção de combustíveis a nível mundial, é preciso analisar a realidade nacional do etanol e dos demais combustíveis, para que se possa propor uma agenda estratégica para o futuro do setor. O Gráfico 9 releva como o consumo de combustíveis deve evoluir no Brasil, partindo do ano de 2019 até chegar em 2029. Essas projeções, feitas pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia), consideram premissas como consumo histórico de energia, projeções econômicas, frota de veículos, preços de combustíveis, projetos de infraestrutura, políticas governamentais e crescimento populacional (EPE, 2020).

Gráfico 9. Projeção da Demanda de Combustíveis no Brasil



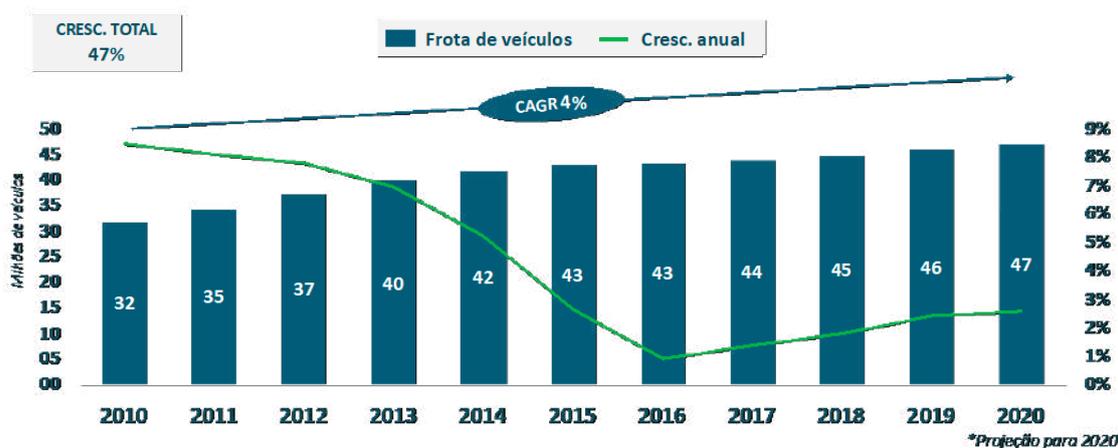
Fonte: elaborado pelos autores com base em EPE (2020).

De acordo com as projeções da EPE, a demanda por combustíveis deve aumentar para todas as fontes apresentadas até 2029. No total, haverá uma demanda adicional de 32,6 bilhões de litros em relação a 2019, considerando o somatório de gasolina, diesel, biodiesel e etanol. Além disso, um total adicional de 9,9 bilhões de litros de outros derivados do petróleo (óleo combustível, GLP e querosene) serão demandados. O biodiesel é o combustível com maior aumento projetado, com crescimento de 95% entre 2019 e 2029; outros derivados de petróleo deve crescer 94%; etanol 27%; diesel 26% e gasolina 16%.

A demanda por combustíveis está vinculada à frota brasileira de veículos e ao tipo de motor utilizado. Embora as projeções da EPE mostrem um aumento na demanda por veículos nos próximos anos, a análise da série histórica da frota (Gráfico 10) mostra estabilidade do crescimento anual nos últimos anos. Ou seja, houve uma desaceleração no crescimento da frota, apesar do contínuo aumento.

Isso pode ser explicado por mudanças econômicas e comportamentais no perfil dos consumidores: com o advento da economia compartilhada, muitas pessoas passaram a valorizar o direito de uso e não mais a posse dos ativos, refletindo em uma maior demanda por serviços de compartilhamento de transporte, como é o caso de aplicativos de viagens e caronas.

Gráfico 10. Evolução da Frota Total de Veículos

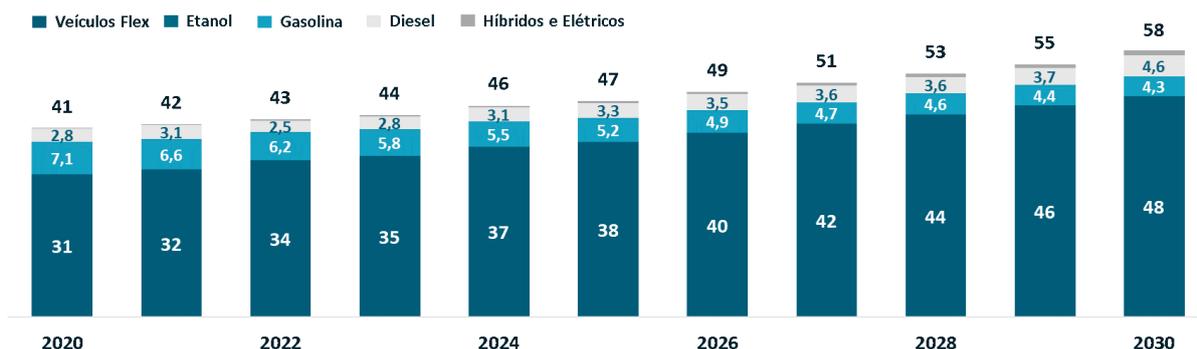


Fonte: elaborado pelos autores com base em Sindipeças (2020).

Quanto aos combustíveis utilizados nessa frota, o percentual de veículos *flex fuel* aumentou de 37,4% em 2010 para 69,5% em 2019, um crescimento total de 163% ou 19,8 milhões de veículos. Por outro lado, aqueles movidos apenas à gasolina diminuíram 43% (6,8 milhões de veículos) entre 2010 e 2019, saindo de 48,4% em 2010 para 19,5% em 2019 (SINDIPEÇAS, 2020). Esses dados revelam a preferência dos consumidores em adquirir veículos *flex* e mudanças e adaptações realizadas pelas indústrias de veículos no mercado brasileiro.

Ao considerar apenas os veículos leves, pode-se observar, no Gráfico 11, que o crescimento de modelos *flex fuel* deverá continuar até 2030, porém com uma taxa de crescimento menor.

Gráfico 11. Previsão de Demanda de Veículos Leves no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em EPE (2019a).

Na lógica da cadeia produtiva do etanol, esses dados indicam algumas tendências positivas e outras ameaças que precisam ser monitoradas:

PONTOS FAVORÁVEIS:

- A frota de veículos *flex* continuará crescendo no Brasil até 2030, com um aumento esperado de 17 milhões de veículos;
- O aumento da frota *flex* pode estar relacionado ao aumento da demanda por etanol no país;
- Fatores como preço e infraestrutura de abastecimento são grandes barreiras no país à tendência mundial de carros elétricos.

PONTOS DESFAVORÁVEIS:

- A frota de veículos híbridos deverá aumentar no Brasil nos próximos anos, atingindo 1 milhão de veículos em 2030;
- O mercado de compartilhamento de carros vem ganhando espaço no Brasil, o que pode contribuir para reduzir o consumo de combustível. Em São Paulo já existem pelo menos 4 empresas consolidadas;
- O mercado de veículos elétricos pode crescer a partir de 2030 no Brasil, com novas políticas econômicas e tecnológicas;
- As transformações globais nos modelos de trabalho e rotina, ocasionadas em função da pandemia do Coronavírus (COVID-19) em 2020, devem alterar o fluxo de viagens e locomoção, reduzindo a taxa de crescimento da demanda por combustíveis. Práticas como o *home-office* foram relativamente incorporadas aos padrões de atuação de diversas organizações.

Quadro 5. Linha do Tempo dos Veículos Híbridos no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em EPE (2019a) e MDIC (2019).

4.2 Políticas Públicas Brasileiras para Biocombustíveis

Outro fator de relevância nos níveis de produção e consumo de combustíveis é a implantação de políticas públicas direcionadas ao setor de biocombustíveis, combustíveis derivados de biomassa renovável e que podem substituir, de forma parcial ou total, aqueles que são derivados de petróleo e gás natural. Entender a importância e o impacto dessas medidas no comportamento de consumo é algo essencial para avaliação do mercado e compreensão de futuro.

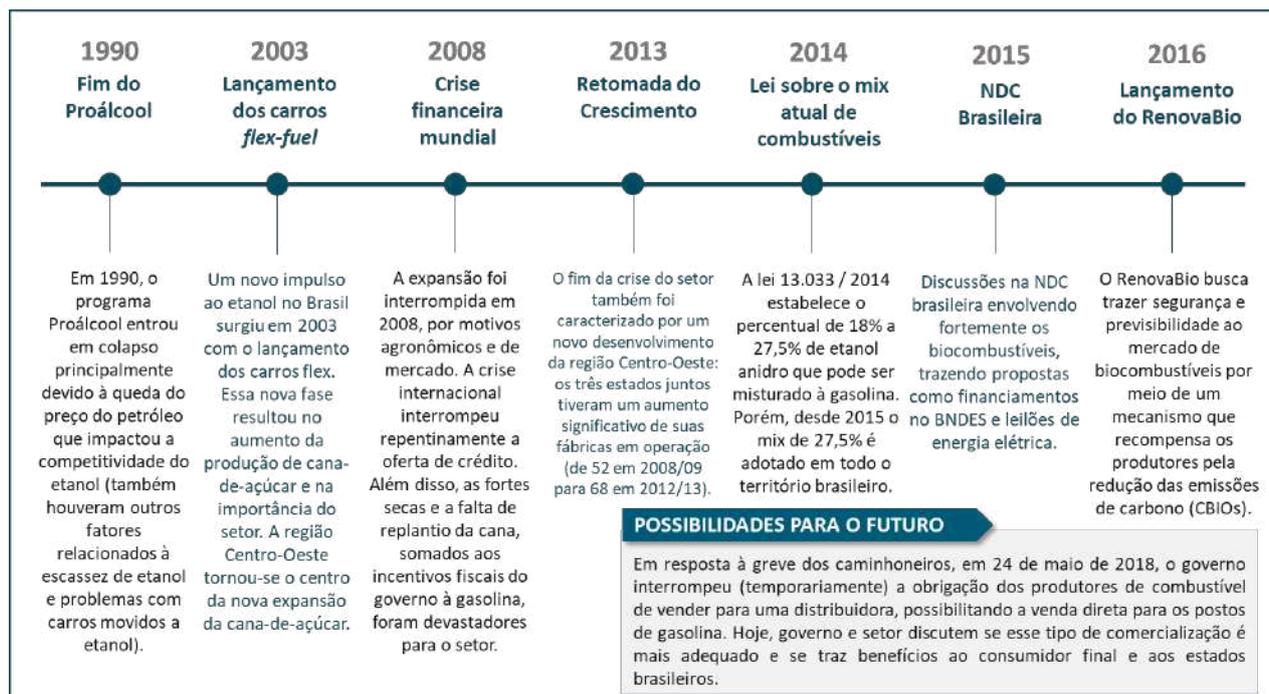
As políticas públicas relacionadas ao mercado de biocombustíveis historicamente se baseiam nos diversos benefícios que estes combustíveis potencialmente trazem à sociedade e ao Brasil. Dentre eles podemos citar:

- a)** A diminuição da dependência externa de petróleo, seja para garantir uma segurança no suprimento ou para evitar impactos na balança de pagamentos. Essa foi uma grande preocupação presente depois dos dois choques de petróleo ocorridos na década de 1970 que se manteve até metade da década seguinte.
- b)** A minimização dos efeitos da poluição causados por veículos, principalmente nas grandes cidades. Essa preocupação começou a surgir já na década de 1970, diminuindo na segunda metade da década de 1990, com a introdução da injeção eletrônica, que reduziu muito as emissões no escapamento.
- c)** O melhor controle sobre a concentração de gases estufa na atmosfera, necessidade essa que começou a ser difundida por cientistas desde a década de 1980.

O Quadro 6 apresenta um histórico recente das políticas governamentais brasileiras voltadas aos biocombustíveis que inicia no período do fim do Proálcool, programa que durou da década de 1970 até a década de 1990, e termina no ano de 2016, ano de lançamento do programa RenovaBio, política que será melhor detalhada mais à frente neste capítulo.



Quadro 6. Histórico de Políticas Públicas para Biocombustíveis no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em Moraes e Bacchi (2014), Alves, Barbosa e Ribeiro (2018), ANP (2018) e Melo (2018).

Dentre essas políticas, se destaca o RenovaBio (Política Nacional de Biocombustíveis) criado em 2016, e que foi motivado pela participação do Brasil no Acordo de Paris, cujo objetivo central é o desenvolvimento de uma resposta global à mudança climática e fortalecer a capacidade dos países em lidar com os impactos relacionados à emissão de gases de efeito estufa (GEE). Neste acordo, o Brasil se comprometeu a reduzir tais emissões em 37% até 2025 e em 43% até 2030 (ANP, 2019b).

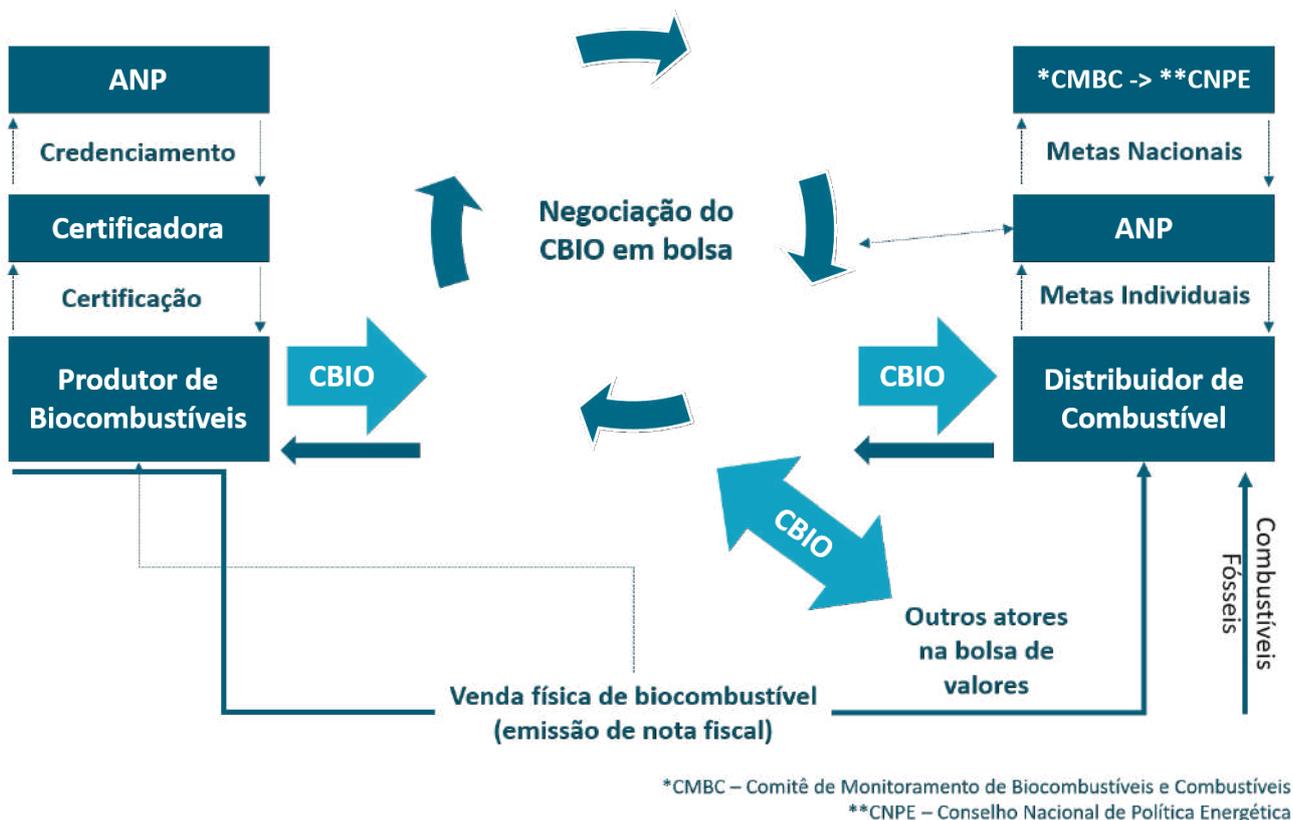
Instituído pela Lei nº 13.576/2017, o programa RenovaBio estabelece metas individuais compulsórias de descarbonização, que são progressivas ano a ano e deverão ser atingidas por meio da substituição gradual do consumo dos combustíveis derivados do petróleo por combustíveis renováveis como etanol e biodiesel.

Há seis valores que guiaram o desenvolvimento do RenovaBio: competitividade com equidade, credibilidade, diálogo, eficiência, previsibilidade e sustentabilidade. Inovador em relação a outras políticas setoriais, o programa não se utiliza de subsídios ou concessão de crédito como ferramenta de incentivo e não prevê a cobrança de impostos sobre carbono ou adição dos biocombustíveis nos combustíveis fósseis.

Fundamentado na promoção de livre concorrência do mercado de biocombustíveis, na contribuição dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento nacional de combustíveis, na importância de agregação de valor à biomassa brasileira e no papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética nacional, o principal objetivo do RenovaBio é desenvolver os biocombustíveis na matriz energética e promover o desenvolvimento sustentável da indústria, com qualidade de produtos e preços acessíveis ao consumidor (MELO, 2018).

Segundo a União da Indústria de Cana-de-açúcar – Unica (2020), o Brasil encerrou o ano de 2020 com cerca de 18 milhões de créditos de descarbonização (CBIOs) comercializados, cerca de 15% acima do que havia sido estabelecido pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) para o ano.

Figura 3. O Programa RenovaBio



Fonte: Melo (2018).

O programa RenovaBio funciona da seguinte maneira: primeiramente, os produtores de biocombustíveis devem buscar a certificação e avaliação de seu processo produtivo por meio de uma empresa certificadora credenciada pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Essa certificação resultará em uma nota dada a cada usina em relação a quanto esse produtor de combustíveis está deixando de emitir carbono. Uma vez certificada, a usina poderá gerar CBIOs, sendo que cada qual corresponde a uma tonelada de carbono que deixa de ser emitido na atmosfera; esses CBIOs podem então ser comercializados em bolsa, onde estarão disponíveis para quaisquer compradores; as distribuidoras de combustíveis, entretanto, precisam comprar uma quantidade mínima de CBIOs de acordo com as metas individuais atribuídas a elas.

O programa RenovaBio terá impactos significativos em cinco frentes:

1 Produção de Etanol - Com o RenovaBio em operação, o Ministério de Minas e Energia brasileiro estima que o país irá dobrar seu volume de produção de biocombustível: de 28 bilhões de litros para 50 bilhões de litros por ano. Em relação ao etanol, o programa exigirá um aumento de quase 100% na produção nos próximos 10 anos para atingir as metas. A Empresa de Pesquisa Energética do Brasil (EPE, 2019b) fez estimativas sobre os impactos que esse aumento na produção trará ao setor, e acredita que mais de R\$ 1,3 trilhão em investimentos devem ser aportados na produção de biocombustíveis até 2030;

2 Rastreabilidade - O programa recompensará os produtores de biocombustíveis pela redução nas emissões de GEE, mas um dos requisitos para isso é que as áreas cultivadas com cana de açúcar, soja e milho não estejam situadas em áreas de desmatamento. Para o etanol de cana, esse controle da matéria-prima é mais simples devido ao estreito relacionamento entre usinas e agricultores. No entanto, a rastreabilidade da soja e do milho exigirá mais atenção, tendo em vista que, geralmente, os grãos são provenientes de uma maior variedade de fornecedores e armazenados em conjunto, além da possibilidade de origem de diferentes regiões;

3 Eficiência - A necessidade de se ter de forma precisa os dados de emissão de carbono durante cada etapa da produção, gera ainda um maior rigor em relação ao planejamento, controle e monitoramento dos processos, envolvendo desde o fornecedor da matéria prima do etanol, até os atores envolvidos na logística da produção e distribuição do produto. Sendo assim, percebe-se que deve passar a existir uma maior sinergia entre todos os atores, o que torna o processo produtivo mais eficiente e também colabora para uma maior rentabilidade nos setores afetados pelo RenovaBio;

4 Certificação - Até o final de 2020, cerca de 209 plantas de etanol (das 350 autorizadas a produzir etanol pela ANP) estão aprovadas e certificadas. O Serpro (Serviço Federal de Processamento de Dados) tem funcionado bem, 15 milhões de CBIOS já foram gerados e já existem aproximadamente 535 mil CBIOS apresentados por partes obrigadas e não obrigadas (B3, 2020). Por outro lado, no início do Programa, alguns profissionais estavam preocupados porque o processo de certificação era demorado, pois além da revisão detalhada dos dados agrônômicos e industriais, a ANP também disponibiliza o pedido para consulta pública (30 dias). Somente depois, a pontuação da usina poderia ser publicada para validade. Em dezembro de 2020 o C BIO já alcançou patamares de preços próximos aos 10 USD conforme modelagem inicial do MME;

5 Sustentabilidade - O RenovaBio deve reduzir, até 2030, cerca de 11% a pegada de carbono dos combustíveis no setor de transportes, representando o equivalente ao plantio de 5 bilhões de árvores. Menos emissões significam redução do aquecimento global, menor acidificação de florestas e rios, e outros benefícios ambientais. Também traz benefícios para a saúde humana, pois pode reduzir problemas como irritação nos olhos e nariz e no sistema respiratório, que, potencialmente, podem causar câncer. Na área social, a EPE acredita que a maior produção de biocombustíveis tem o potencial de criar 1,4 milhão de novos empregos até 2030.

Além disso, vale destacar que anterior ao RenovaBio, o estado de Mato Grosso, lançou em 2015, na Convenção do Clima (COP 21) a “Estratégia: Produzir, Conservar e Incluir”, com o objetivo de aumentar a eficiência da produção agropecuária e florestal, reduzir as emissões de carbono, mediante o controle do desmatamento e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono e entre outros. O programa tem um importante papel na comunicação e transparência das metas para o estado, além de proporcionar um ambiente propício ao investimento ESG (*Environmental, Social and Governance*). O etanol de milho brasileiro contribui diretamente com as políticas apresentadas acima, principalmente quanto ao objetivo de auxiliar na redução de emissões, mediante o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono.

4.3 Produção e Demanda Brasileira de Etanol

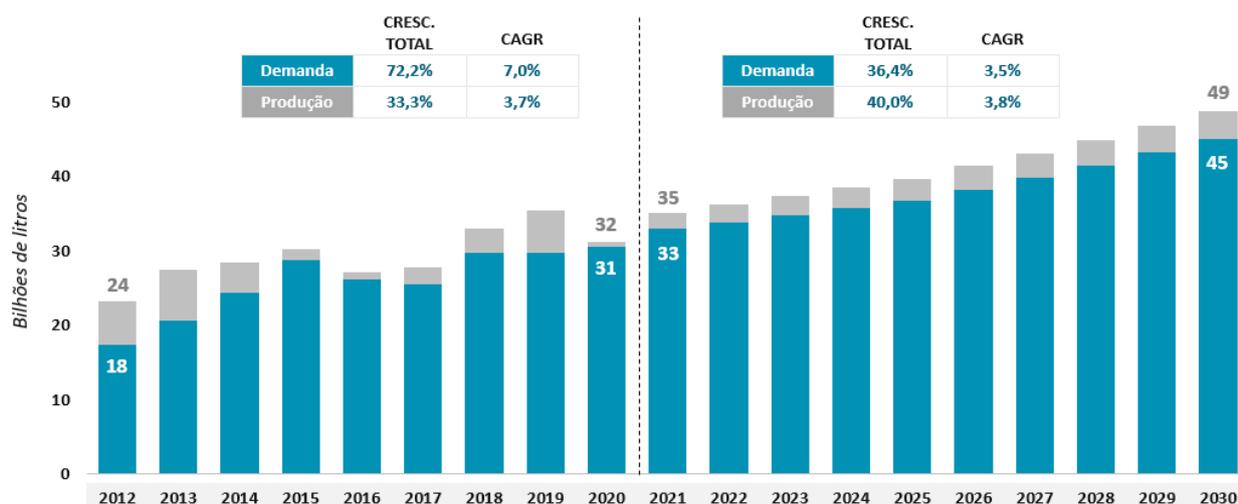
Com base nos dados da EPE (2020), os autores elaboraram o Gráfico 12, que mostra o histórico e as projeções da produção e demanda de etanol no Brasil. Os dados são apresentados de forma analítica em duas fases: histórico (2012 a 2020) e projeções (2021 a 2029). As premissas utilizadas pela EPE para construção das projeções e demanda de etanol referem-se aos valores totais considerando etanol para combustível e outros fins em um cenário médio.

As principais premissas foram: uma relação de preço entre combustíveis mais favorável ao etanol; a continuidade de políticas de incentivo no setor, como diferenciações em ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), CIDE (Contribuições de Intervenção no Domínio Econômico) e PIS (Programa de Integração Social) COFINS (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social); sucesso na implantação do programa RenovaBio e disponibilidade de recursos das negociações de crédito de carbono; existência de linhas de crédito para atividades setoriais e redução e otimização de custos na cadeia sucroenergética (EPE 2019b; EPE, 2020).

Levando em consideração os impactos da covid-19 na produção e consumo de etanol em 2020, a análise está aqui apresentada para o período entre 2012 e 2019, na visão de histórico. O gráfico mostra que a produção de etanol aumentou em 11 bilhões de litros, acréscimo de 51,3%, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 6,1%, no período. A demanda total (considerando consumo doméstico e exportações), por outro lado, dobrou de tamanho no mesmo período, impulsionada pelo aumento do número de veículos modelo *flex*, pelos preços do petróleo e pelas pressões relacionadas às questões ambientais (MELO; SAMPAIO, 2014). O Brasil é o segundo maior consumidor de etanol do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos (OECD/FAO, 2020).

Do ponto de vista das projeções de etanol, de acordo com a EPE (2020), o Brasil deve aumentar sua produção em 14 bilhões de litros até 2029, o que equivale a uma taxa de crescimento anual composta de 3,8% e incremento absoluto de 40,0% entre 2021 e 2029. A demanda (consumo doméstico e exportações) deve crescer 3,5% ao ano (CAGR) e um total de 36,4%, atingindo a marca de 44,5 bilhões de litros em 2029.

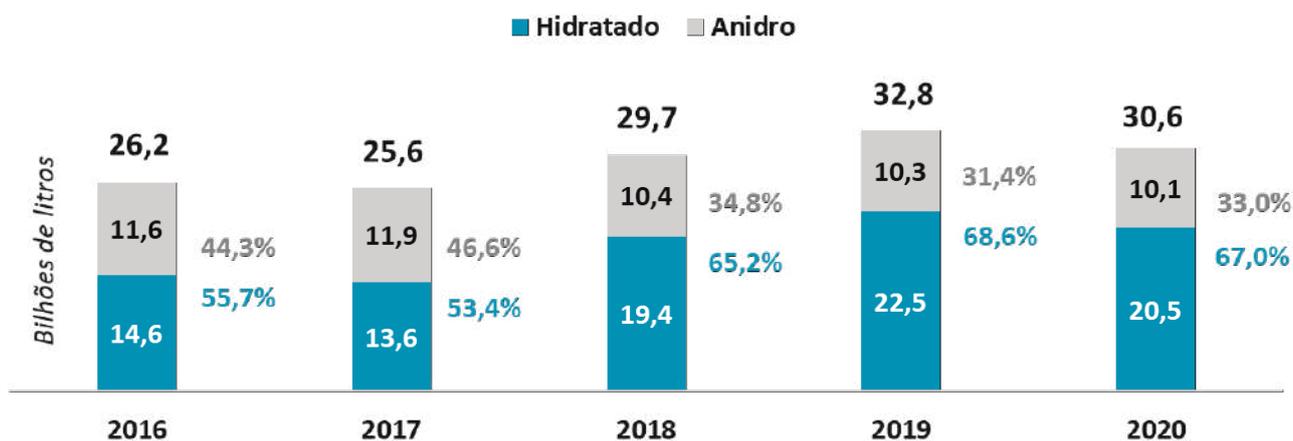
Gráfico 12. Produção e Demanda de Etanol no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em EPE (2019b) e UNICA (2021).

No Brasil, são produzidos e consumidos dois tipos de etanol combustível, o anidro (que é misturado à gasolina) e o hidratado (usado como combustível sem misturas). Dados da Unica (2021) mostram o consumo de cada tipo de etanol no Brasil entre 2016 e 2020 (Gráfico 13). Em geral, o uso de etanol hidratado foi superior ao etanol anidro: a média do período apresenta um consumo de 37,4% para o anidro contra 62,6% do tipo hidratado.

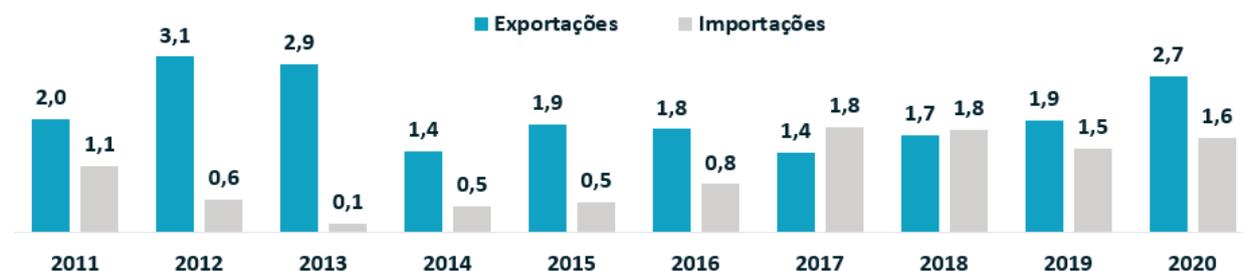
Gráfico 13. Consumo Brasileiro de Etanol por Tipo



Fonte: elaborado pelos autores com base em Unica (2021).

Apesar de ocupar posição de destaque na produção e consumo mundial de etanol, o Brasil não comercializa (importação e exportação) volumes significativos da commodity no mercado global, como pode ser observado no Gráfico 14. Em 2019, 90% das exportações brasileiras de etanol tiveram como principais destinos os Estados Unidos e Coreia do Sul.

Gráfico 14. Exportação e Importação Brasileira de Etanol

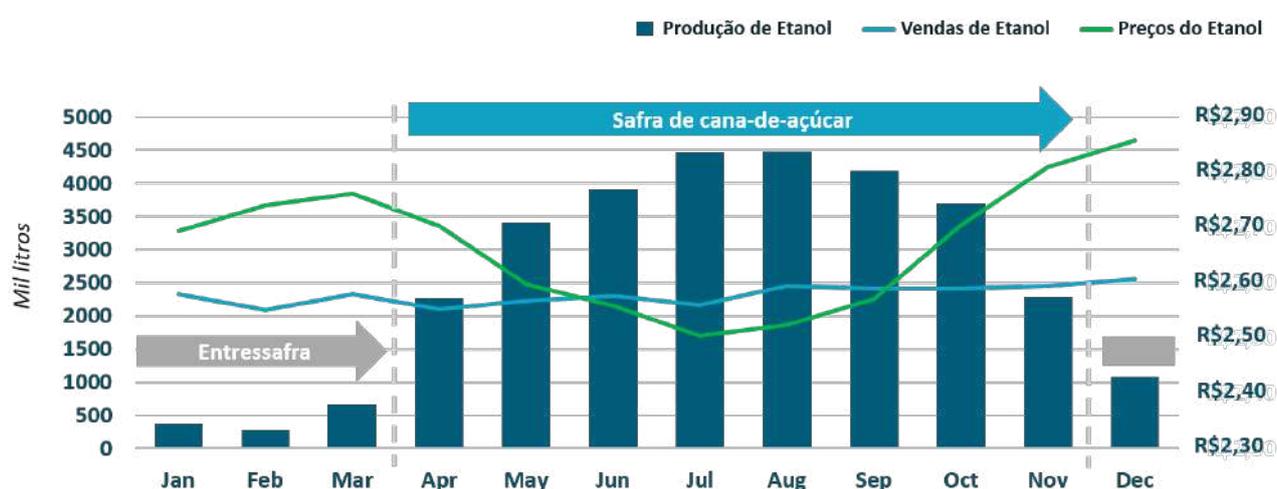


Fonte: elaborado pelos autores com base em Comex Stat (2021).

Por meio de um programa que valoriza combustíveis com menores emissões de GEE (menor pegada de carbono), o governo do estado norte-americano da Califórnia garante uma vantagem competitiva para o etanol brasileiro. Por isso, aproximadamente 63% das exportações de etanol brasileiro têm os Estados Unidos como destino. Em relação às importações, os Estados Unidos são os principais fornecedores e representam 90,6% do volume total. Os outros 9,3% são fornecidos pelo Paraguai.

A dinâmica de oferta e demanda nacional e internacional do etanol pode ser compreendida através da variação de preços nos últimos anos. O Gráfico 15 revela que o comportamento da curva de preço é diferente durante a safra de cana-de-açúcar (abril e novembro), em que a produção é maior. Os preços do etanol são mais altos durante a entressafra, período em que geralmente ocorre maior volume de importação do biocombustível, e inferiores durante a safra, período de maior oferta.

Gráfico 15. Produção, Venda e Preço de Etanol no Brasil



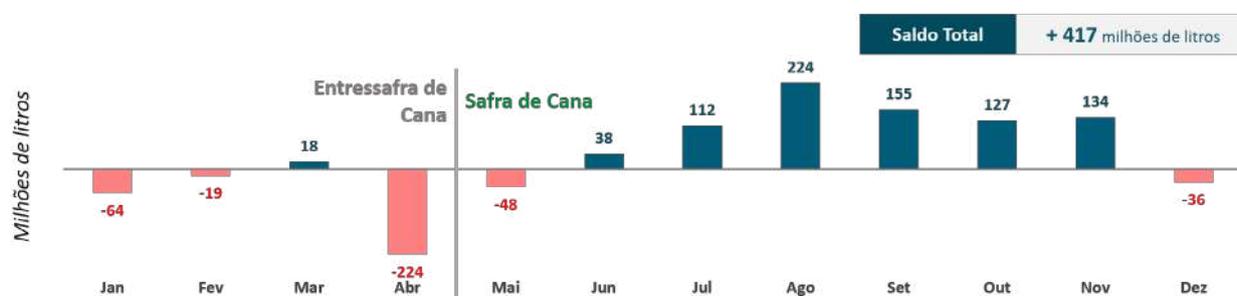
Fonte: elaborado pelos autores com base em ANP (2020b).

Esse período de quatro meses de ociosidade na indústria tem duas consequências negativas: a primeira é que os custos das usinas de cana-de-açúcar aumentam significativamente, com o menor aproveitamento dos ativos; a segunda está relacionada à necessidade de importação de etanol durante a entressafra para atender a demanda interna pelo combustível (Gráfico 16).

Os Estados Unidos é o principal mercado fornecedor de etanol para o Brasil durante esse período. Como exemplo, em janeiro de 2020, 90% das importações do produto foi adquirida do país norte-americano (COMEX STAT, 2021). Por isso, devido aos altos volumes de importação de etanol dos Estados Unidos, no período de entressafra, foi criada uma cota de 187,5 milhões de litros com alíquota 0%, mas uma vez utilizada, a tarifa passa a ser de 20%. Ou seja, o imposto passa a incidir sobre todo o etanol que entrar no Brasil e não seja de países integrantes do Mercosul.

A isenção sobre parte do etanol importado foi estabelecida em 2010 e tinha validade para os 600 milhões de litros que entrassem no Brasil a cada ano. A partir desse ponto, passava a incidir a tarifa de 20%. Em 2019, a cota foi ampliada para 750 milhões de litros, pouco mais da metade do 1,457 bilhão de litros que o Brasil importou do combustível em todo o ano. Porém, apesar de serem utilizados para o mesmo fim, o etanol brasileiro e o norte-americano têm origens distintas. Como já dito anteriormente, o biocombustível nacional tem uma pegada de carbono inferior ao produzido nos Estados Unidos.

Gráfico 16. Balança Comercial do Etanol em 2019



Fonte: elaborado pelos autores com base em Comex Stat (2021).

A produção brasileira de etanol está concentrada na região Centro-Sul. Os quatro maiores estados produtores (SP, GO, MG e MS) detiveram mais de 80% da produção de 2019, conforme pode ser observado no quadro 7. Destaque para o estado de São Paulo, que sozinho responde por 46,5% do etanol combustível produzido no país.

Quadro 7. Produção e Demanda de Etanol em 2019 por Regiões

Posição	Estado	Produção (milhões de litros)	Consumo (milhões de litros)	Saldo (milhões de litros)
1.	SP	16.545	13.820	2.746
2.	GO	5.533	2.061	3.472
3.	MG	3.567	4.082	-515
4.	MS	3.332	316	3.016
5.	MT	2.445	1.128	1.317
6.	PR	1.659	2.455	-796
7.	AL	507	192	315
8.	PE	452	717	-265
9.	PB	442	353	89
10.	BA	249	1.147	-898
	Outros	864	6.577	2.746
	Brasil	35.595	29.740	3.317

Fonte: elaborado pelos autores com base em ANP (2019a) e Unica (2021).

A dinâmica de produção regional do etanol é altamente relacionada com a *commodity* utilizada como fonte de matéria-prima para produção desse combustível. Como vimos neste estudo, há três culturas principais que são usadas na produção de etanol, mas no Brasil, há grande predominância da cana-de-açúcar, sendo que o milho segunda safra está emergindo como alternativa viável em regiões específicas.

O Quadro 8 traz dados sobre a produção de etanol nas últimas duas safras, nas principais regiões do país. A produção de etanol total aumentou 2,53 bilhões de litros na safra 2019/20. O etanol de milho contribuiu com 34,9% desse aumento e o etanol de cana com 65,1%. A participação do milho na produção de etanol total aumentou de 2,4% para 4,7% na última safra (CONAB, 2020a).

Quadro 8. Produção Brasileira de Etanol por Fonte

ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR (mil litros)			ETANOL DE MILHO (mil litros)		
Região/Estado	Safra 2018/19	Safra 2019/20	Região/Estado	Safra 2018/19	Safra 2019/20
Norte	208.901	233.487	Norte	-	4.673
Nordeste	1.941.275	2.115.104	RO	-	4.673
Centro-Oeste	9.211.747	9.770.530	Centro-Oeste	781.862	1.565.160
MT	1.212.637	1.180.190	MT	590.994	1.269.485
GO	4.722.215	5.249.027	GO	190.868	295.675
Sudeste	19.378.209	20.256.671	Sudeste	-	17.565
SP	15.944.278	16.489.386	SP	-	17.565
Sul	1.611.511	1.625.825	Sul	9.569	88.165
PR	1.609.322	1.625.825	PR	9.569	88.165
Norte/Nordeste	2.150.176	2.348.592	Norte/Nordeste	-	4.673
Centro Sul	30.201.467	31.653.026	Centro sul	791.431	1.670.890
Brasil	32.351.643	34.001.618	Brasil	791.431	1.675.563

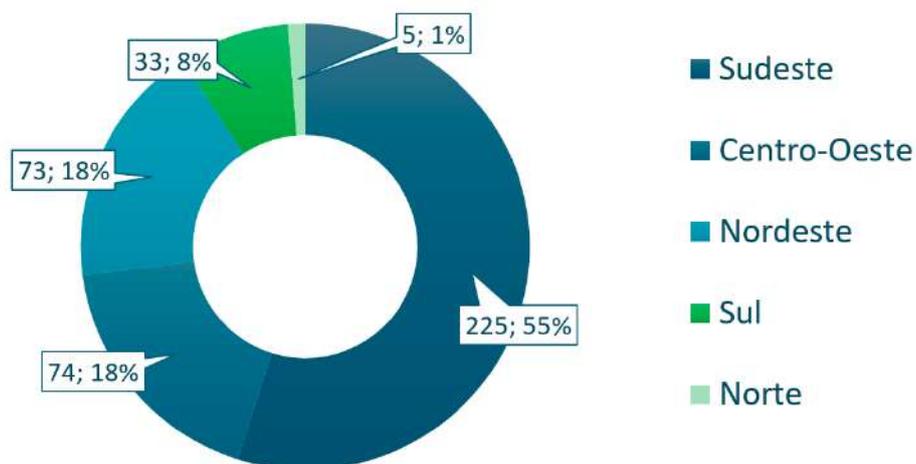
Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) (2020a).

Ao considerar a oferta estimada de etanol em 45 bilhões de litros para 2028 (EPE, 2020), e tendo como base as projeções de 8 bilhões de litros da UNEM (2020), a participação do etanol produzido a partir do milho deve ser de 18%, ante 82% da cana-de-açúcar. Por outro lado, as mesmas projeções da EPE (2019b) indicam uma oferta máxima de 5,1 bilhões de litros de etanol de milho, o que corresponderia à 11,5% da produção de etanol total.

Importante ressaltar que a previsão de 8 bilhões de litros para 2028 é anterior ao período de pandemia. A estimativa para a safra 2020/21 é de 2,6 bilhões de litros, 3,2 bilhões de litros em 2021/22 e a produção poderá atingir 5 bilhões de litros em 2024/25. Existe capacidade para alcançar esses números, mas alguns fatores como câmbio, preços do milho, petróleo e reforma tributária podem influenciar a materialização destas previsões.

A produção de etanol a partir da cana-de-açúcar está altamente concentrada no Centro Sul do país, incentivada pela presença da maior parte das usinas processadoras de cana nessa região. O Gráfico 17 evidencia que, além do Sudeste e Centro-Oeste, a região Nordeste concentra 73 ou 18% das usinas de cana-de-açúcar do Brasil.

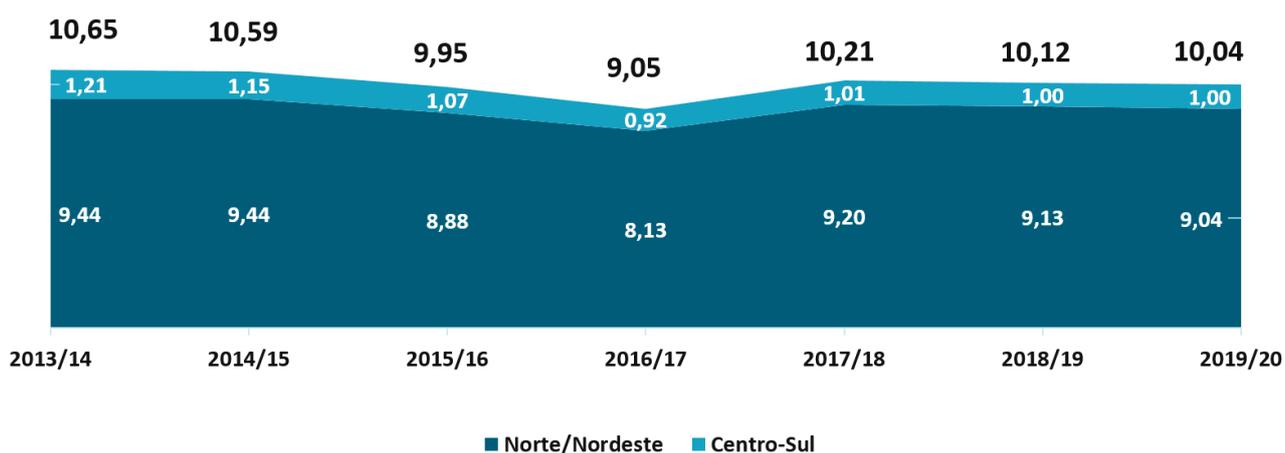
Gráfico 17. Localização das Usinas de Cana-de-Açúcar



Fonte: elaborado pelos autores com base em Novacana (2020).

A área plantada com cana-de-açúcar também é altamente regionalizada, conforme pode ser observado no Gráfico 18; menos de 10% da área plantada de cana está no Nordeste e, caso a tendência seja mantida, a concentração no Centro-Sul deve continuar nos próximos anos (CONAB, 2021a).

Gráfico 18. Área Total com Cana-de-açúcar no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2021a).

4.4 O Panorama do Etanol de Milho no Brasil

A associação com ação direta na produção de etanol de milho no Brasil é a UNEM (União Nacional de Etanol de Milho), localizada em Cuiabá, Mato Grosso, que atua promovendo os objetivos e defendendo os interesses do setor. A organização possui três classes de associados: associados industriais, referente às empresas que utilizam o milho como matéria-prima para produção do etanol; associados institucionais, os quais representam as entidades de classe de diferentes elos da cadeia; e os associados parceiros, voltado às empresas de bens, tecnologias e serviços relacionados à cadeia produtiva do etanol de milho no Brasil.



As principais projeções para a produção do etanol de milho no Brasil (Gráfico 19), feitas pela organização (UNEM), indicam uma produção de 3,6 bilhões de litros em 2023 e 8 bilhões em 2028 (como dito anteriormente, estimativa antes do período de pandemia), com crescimento total de 471% com base no volume registrado no ciclo anterior. Considerando os atuais números de produção divulgados pela Conab (2020a), com ~1,7 bilhão de litros para 2020, até 2028 a produção deverá crescer 400%.

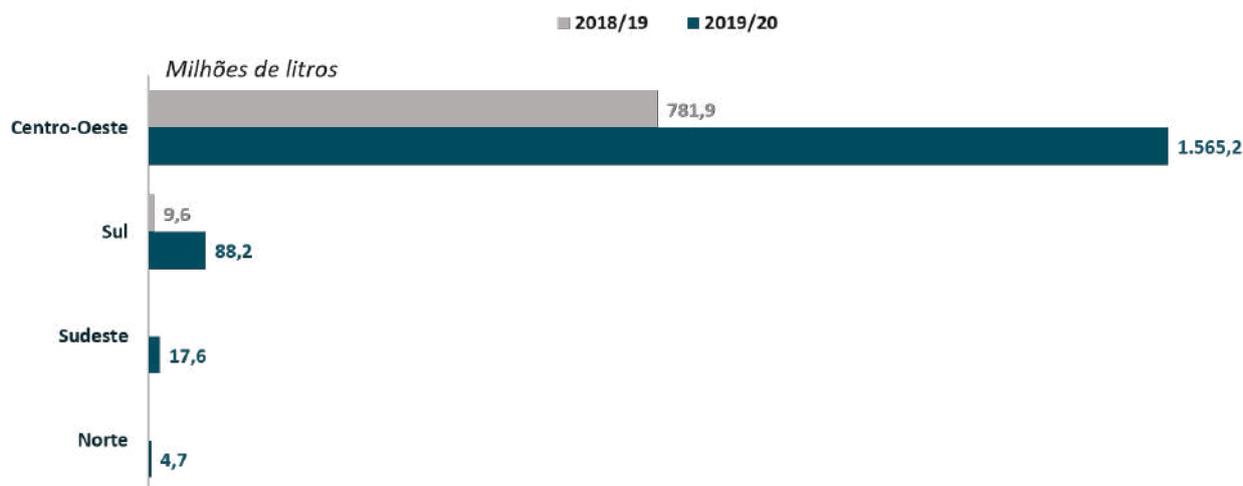
Gráfico 19. Histórico e Projeções da Produção de Etanol de Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em EPE (2020), UNEM (2020) e dados secundários.

A projeção leva em consideração o aumento da produção nas usinas existentes e também a implantação de novas usinas no país, que deve acontecer principalmente na região Centro-Oeste, com destaque para os estados de Mato Grosso e Goiás. A ida das usinas de etanol de milho para esta região se deve aos aspectos produtivos como a grande oferta de matéria-prima (milho), o mercado consumidor de proteína animal e outros fatores que serão apresentados em detalhes mais à frente. Tal comportamento já é perceptível, com grande representatividade da região na produção de etanol de milho, conforme observado no Gráfico 20.

Gráfico 20. Produção de Etanol de Milho no Brasil, por Região



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2020a).

A capacidade de produção de etanol de milho do estado de Mato Grosso corresponde a aproximadamente 77% da capacidade total do Brasil (Gráfico 20). Em termos de volume, o estado tem capacidade de produzir cerca de 2,5 bilhões de litros de etanol de milho por ano. O segundo maior produtor é o estado de Goiás, que tem expandido sua capacidade produtiva (513 milhões de litros), principalmente em função da adoção das usinas de cana-de-açúcar ao modelo *flex*, o que também será detalhado no capítulo seguinte. No total, o Brasil possui uma capacidade instalada de 3,03 bilhões de litros (incluindo São Paulo e Paraná). Outros estados devem aparecer na lista nos próximos anos, como é o caso de Rondônia que já apresenta uma usina em operação e conta com outros projetos confirmados.

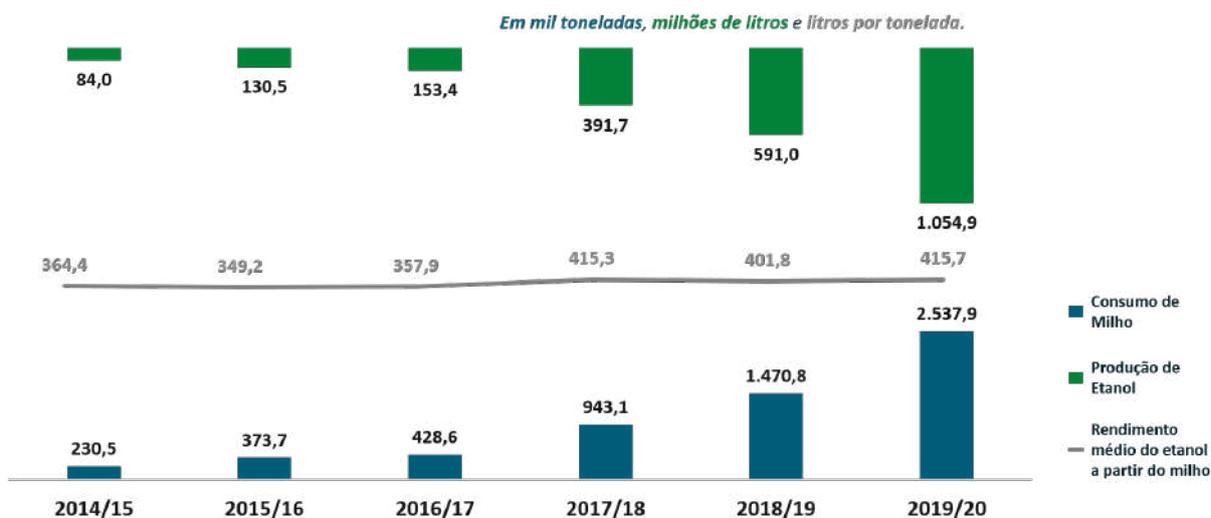
Apesar da alta capacidade de produção do estado de Mato Grosso, a utilização do milho como matéria prima para o biocombustível só decolou a partir da safra 2017/18, período que a produção quase quadruplicou e atingiu 391 milhões de litros (Gráfico 21).



A demanda por milho para produção de etanol aumentou 309% entre as safras 2014/15 e 2017/18.

O principal motivo estava relacionado ao início das atividades de diversas plantas e outras que estavam em construção no estado. Vale notar também que a base inicial é relativamente baixa, gerando grandes valores percentuais.

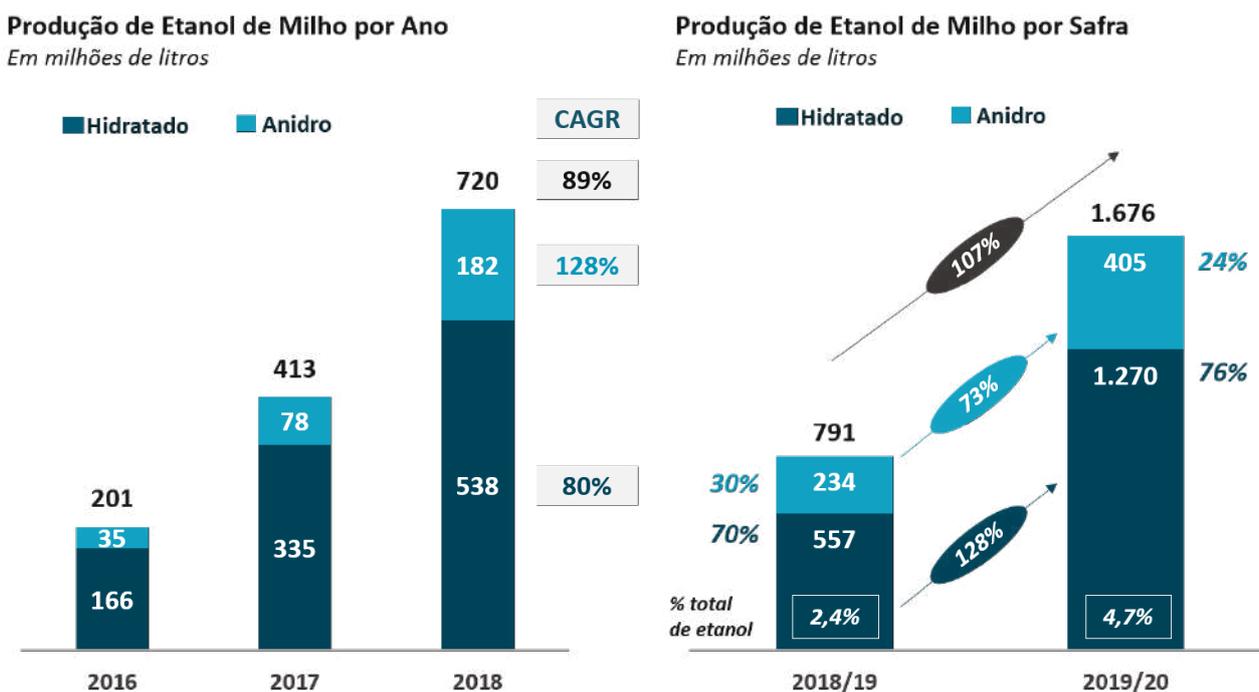
Gráfico 21. Consumo de Milho e Produção de Etanol no Mato Grosso



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2018) e Sindalcool (2021).

Como pode ser visto no Gráfico 22, o etanol produzido a partir do milho é, em grande parte, do tipo hidratado (combustível nos motores *flex*) e representa 75% do volume total. Porém, o etanol anidro, aquele que é misturado à gasolina, apesar de ter menor representatividade (25%), teve uma taxa de crescimento maior nos últimos três anos, comparado ao hidratado, 120% contra 80%, respectivamente. No entanto, quando se compara os resultados das últimas duas safras (2018/19 e 2019/20), o hidratado teve um crescimento mais expressivo de 128% contra 73% do anidro.

Gráfico 22. Produção de Etanol de Milho Hidratado e Anidro



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2018) e Sindalcool (2021).



A Cadeia do Etanol de Milho no Brasil



5.1 Principais Agentes e Indicadores

5.1.1 Os Modelos de Usinas de Etanol de Milho

Um passo essencial para compreensão da dinâmica de produção do etanol de milho no Brasil é o entendimento quanto aos modelos de usinas que operam no país. A Figura 4, abaixo, apresenta um resumo desses diferentes formatos, que são detalhados na sequência.

Figura 4. Modelos de Usinas de Etanol de Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores.

As usinas do modelo *full* produzem o combustível apenas tendo o milho como matéria-prima e utilizam cavaco de eucalipto para cogeração de energia no processo industrial. Por conta disso, realizam investimentos maiores no desenvolvimento de parcerias para promoção do plantio de biomassa (principalmente o eucalipto) para esse fim. Além disso, a estrutura necessária para queima desses materiais e geração da energia também demanda maior aporte financeiro.

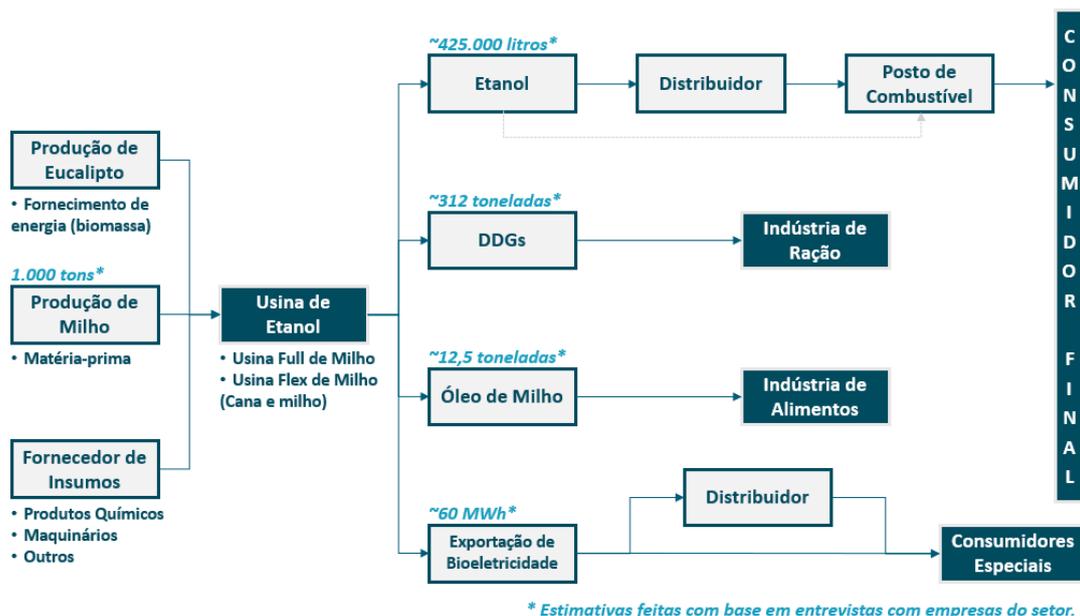
Além das usinas *full*, existem também aquelas que adotam tanto a cana-de-açúcar como o grão, para a produção de etanol. Em termos de estrutura e tipo de investimento, existem dois modelos que foram observados no mercado: o primeiro, são as *flex*, usinas de cana-de-açúcar que optam por instalar uma pequena estrutura adjacente à planta atual, para o uso e aproveitamento de equipamentos e sistemas. Neste caso, utilizam o milho, apenas durante a entressafra. O segundo modelo, chamado *flex fuel*, muito parecido com o anterior, se diferencia pela presença de equipamentos adicionais, específicos para o milho, que tornam a moagem do grão possível não apenas na entressafra, aproveitando das sinergias do processamento da cana para produção de etanol de milho durante o ano todo.

Muitas usinas do modelo *flex* tem alterado a dinâmica de produção para o modelo *flex full*, principalmente em função dos baixos investimentos necessários para tornar a moagem do milho e a produção do etanol possíveis durante o ano todo.

5.1.2 Os Participantes e Composição da Cadeia

No presente item, a cadeia produtiva do etanol de milho no Brasil será explorada, abordando as principais especificidades do setor, bem como a análise dos agentes que configuram a cadeia. As usinas de etanol de milho, além do grão como matéria-prima, também necessitam de fontes de biomassa para cogeração de energia, que alimenta a moagem, equipamentos e tecnologias industriais de produção, insumos (químicos e outros), além de canais para comercialização dos produtos gerados – daí tem-se uma noção inicial dos agentes necessários para composição da cadeia (Figura 5).

Figura 5. Cadeia Produtiva do Etanol de Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários.

De acordo com a Figura 5 acima, a cada 1.000 toneladas de milho processadas, são produzidos aproximadamente 425 mil litros de etanol, 312 toneladas de DDGs (*Dried Distillers Grains with Soluble*), 12,5 toneladas de óleo de milho, e cerca de 150 MWh de eletricidade, sendo que, aproximadamente, 90 MWh são consumidos pela planta e outros 60 MWh podem ser exportados para redes de transmissão.

A produção de etanol de milho no Brasil envolve uma fusão de características dos Estados Unidos e os setores agrícolas e de biocombustível brasileiro. A fermentação de milho para o etanol no Brasil se baseia principalmente na tecnologia desenvolvida nos Estados Unidos (BOTHAST et al., 2005; MANOCHIO et al., 2017). A geração de energia de processo, do etanol de milho brasileiro, tem como base a produção integrada de vapor e eletricidade, a partir da biomassa.

As usinas de etanol de milho podem trabalhar ininterruptamente 350 dias, com paradas apenas para manutenções preventivas. O processo é todo monitorado por automação industrial e supervisionado por uma central de inteligência. Por outro lado, para as usinas *flex* e *flex full* são necessários ajustes e isso tem gerado alguns problemas de ordem estrutural - apesar de comuns pela maturidade do setor no país.

Os principais fornecedores internacionais de equipamentos industriais são a ICM Inc. e a *Fluid Quip Technologies*, ambas Norte-americanas, e juntas correspondem a pelo menos metade dos projetos entre as usinas de etanol de milho em operação. Por outro lado, algumas empresas nacionais têm dedicado esforços no desenvolvimento de equipamentos e projetos para o setor, como é o caso da *Fermentec* e da Piracicaba Engenharia que já possuem alguns projetos implementados e usinas em fase de teste ou operação.

Em termos de insumos químicos e biológicos para o processo industrial, as principais empresas fornecedoras são multinacionais consolidadas na comercialização desses produtos, como é o caso da *DuPont*, *Basf* e da *Novozymes*, ou ainda empresas que já tem atuado fortemente no setor sucroenergético, como a *Prozyn*.

Integrando a cadeia produtiva do etanol de milho no Brasil estão, ainda, os produtores de biomassa para geração de energia, a indústria de ração e produção animal para o DDGs e o WDG, distribuidores e consumidores da bioenergia gerada no processo, e as organizações voltadas especificamente à comercialização e distribuição do etanol.

Como observado acima a partir da Figura 5, as usinas de etanol de milho, se conectam com diferentes agentes

e setores da economia quando comparadas às usinas de cana-de-açúcar. Nesse sentido, na visão de alguns especialistas, existe uma desconexão dos preços do etanol com o mercado do milho.

Por outro lado, vale ressaltar que os DDGs, coproduto do etanol de milho, tem um papel importante neste *hedge*. Atualmente, o DDGs representa 50% do valor do milho *spot* praticado no mercado. Aliada a estratégia de compra antecipada de matéria-prima, traz uma certa segurança ao setor.

Como a produção de etanol de milho no Brasil ainda não é suficientemente relevante a ponto de reter maior parte da produção do cereal, os preços praticados pelo mercado ainda estão muito pouco relacionados entre estes dois produtos. Dessa forma, a depender do comportamento do mercado, e de como a usina se posicionou estrategicamente (comercial ou financeiramente), ela pode se beneficiar, com acesso à matéria-prima e preços competitivos. Por outro lado, pode se colocar em posição de risco, alcançando o *break even* do milho para produção de etanol e, em alguns casos, tendo problemas de acesso ao grão.

Além dos aspectos econômicos e mercadológicos citados anteriormente, muito tem se analisado quanto às diferenças entre os processos industriais da produção do etanol a partir da cana versus etanol a partir do milho. Vale ressaltar, no entanto, que análises comparativas entre etanol de cana e milho devem estar separadas por tipo de dedicação (*full*, *flex* e *flex full*). Ao realizar o comparativo entre estas três situações, deve-se levar em conta as especificidades de cada sistema para que não haja injustiças no cálculo. São inúmeras variáveis que cercam estes modelos de produção.

5.1.3 Principais Fontes de Custos e Receitas

Observando um pouco mais a fundo as fontes de receitas e despesas das usinas de etanol de milho, é importante ressaltar que, apesar da produção principal de etanol, este não é o único produto comercial das usinas. O DDGs (*Dried Distillers Grain with Solubles* ou Grãos Secos por Destilação com Solúveis, em português) ou WDG (*Wet Distillers Grains* – Grãos Úmidos de Destilaria) e o óleo de milho, são coprodutos do processo produtivo com importante valor agregado para construção de margens nas usinas, como destacado no Quadro 9.

Ao introduzir os coprodutos no mercado brasileiro, outros produtos existentes são deslocados, como milho e farelo de soja utilizados para ração animal. A maior disponibilidade de DDGs reduz a necessidade de área de cultivo para soja e milho destinados a produção de ração animal (MOREIRA et al., 2020).

Esses produtos são direcionados para a indústria alimentícia e de produção animal, e o etanol para as unidades de distribuição e, posteriormente, para os postos de combustível. Um outro ponto interessante, na ótica das receitas, é a cogeração de energia no processo industrial, possível graças a tecnologias de ponta de algumas usinas. Com isso, pode-se obter uma outra fonte de receita ao comercializar a energia excedente e disponibilizá-la na rede.

Nessa linha, o Quadro 9 descreve a composição média de receitas e custos levantados pela Markestrat Group e os autores junto às usinas, pesquisa em base secundária e profissionais entrevistados.

Quadro 9. Principais Receitas e Custos em uma Usina Full de Milho

RECEITAS	%	CUSTOS	%
Etanol de Milho	~83%	Milho	~68%
DDGS/WDG	~13%	Biomassa	~10%
Óleo	~2%	Mão de Obra	~4%
Energia	~1%	Enzimas e Ácidos	~6%
Outros	~1%	Outros	~1%

Fonte: elaborado pelos autores com base em levantamento sobre a cadeia do etanol de milho no Brasil.

5.1.4 Investimentos em Etanol de Milho

A necessidade de investimento para construção e operação de um novo negócio pode variar muito conforme a escala, nível tecnológico e eficiência desejados. Assim também ocorre com uma nova unidade de processamento de milho para a produção de etanol. Apesar disso, foi possível estimar, com base em informações de mercado e entrevistas em profundidade com participantes da cadeia, os valores médios utilizados para a análise de investimento em uma usina *full* de etanol de milho. Para tanto, vale ressaltar, que os valores a serem discutidos nesse item referem-se a análise com base nesse tipo de modelo.

Um ponto de partida é entender o tamanho médio desejável para que o investimento torne a operação rentável e garanta aos investidores o retorno planejado. Com base nas unidades em operação no Brasil, o projeto deve possuir uma capacidade média de processar em torno de 1.900 toneladas de milho ao dia, e produtividades médias que ultrapassem os 400 litros de etanol por tonelada de milho. De acordo com informações da UNEM, existem duas unidades em fase pré-operacional, uma *full* e outra *full flex*, com capacidade de processamento de 700 toneladas por dia, um novo modelo que se consolida.

Nessa estrutura, e com a eficiência e tecnologia empregadas, um CAPEX inicial pode passar dos R\$ 500 milhões, que já envolvem os investimentos tanto na estrutura física da usina, pacotes tecnológicos de empresas especializadas, pessoas com expertise no *set up* da unidade industrial e da operação, entre outros

fatores. Apesar desses valores médios, esse investimento inicial pode variar muito em função da tecnologia, sendo que algumas plantas brasileiras tiveram seus investimentos pré-operação perto de R\$ 1 bilhão.

Se por um lado os investimentos podem ser classificados como elevados, por outro, os produtos gerados apresentam alta capacidade de geração de caixa. Como pode ser observado no Quadro 9, as fontes de receita variam desde o produto principal (etanol de milho), até os coprodutos como DDGs, WGD, óleo de milho e, em alguns casos, geração de energia excedente (bioeletricidade).

Vale destacar que o *ramp-up* das usinas de milho é muito rápido (quase imediato). O milho já está disponível em altos volumes assim que a parte industrial estiver pronta, não sendo necessário um planejamento agrícola com plantio escalonado (comum em *greenfields* de cana). Sob a ótica de despesas e/ou das saídas de caixa, os principais custos estão relacionados à matéria prima (o milho em grão), seguido pela biomassa de eucalipto para cogeração de energia, e, por fim, alguns insumos necessários no processo industrial como químicos, enzimas e outros.

Também precisa ser destacado o grande aumento de preços dos insumos da construção civil nos anos de 2020/21.



Por conta da importância do milho na estrutura de custos da usina, os preços do grão têm uma forte influência sobre os resultados do negócio e na análise de viabilidade econômica da unidade. Apesar de existir uma grande variedade de preços nas diferentes regiões de produção, em média, preços por volta de R\$ 30,00 a saca de milho, tornam o negócio mais rentável para seus investidores. Os dados analisados também apontam para uma margem operacional média de +15% ao ano, e um retorno sobre o investimento em um horizonte de 5 a 7 anos. De acordo com o estudo publicado pelo IMEA (Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária) (2017), os clusters de etanol de milho, se bem planejados e estruturados, são viáveis. Além disso, destaca que há viabilidade econômica na implantação de usinas de etanol de milho em Mato Grosso, considerando um ponto de equilíbrio do milho para a usina entre R\$ 26 e R\$ 36 a saca e o ponto de equilíbrio do preço do etanol pago à usina entre R\$ 1,30 e R\$ 1,77/litro.

Entretanto, dado o comportamento recente de forte elevação nos preços da saca de milho, é válido reforçar a importância das estratégias de preço médio ponderado, compras antecipadas do grão, armazenamento e, principalmente, as receitas complementares advindas dos coprodutos (DDGs, óleo e energia). No ano de 2020, os preços do milho em Mato Grosso alcançaram aproximadamente R\$60,00 a saca (IMEA, 2020) e, mesmo assim, os negócios continuaram atrativos para as usinas de etanol de milho. A análise única do preço do grão, torna-se, portanto, ineficiente para definição da viabilidade do negócio – e os preços elevados do cereal não indicam, necessariamente, a inviabilidade.

Dados da ANP (2020b) e IMEA (2020) demonstram que, entre janeiro de 2016 e janeiro de 2021, os preços do milho e do DDG cresceram 197,79% e 192,77%, respectivamente, com uma correlação em nível bastante elevado, em 0,91. De acordo com a FS, a nutrição animal contribui com 40% do custo do milho.

Ainda assim, segundo levantamento da Scot Consultoria (2020), o preço médio do DDGs em reais por quilo de Proteína Bruta (R\$/kg de PB) vem se mantendo abaixo do preço do farelo de soja e fechou a primeira quinzena de novembro de 2020 em 5,22 e 6,37 R\$/kg de PB, respectivamente. Em função dos estoques praticamente inexistentes desses coprodutos nas usinas de etanol de milho, os preços vigentes do DDGs e WDG são referência para contratos com entrega a partir de 2021. Já as usinas que atuam no *flex full* (cana e milho), podem alcançar bons resultados devido à otimização de estrutura e redução de custos operacionais decorrentes da integração e aproveitamento dos processos comuns. Além disso, conseguem explorar o potencial energético disponível com o bagaço excedente nas duas unidades. Os principais desafios dos modelos de negócio são: acertar na tecnologia, ou seja, nível de investimentos versus o retorno esperado e, adaptar ao ambiente operacional brasileiro.



Nesses casos, cabe à usina analisar o investimento necessário para adaptação da estrutura, capacidade produtiva e acesso à matéria-prima. Existe grande desafio para reduzir o investimento utilizando-se o máximo dos equipamentos existentes. A proximidade com produtores de milho, ou a negociação de valores rentáveis para transporte do grão, é um grande ponto de atenção no estudo da viabilidade para as usinas que desejam atuar com esses modelos.

Por fim, há um último fator que tem potencial para otimizar os retornos sobre os investimentos realizados no setor, garantindo maior rentabilidade e gerando receita para a usina: os créditos de carbono (CBIOS). A menor emissão de GEE no processo produtivo do etanol, em relação à gasolina, pode gerar créditos de carbono para serem comercializados pela usina, já apresentados em detalhe no capítulo 4. Além de se apresentar como mais uma fonte de receita, tanto para as usinas de cana quanto para as de milho, as negociações de títulos verdes aumentam a credibilidade perante os *stakeholders*, e transmitem a imagem de responsabilidade ambiental, social e econômica, por parte da usina.

No Quadro 10, estão apresentados os principais indicadores considerados no estudo econômico para viabilidade de investimentos em uma usina de etanol de milho do modelo *full*, e cujos resultados da análise foram discorridos anteriormente.

Quadro 10. Principais Indicadores de uma Usina Full de Etanol de Milho

INDICADORES	VALOR	UNIDADE
Rendimento Industrial (para cada tonelada de milho processado)		
Etanol	425	litros / ton de milho
DDGS	243	kg / ton de milho
WDG	69	kg / ton de milho
Óleo	12,5	kg / ton de milho
Eletricidade	156,8 (sendo 60,3 exportado para o grid e 96,9 consumido na unidade)	kWh / ton de milho
Necessidade de inputs (para cada litro de etanol produzido)		
Enzimas	1,53	g / litro de etanol
Químicos	15,06	g / litro de etanol
Biomassa para energia (cavaco de eucalipto)	0,8	kg / litro de etanol
Break Even Point (para preço de venda do etanol na usina a R\$ 2,00 o litro)		
Estimativa de Preço de Equilíbrio do Milho	~39,00	R\$ / saca de milho
Sustentabilidade (% de emissão de carbono evitada em relação à produção da gasolina)		
Etanol de Milho na Usina Full	~80% ⁴	% a menos de carbono
Etanol de Cana	~53%	% a menos de carbono

Fonte: elaborado pelos autores com base em levantamento sobre a cadeia do etanol de milho no Brasil.

⁴ Considerado para o cálculo: 16,7 gCO₂e/MJ (intensidade de carbono do etanol de milho, Programa RenovaBio) e 87,4 gCO₂e/MJ para gasolina.

5.1.5 Produção Brasileira de Milho e Consumo para o Etanol

O milho é uma cultura anual e pode ser cultivado em até três épocas distintas do ano no Brasil, em decorrência das diferentes características edafoclimáticas regionais. Em linhas gerais, o milho cultivado no verão é denominado 1ª safra; o milho plantado a partir de janeiro consiste na 2ª safra; e, a 3ª safra concentra seu plantio entre maio e junho, realizada no Norte e Nordeste do Brasil nos estados de Roraima, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.

Na região Centro-Sul, o Brasil consolidou um sistema de produção de duas *commodities*: soja como cultura de 1ª safra e milho como 2ª safra. Com tal consolidação, houve uma mudança gradual nos cenários de área plantada de milho. Tal sistema de produção traz benefícios no controle de pragas e doenças, controle de ervas daninhas, maior proteção do solo, reciclagem de nutrientes, rotação de culturas, além de aspectos relacionados ao aumento na produção e da lucratividade.

Gráfico 23. Evolução da Área Plantada com Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2021a).

A tendência de diminuição de área plantada de milho em primeira safra e incremento da área de segunda safra também se reflete na produção brasileira do grão, como está evidenciado no Gráfico 24. Observa-se que o aumento da produção foi maior do que a área plantada. Isso evidencia que a produtividade do cereal sofreu incrementos significativos no período - aumento de 33% nos últimos 10 anos (CONAB, 2021a) - principalmente devido à evolução de sementes adaptadas à nova janela de plantio.

Gráfico 24. Evolução da Produção de Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2021a).

Segundo projeções do MAPA (2020), a área plantada com milho no Brasil deverá atingir 20,2 milhões de hectares em 2029/30, crescendo 15,4%, e seguindo o comportamento de forte expansão de área destinada a segunda safra, a qual deve chegar a 18,5 milhões de hectares. Da mesma forma, a produção esperada para a próxima década está estimada em 123,9 milhões de toneladas, 29,8% superior à safra 2019/20.

A destinação do milho para produção de etanol - que foi de apenas 3,8% do total na safra 19/20, tendo como base a produção de 425 litros de etanol por tonelada de milho - e as exportações, são grandes estímulos e fatores que explicam a tendência de incremento na produção. Estas projeções devem ser revistas com o aumento dos preços observado em 2020/21.

Conforme citado anteriormente, a produção nacional de milho está concentrada, em grande parte, na região Centro-Oeste brasileira, visto que os 3 estados que a compõem representam mais de 50% do volume de milho produzido, predominantemente cultivado em 2ª safra. O Mato Grosso tem a maior representatividade e é responsável por 46,1% da produção de milho segunda safra na região Centro-Oeste.

As regiões Sul e Sudeste também contribuem de maneira expressiva para a produção nacional, com destaque para o estado do Paraná que ocupa o segundo lugar e tem grande volume colhido tanto na safra de verão quanto de inverno. Tais constatações podem ser observadas no Quadro 11, a seguir.

Quadro 11. Participação dos Estados Brasileiros na Produção de Milho

Pos.	Estado	Participação da 1ª Safra	Participação da 2ª Safra	Participação na Produção Total
1º	MT	1,3%	46,1%	34,1%
2º	PR	13,8%	15,2%	14,6%
3º	GO	8,6%	13,9%	12,3%
4º	MS	0,5%	11,5%	8,6%
5º	MG	18,2%	3,2%	7,3%
6º	RS	15,3%	0,0%	3,8%
7º	SP	7,3%	3,1%	4,1%
8º	SC	10,8%	0,0%	2,7%
9º	PI	8,0%	0,2%	2,1%
10º	MA	4,7%	1,3%	2,1%
	Outros	11,5%	5,5%	8,3%

Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2021a).

Devido ao elevado nível de oferta doméstica na região Centro-Oeste brasileira e às dificuldades em questões de logística, os preços pagos aos agricultores tendem a ser inferiores nessa região, como pode ser observado na análise comparativa entre os estados (Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso), apontada no Gráfico 25. De acordo com alguns dos entrevistados pelo projeto, esse cenário tem mudado nos últimos anos, principalmente em função dos estímulos e condições criados pelo aumento da produção do etanol de milho, o que já pode ser observado no comportamento dos preços em 2020.

Gráfico 25. Média de Preços do Milho por Estado

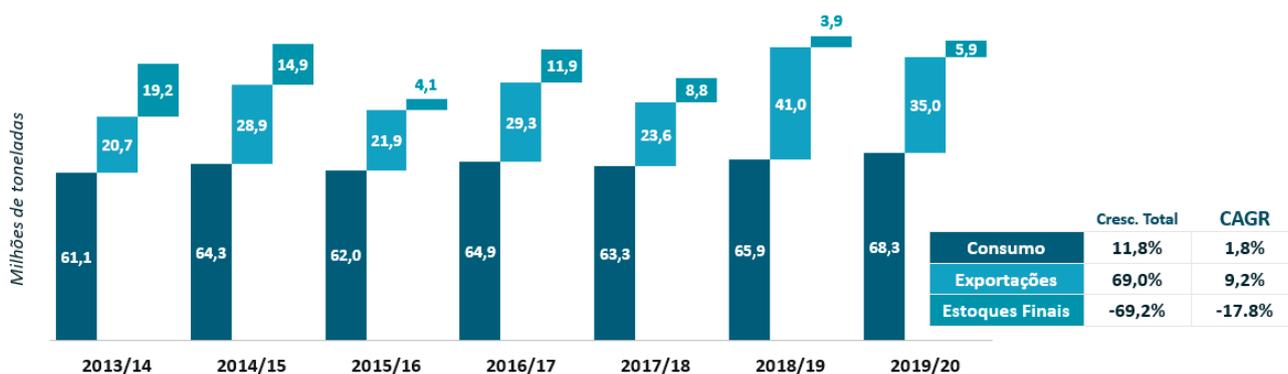


Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2021b).

Em relação à destinação da produção brasileira de milho, constata-se que em 2019/20, cerca de 62% desse volume foi consumido internamente por diversas indústrias e setores (Gráfico 26), e o restante foi direcionado à exportação (35 milhões de toneladas). Ao olhar especificamente para a região Centro-Oeste e estado de Mato Grosso, nota-se que 60% e 76% do milho foi direcionado para exportação na safra 2019/20, respectivamente (COMEX STAT, 2021). Isso demonstra as oportunidades de verticalização que existem nessas regiões.

Também é nítido que as exportações tiveram um aumento significativo desde a safra 2013/14, apesar das oscilações nos estoques finais, com redução no período analisado.

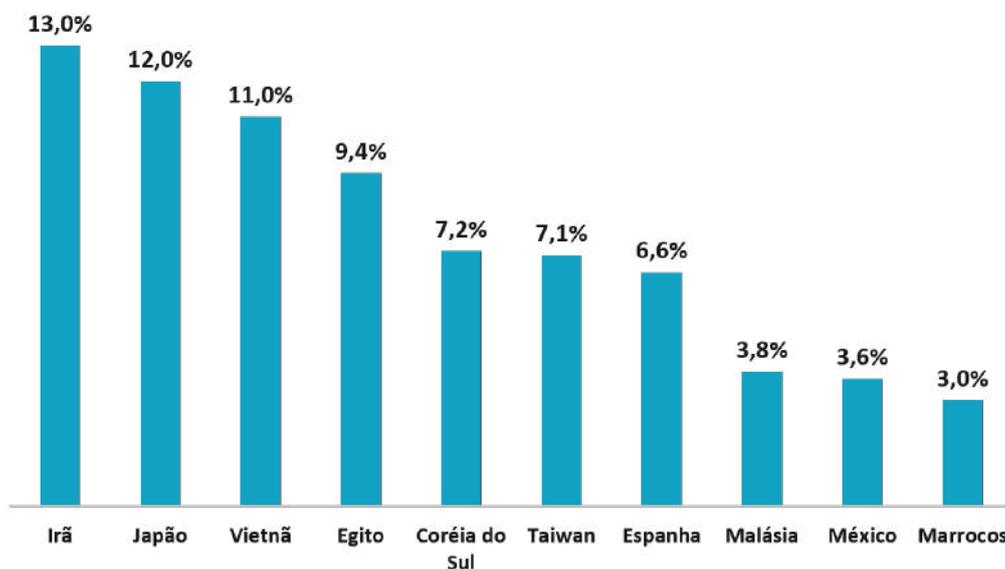
Gráfico 26. Consumo, Exportação e Estoques de Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em Abimilho - Associação Brasileira das Indústrias de Milho (2021).

Como grandes importadores e destinos da produção dessa *commodity* brasileira, estão países do Oriente Médio, Europa, Ásia e África. O Gráfico 27 se refere aos principais destinos das exportações brasileiras do grão de milho no ano de 2020.

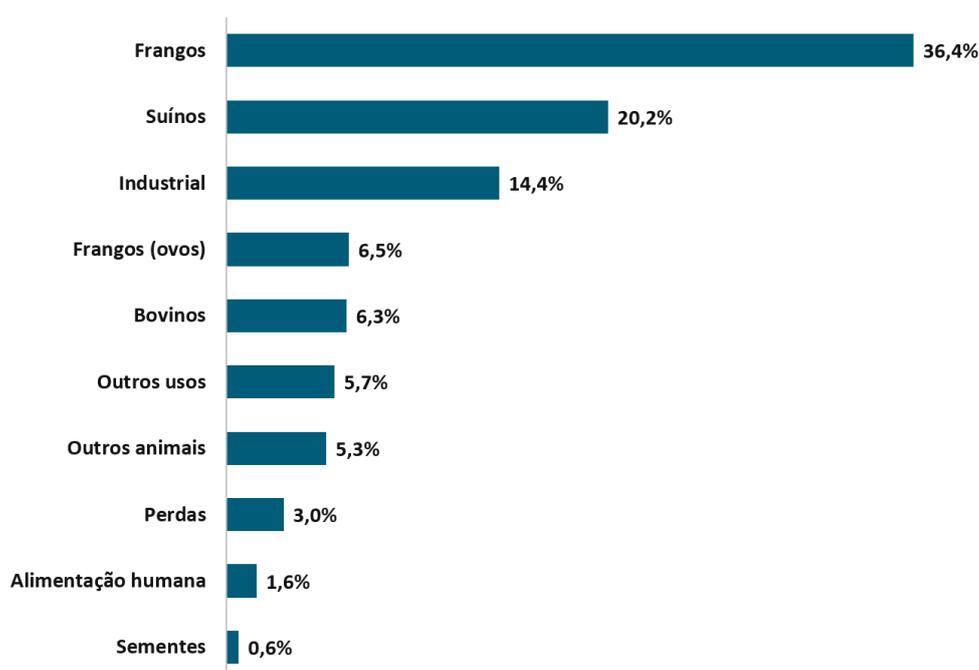
Gráfico 27. Principais Destinos do Milho Brasileiro em Volume em 2020



Fonte: elaborado pelos autores com base em Comex Stat (2021).

O volume do cereal que permanece no mercado doméstico, por sua vez, é consumido, prioritariamente, para alimentação animal e indústria de alimentos humanos (Gráfico 28). Dos 68,3 milhões de toneladas do grão que foram consumidas no Brasil na safra 2019/20, o segmento de frangos (corte e postura) liderou o consumo, representando 42,9% deste, seguido por suínos com 20,2%.

Gráfico 28. Consumo Doméstico de Milho por Segmento na Safra 2019/20



Fonte: elaborado pelos autores com base em Abimilho (2021).

Utilizando o valor teórico médio de que uma tonelada de milho é capaz de produzir 425 litros de etanol, tem-se que 3,9 milhões de toneladas foram destinadas para esse fim, representando 5,7% do consumo doméstico do país na safra 2019/20.

Pelas entrevistas que foram realizadas na confecção deste livro, foi identificado que o milho utilizado pelas usinas de etanol (do Mato Grosso e Goiás) são, em sua totalidade, comprados na própria região, por conta do custo elevado do transporte dos grãos. Aproximadamente 75% desse milho é originado diretamente com produtores e os outros 25% são provenientes de *tradings*, cooperativas e/ou revendas.

Vale o destaque para a importância que os canais de distribuição de insumos estão desenvolvendo por atuarem tanto no fornecimento de sementes e outros produtos importantes para o produtor, até a comercialização, recebendo via *barter* os grãos ao final da safra. Mesmo as grandes cooperativas, tradicionalmente presentes na região Sul do país, estão vendo grandes oportunidades na atuação com grãos na região Centro-Oeste

Grande parte do milho é negociado através de compra futura (70%) e, em alguns casos, a origem pode ser feita com antecipação de duas safras. Além disso, existem como opções o uso do mercado *spot*, contratos futuros e *barter*. As empresas buscam sempre mapear os fornecedores com capacidade de atender o mercado. Para isso, existem especialistas que conhecem a dinâmica da região e todos os clientes potenciais para atender a demanda da usina. Adicionalmente, é comum as empresas realizarem um acompanhamento diário da paridade de exportação com o objetivo de identificar o preço máximo que as *tradings* estão dispostas a pagar pelo milho.

5.2 Mercado de Etanol de Milho no Brasil

5.2.1 Histórico e Desenvolvimento do Setor

A produção de etanol de milho no Brasil tem chamado a atenção pelos altos volumes de investimentos e principalmente devido à sua rápida expansão nos últimos anos. A tecnologia de conversão de milho em etanol e coprodutos tem origem nos Estados Unidos e o processo de produção norte-americano é caracterizado pelo uso de milho primeira safra e uso de fontes de energia tradicionais, em grande parte fósseis (i.e., carvão mineral e gás natural). Essas características são diferentes do setor de biocombustível brasileiro, que possui vantagens quanto ao uso do milho, principalmente de segunda safra e fontes renováveis (MOREIRA et al. 2020).

O etanol de milho foi inicialmente adotado no Brasil em usinas “*flex*”, aproveitando instalações e energia de usinas de cana-de-açúcar. Devido aos volumes de produção de milho e preços atrativos, investidores enxergaram oportunidades no Centro-Oeste brasileiro, transferindo, em

particular ao estado de Mato Grosso, novos pacotes tecnológicos estruturados em usinas grandes e *full* (produção de 250 a 500 milhões de litros por ano).

O setor sucroenergético brasileiro tem buscado constantemente diversificar suas atividades e melhorar a eficiência na capacidade industrial. Porém, as atividades de processamento de matéria-prima estão concentradas em oito meses do ano e seguem o principal modelo utilizado no país, em que a cana-de-açúcar é a matéria-prima da produção (SILVA et al., 2020; MILANEZ et al., 2014).

Devido ao histórico complexo do setor (excesso de oferta e baixos preços de açúcar no mercado internacional somado a subsídios em países produtores como Índia; congelamento de preços da gasolina gerando perdas de competitividade do etanol; redução de investimentos; e perda de produtividade nos canaviais), projetos envolvendo a produção de biogás e biometano, reciclo de leveduras, etanol de segunda geração, recuperação de CO₂ (dióxido de carbono) e utilização de matérias-primas alternativas na produção de etanol passaram a ganhar espaço e a serem posicionados como alternativas de sustentação pelos empresários do setor.

Assim, a busca por matérias-primas alternativas na entressafra é algo que vem se intensificando no país, pois possibilita a otimização do processo produtivo e a redução dos custos industriais (SILVA et al., 2020; MILANEZ et al., 2014). Com base na produção de etanol de milho nos Estados Unidos e na produção excedente dessa *commodity* em algumas regiões do Brasil, o uso de milho como matéria-prima na produção de etanol aumentou significativamente nos últimos anos, apoiado principalmente por fatores econômicos e regionais.

Além da maximização dos ativos da indústria e diluição dos custos operacionais, visto que as unidades flex de produção de etanol passam a operar de 330 a 350 dias por ano, nas entrevistas para esse estudo, foram identificados outros benefícios dessa cadeia:

- 1. Aumento no *mix* de produtos** que a usina pode ofertar ao mercado, incluindo em seu portfólio o DDGs e/ou WDG, e óleo de milho;
- 2. Fornecimento de etanol para regiões onde os preços ainda não são competitivos** quando comparados à gasolina, como algumas regiões do Centro-Oeste, Norte e Nordeste;
- 3. Aumento da produção de etanol** com um CAPEX relativamente menor do que o necessário para construção ou melhoria de uma planta cana-de-açúcar.

Como pode ser observado na Figura 6, a produção de etanol de milho no Brasil teve início em 2012 com a inauguração de uma planta industrial pela “USIMAT”, na cidade de Campos de Júlio, estado de Mato Grosso. A unidade, que produz etanol a partir de cana-de-açúcar desde 2006, também inaugurou o modelo industrial do tipo *flex*, que possui uma estrutura para a produção de etanol usando cana e milho na mesma unidade industrial.

O sucesso do modelo implementado pela “empresa USIMAT” motivou novos investimentos e a instalação de outras unidades no estado de Mato Grosso. Em 2013, a “Libra Destilaria” inaugurou sua planta modelo *flex* na cidade

de São José do Rio Claro e, no ano seguinte, o “grupo Porto Seguro”, na cidade de Jaciara, também iniciou suas atividades no setor. Em 2015, foram integradas às unidades de etanol de cana-de-açúcar no estado de Goiás (Usinas SJC e Rio Verde) e, em 2016, a novidade chegou ao estado de São Paulo, com a planta da CEREALE Brasil.

Figura 6. Linha do Tempo das Usinas de Etanol de Milho no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários.

“

O ano de 2017 também foi um marco para as atividades da cadeia do etanol de milho, pois a primeira fábrica full foi inaugurada no país.

O modelo, que utiliza apenas o milho como matéria-prima para a produção de etanol, tem como pontos fortes a capacidade anual de produção e o consumo de milho em todos os períodos do ano.

A FS “Fueling Sustainability”, joint-venture entre a holding brasileira Tapajós Participações e a empresa

americana Summit Agricultural Group, foi responsável pela construção da fábrica na cidade de Lucas do Rio Verde, estado do Mato Grosso, com capacidade de produção de 530 milhões de litros de etanol por ano. No mesmo ano, outra unidade flex foi lançada, a “Safrá Biocombustíveis”, em Sorriso, no estado de Mato Grosso.

No ano seguinte, em 2018, a produção de etanol de milho chegou ao estado do Paraná, no município de Bom Sucesso, com a integração da usina de etanol de milho pela planta “Cooperval”. Também nesse ano, entrou em operação a usina no modelo flex da Caçu, em Vicentinópolis, Goiás. Mais recentemente, em 2019, foram inauguradas duas novas unidades: a segunda planta full no país, pela “Inpasa Bioenergia”, na cidade de Sinop, estado de Mato Grosso, com

capacidade de produção de 525 milhões de litros de etanol por ano; e mais uma unidade do modelo *flex* em Santa Helena de Goiás, pela Usina Santa Helena.

Em novembro de 2019, a Cerradinho Bioenergia iniciou as operações com sua planta situada exatamente ao lado da unidade de cana-de-açúcar, visando aproveitar sinergias de geração de energia e toda a infraestrutura e logística instalada para escoamento da produção.

A multinacional Inpasa, especializada na produção de etanol de milho anunciou a ampliação da planta em Nova Mutum (Mato Grosso). A nova fase terá investimentos de R\$ 450 milhões, totalizando R\$ 1 bilhão (somado aos R\$ 550 milhões investidos anteriormente). A primeira etapa entrou em operação no final de agosto de 2020. A usina tem capacidade para produzir 890 metros cúbicos por dia de etanol hidratado, moer até 2,3 mil toneladas de milho diariamente e pode chegar a demandar 800 mil toneladas de milho por ano.

O ano de 2020 também marcou o início das operações da segunda unidade da *FS Fueling Sustainability*, em Sorriso, Mato Grosso; e da Bioflex, unidade do grupo GranBio, em Poconé, Mato Grosso. Existem 16 usinas *flex*, *full* e *flex full* em funcionamento no Brasil (nove usinas em Mato Grosso, cinco em Goiás, uma em São Paulo e uma no Paraná). O Brasil finalizou 2020 com duas unidades em fase pré-operacional, todas elas situadas no estado do Mato Grosso: uma planta *full* de milho da “ALCOOAD” na cidade de Nova Marilândia; e a unidade *flex* da “Etamil”, em Campo Novo dos Parecis.

Os investimentos privados no setor de etanol de milho foram estimulados principalmente pelos menores preços

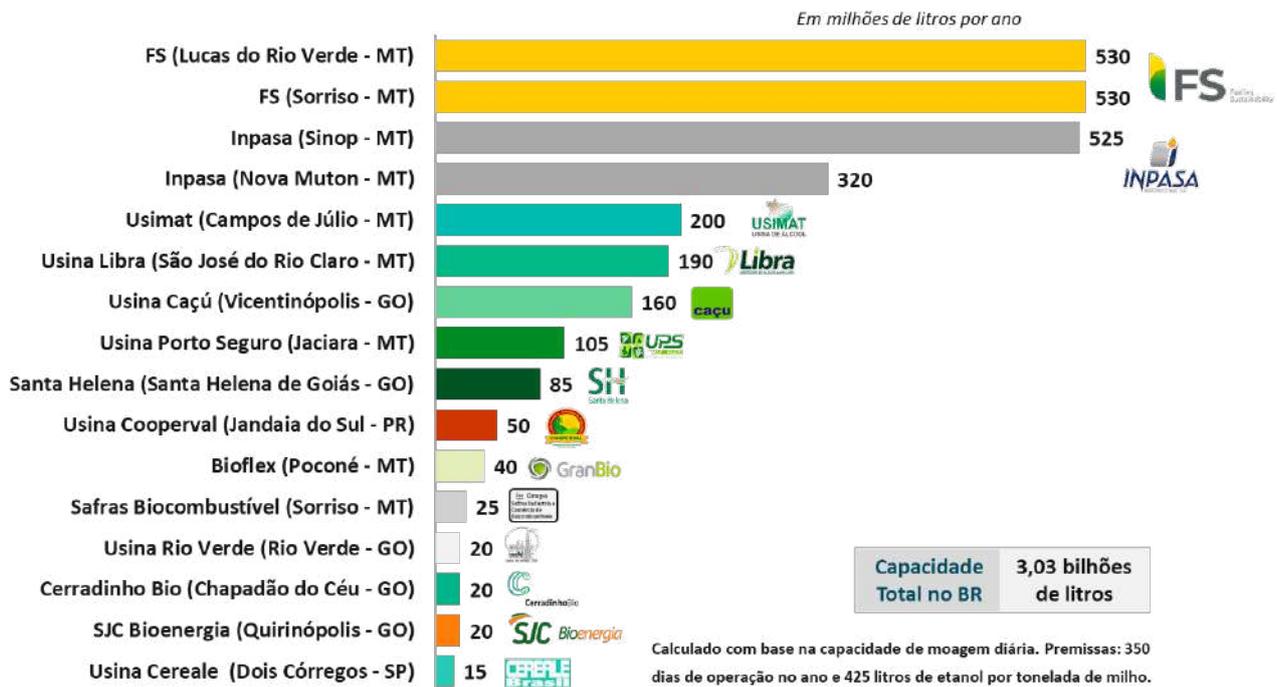
dos cereais nas regiões produtoras, passando a serem vistos como oportunidades de diversificação de atividades. Além disso, diferentemente da cana-de-açúcar, o milho pode ser armazenado e utilizado durante a entressafra, o que permite o aumento da atividade produtiva anual, maior rentabilidade e redução da capacidade ociosa da indústria.

Por sua vez, a atividade permite maior rentabilidade na produção de milho pelos produtores, o que aumenta a renda e a atividade econômica regional, e permite a estabilidade da produção de cereais. Os agricultores passam a ter uma nova alternativa de canal de comercialização de seus grãos, com liquidez, já que a maioria das usinas tem uma necessidade diária pela matéria prima.

De acordo com as análises feitas pelos autores, a capacidade produtiva anual de todas as usinas que estavam aptas a produzir etanol a partir de milho em 2020 (tanto modelos *full* quanto *flex*), somava 3,03 bilhões de litros, como mostrado no Gráfico 29. As quatro unidades do modelo *full*, dos grupos *FS Fueling Sustainability* e Inpasa, possuem maior capacidade produtiva dentre todas, somando cerca de 1,9 bilhão de litros por ano (62,7% do total).

A liquidez de preços do milho em 2021 é uma variável de impacto sendo analisada pelo setor.

Gráfico 29. Capacidade das Usinas de Etanol de Milho em 2020



Fonte: elaborado pelos autores com base no acompanhamento da UNEM, dados secundários e site das empresas.

5.2.2 Oportunidades e Tendências para o Futuro

O setor de etanol de milho tem mobilizado grandes empresas do agronegócio, que passaram a olhar com mais atenção a viabilidade de implantação de usinas, tanto nos modelos (aproveitando estruturas já instaladas) ou *full*. A Figura 7 ilustra manchetes de jornais conceituados do setor, revelando as movimentações e intenções com relação ao negócio de etanol de milho no Brasil.

Figura 7. Projetos Confirmados e Possibilidades de Investimentos

Projetos Confirmados de Usinas

- Millenium Bioenergia em Bonfim - RO**
Millenium Bioenergia lança pedra fundamental da construção de usina de etanol de milho
- São Martinho em Quirinópolis - GO**
Valor Agronegócios
São Martinho aprova R\$ 640 milhões para etanol de milho
- Maracajá Bioenergia em Matupá - MT**
RPAnews
Usina de etanol de milho recebe licença ambiental e deve iniciar obras em MT
- Usina de Etanol de Rondônia em Cerejeiras - RO**
Indústria e Comércio
Grupo de investidores anuncia construção de usina de etanol de milho avaliada em quase meio bilhão na região de Cerejeiras

Players Importantes Interessados na Produção de Etanol de Milho no Brasil

- MONEY TIMES**
Exclusivo: Cofco, AMaggi e Raízen miram entrada no setor de etanol de milho do Brasil
Raízen e Cofco são grupos que já produzem etanol, mas via cana-de-açúcar. A Amaggi atua principalmente no setor de grãos.
- JornalCana**
FS conclui expansão da planta de etanol de milho de Sorriso/MT, em março
Companhia construiu mais três unidades no Estado
- MILLENNIUM BIOENERGY**
Tendo construído a primeira unidade full do Brasil, em 2017, a FS Fueling Sustainability possui duas plantas em operação, atualmente. De acordo com as informações mais recentes, o grupo planeja construir outras 4 unidades no estado de Mato Grosso, totalizando 6 usinas nos próximos anos.

Fonte: elaborado pelos autores com base em UNEM (2018) e dados secundários.

Diversos investidores já sinalizaram suas intenções de construção de plantas de etanol de milho, ou até mesmo já confirmaram os projetos, revelando as localidades e a capacidade de moagem, conforme está mapeado na Figura 8. Vale destacar que os valores indicados para capacidade produtiva podem sofrer alterações de acordo com adaptações no projeto e estratégias de cada uma das empresas citadas.

Figura 8. Mapeamento dos Projetos e Iniciativas no Setor de Etanol de Milho

Grupo / Empresa	Município	Estado	Situação	Tipo	Moagem (mil tons de milho por ano)
	Bonfim	RO	Projeto Divulgado	Flex	479
	Tabaporã	MT	Em Estudo	Flex	465
	Jaciara	MT	Em Estudo	Full	465
	Manaus	AM	Em Estudo	Full	-
	Rio Preto da Eva	AM	Em Estudo	Full	-
	Itacoatiara	AM	Em Estudo	Full	-
	Primavera do Leste	MT	Em Estudo	Full	1.233
	Querência	MT	Em Estudo	Full	-
	Campo Novo dos Parecis	MT	Em Estudo	Full	1.233
	Nova Mutum	MT	Em Estudo	Flex	1.233
	Nova Olímpia	MT	Em Estudo	Full	698
	Quirinópolis	GO	Projeto Divulgado	Flex	500
Usina Etanol de Rondônia	Cerejeiras	RO	Projeto Divulgado	Full	525
Santa Clara Álcool Cereais	Vera	MT	Em Estudo	Full	40
	Matupá	MT	Projeto Divulgado	Full	260
	Jaraguari	MS	Em Estudo	Full	500
	Dourados	MS	Em Estudo	Full	1.008

Legenda

Tipo:  Flex  Full

Situação:  Projeto Divulgado  Em Estudo

Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários.

Os investimentos e projetos apresentados, sem dúvidas, consideram algumas características do processo produtivo que são determinantes para o sucesso do negócio. Visto as especificidades do setor de etanol de milho, seu desenvolvimento é uma função de importantes fatores, com pesos diferentes, sendo que as regiões as quais congregam os fatores a seguir terão grande potencial para o negócio.

Figura 9. Fatores para Desenvolvimento do Setor de Etanol de Milho



Fonte: elaborado pelos autores com base nas entrevistas.

Abaixo, é feita uma abordagem mais detalhada em relação à cada um deles:

1 Disponibilidade de matéria-prima (milho) a preços competitivos - Como o milho é o maior componente do custo de produção do etanol (em torno de 70%), seu preço normalmente é o que, muitas vezes, vai ditar se o processamento da matéria prima será rentável para a indústria. Além disso, o investimento em novas usinas produtoras de etanol de milho e/ou a conversão de usinas de cana-de-açúcar para plantas *flex*, só deve ser realizada se a região da indústria tiver oferta suficiente de milho ou se o transporte de milho até ela não for muito oneroso. Portanto, esse fator favorece o desenvolvimento do setor, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul do país;

2 Potencial mercado consumidor para o biocombustível (ganho de competitividade frente à gasolina) - Dois componentes são importantes quando se trata desse segundo fator: é preciso que haja mercado consumidor para combustíveis, ou seja, grande frota de veículos movidos a etanol e que o etanol tenha uma relação de preço competitiva com outras opções de combustíveis, principalmente com a gasolina. Nesse caso, a região Sudeste é a que mais se destaca por conta da grande frota de veículos e potencial de consumo;

3 Mercado consumidor dos coprodutos do processo produtivo, principalmente o DDGs e WDG - Além do mercado de etanol, os outros coprodutos também precisam ter demanda na região para que a localidade atraia mais investimentos. Nesse sentido, ter um mercado forte localmente para o coproduto com maior destaque no faturamento das usinas, o DDGs, faz com que a rentabilidade da usina seja maior, por não ter que arcar com custos de transporte. Como o DDGs é usado principalmente na atividade pecuária, estados que apresentam grandes rebanhos, como Mato Grosso, Goiás, São Paulo e Paraná, podem ser mercados interessantes para esse coproduto;

4 Disponibilidade de biomassa para alimentar o processo de produção - Produção de etanol a partir do milho demanda cavaco de eucalipto, por isso a presença de biomassa na região é importante para a instalação de uma usina. O bagaço da cana, juntamente com o eucalipto, é uma das alternativas mais interessantes para serem utilizadas. Dessa forma, as usinas *flex* se tornam um modelo atrativo e que poderia se expandir em estados como Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul;

5 Políticas públicas e incentivos fiscais para instalação das unidades - O quinto fator diz respeito aos incentivos (financeiros ou não) promovidos pelo poder público. Além de benefícios fiscais, os níveis de infraestrutura logística e de armazenagem, capacitação de pessoas, entre outros, pode ter peso considerável na decisão de instalação de uma usina em determinada região.

A crescente utilização do milho segunda safra na produção de etanol no Brasil pode trazer diversos benefícios para a cadeia produtiva e para o país. Alguns deles são discorridos na sequência:

- 1 Maior eficiência industrial** - As usinas de cana-de-açúcar podem se tornar usinas *flex* e usar a capacidade ociosa durante a entressafra da cana para produzir etanol de milho, maximizando a utilização de seus ativos e diluindo os custos operacionais do ano;
- 2 Canais alternativos de escoamento de produção** - O produtor terá à disposição um novo canal para a comercialização de milho proporcionando benefícios, como melhores condições comerciais, preços, liquidez financeira, fluxo de grãos para armazenamento e outros;
- 3 Diversificação e agregação de valor por coprodutos** - O óleo de milho e o WDG podem beneficiar a agregação de valor dos players e contribuir na construção de margens. O DDGs pode ter impactos positivos na indústria de ração animal, seja para bovinos, suínos ou aves devido ao seu alto teor proteico. Além disso, aliviam ainda mais a competição por terra. Essa situação é bem diferente da produção de milho em cultivo único praticada nos Estados Unidos, local onde os invernos são mais severos e não é possível realizar a rotação entre as culturas no período de entressafra (CHADDAD, F., 2016);
- 4 Aumento da oferta de etanol** - Para regiões em que os preços do biocombustível ainda não são competitivos em relação à gasolina (principalmente Centro-Oeste, Norte e Nordeste), podem reverter esse quadro;
- 5 Estímulo ao eucalipto** - Ao utilizar biomassa para cogeração de energia, a produção de etanol de milho provoca uma expansão da área de eucalipto e aumento do estoque de carbono quando substitui pastagens. Além disso, está alinhado com as metas do programa PCI e a energia excedente produzida pode ser comercializada no mercado de energia;
- 6 A produção do etanol de milho** - De segunda safra pode trazer benefícios quanto à proteção da terra, reciclagem de nutrientes e carbono orgânico no solo. Pode ainda contribuir positivamente com os objetivos de segurança alimentar. Quando feito de maneira adequada, a bioenergia pode trazer benefícios para a terra, principalmente o aumento do carbono orgânico no solo (IPCC, 2018). Além disso, destaca que os coprodutos e resíduos reduzem a competição por terra com alimentos, mas pode resultar em degradação da terra se o carbono e o material rico em nutrientes forem removidos. O milho de segunda safra, além de aumentar a produção nos sistemas agrícolas já existentes, melhora a proteção do solo e reciclagem dos nutrientes.

Outros benefícios do desenvolvimento do setor são exclusivos para usinas de cana, as quais podem utilizar o modelo *flex* de produção. Como exemplo: maior produção de etanol com um CAPEX reduzido em relação ao modelo *full* (com 40% do investimento necessário para construção de uma usina de etanol de cana, é possível dobrar a produção de etanol).

Por outro lado, o risco de entrar em uma atividade diferente é um inibidor do modelo *flex*. A cadeia do milho possui características próprias que as usinas de cana-de-açúcar não estão familiarizadas em sua maioria e não possuem o know-how específico. O modelo de negócios também precisa se provar viável, mesmo com a produção de milho localizada na região Centro-Oeste, longe da maioria das usinas de cana.

Além disso, outros pontos chamam atenção e devem ser monitorados para que a cadeia produtiva siga se desenvolvendo:

1 Questões de Distribuição - Há necessidade de maior eficiência na logística para reduzir os custos de transporte de grãos, uma vez que as principais áreas de produção de milho não estão próximas dos principais centros de consumo de etanol;

2 Capacidade de Armazenagem - Esse ponto envolve tanto a capacidade de estocagem de grãos de milho, que permite a aquisição do grão a preços melhores, como o armazenamento de etanol para lidar com as oscilações de preço no mercado internacional e nacional;

3 Questões Governamentais - Os participantes do setor precisam se unir e manter contato com o governo para abordar alguns tópicos importantes como impostos, meio ambiente, outras ineficiências brasileiras e políticas públicas para a cadeia de etanol de milho, como é o caso do RenovaBio. Esse trabalho vem sendo desempenhado pela União Nacional do Etanol de Milho (UNEM);

4 Investimento Necessário - O investimento em uma usina nova de etanol de milho é significativo e, no contexto econômico atual, alguns grupos estão trabalhando com cautela;

5 Material com esclarecimentos sobre o setor - Muitas vezes é confundido com o etanol de milho dos Estados Unidos. Este foi um desafio que o etanol de cana encarou anos atrás e que hoje colhe os frutos.

5.3 Dinâmica de Distribuição na Cadeia de Etanol de Milho Brasileira

A distribuição na cadeia de etanol de milho pode ser compreendida a partir da análise separada entre: transporte de milho até as usinas de etanol, da capacidade de armazenagem de grãos e da logística de distribuição do combustível (e seus coprodutos) depois do processamento.

5.3.1 Transporte de Grãos

O transporte de milho no Brasil é feito por meio de três modais diferentes e, de acordo com estudo da Embrapa (2016), 47%, 42% e 11% dos grãos com destino aos portos para exportação são transportados por ferrovias, rodovias e hidrovias, respectivamente. Diante do aumento da produção de *commodities* no Centro-Oeste em direção ao “arco norte”⁵, os corredores logísticos da Região Norte tornam-se extremamente estratégicos. A maioria dos grãos é cultivada nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, sendo exportada através do Porto de Santos e Paranaguá. Com o aumento da produção no norte do país, aumentam também os incentivos econômicos para os grãos serem exportados pelos portos da região, tais como Santarém e Belém.

A BR163 é uma rodovia federal longitudinal, extremamente estratégica para a logística do arco norte ao integrar a região produtiva do Centro-Oeste do país com os portos de Miritituba e Santarém.

No âmbito fluvial e portuário, o porto de Miritituba, localizado no município de Itaituba/PA, a 230 km de Santarém, tem despertado a atenção dos produtores e comerciantes de soja, milho e etanol, interessados em estabelecer terminais para receber a carga transportada pela BR-163 e levá-la até os portos do Sistema Belém, reduzindo em 500 a 1.000 km o percurso de transporte terrestre, o que representa uma economia de 20 a 30% do custo com frete.

O projeto de ferrovia *greenfield* da Ferrogrão também é uma grande estratégia para o etanol de milho do Centro-Oeste brasileiro. O empreendimento tem como objetivo melhorar o escoamento da região Centro-Oeste, conectando a cidade de Lucas do Rio Verde/Mato Grosso com Miritituba/PA. Os investimentos foram estimados em R\$ 12,6 bilhões para um traçado de cerca de 933 km e previsão de demanda de 43 milhões de toneladas em 2050.

⁵ Conceitualmente, o termo “arco norte” é definido como “Plano estratégico que compreende portos ou estações de transbordos dos estados de Rondônia (RO), Amazonas (AM), Pará (PA), Amapá (AP) e Maranhão (MA).

Figura 10. Mapa das Principais Ferrovias para Transporte de Grãos



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários.

A partir da Figura 10 são identificadas as principais ferrovias para transporte de grãos destinados à exportação. O milho e soja produzidos na região Centro-Oeste são majoritariamente direcionados para os portos de Santos (SP) e Paranaguá (PR). Além disso, podem ser uma opção logística interessante para produção de etanol de milho durante a entressafra das usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. Destaca-se em branco, ferrovias que estão em diferentes estágios de construção, mas que poderão contribuir ainda mais para ampliar a capacidade de escoamento e transportar os grãos com preços mais competitivos.

Entretanto, ressalta-se que apesar da evolução do modal ferroviário no país, grande parte do milho produzido (42%) é transportado por rodovias e, muitas vezes, esses modais se complementam. Por exemplo, como o maior volume de grãos produzidos no Mato Grosso vem da região central do estado, eles são transportados por caminhões até o terminal ferroviário de Rondonópolis (MT). Outro terminal com destacada importância no transporte de grãos é o de Chapadão do Sul, em Mato Grosso do Sul, que recebe grãos do estado e de Goiás com destino ao porto de Santos (SP).

Figura 11. Mapa de Ferrovias e Terminais em São Paulo



Fonte: elaborado pelos autores com base em Udop (2020) e IEA (2019).

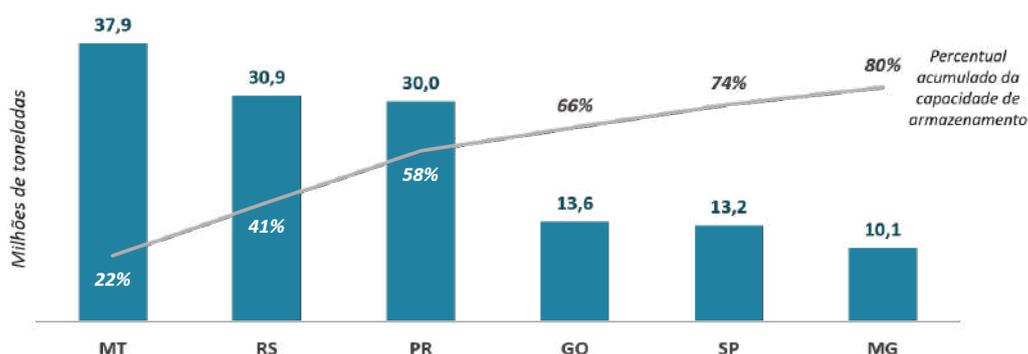
Há ainda terminais ferroviários em São Paulo (Figura 11) que poderão servir como importantes impulsionadores para que usinas de cana do estado invistam na utilização do milho também como matéria-prima para o etanol, pelo menos durante a entressafra. Considerando que o estado não produz grande volume de milho, e que a principal rota de escoamento do grão são as ferrovias indicadas no mapa, conhecer a distância das fábricas e terminais é fundamental para determinar os custos logísticos, a viabilidade e as possibilidades de desenvolvimento do setor de etanol de milho no estado.

Outra opção para que as usinas do estado de São Paulo possam originar milho para produção é por meio da utilização do modal hidroviário. Apesar de ser a menos utilizada, a Hidrovia Tietê-Paraná pode ser uma opção interessante para transportar grãos de Goiás (a partir de São Simão/GO) até Pederneiras/SP.

5.3.2 Armazenamento de Grãos

A safra de grãos brasileira de 2019/2020 foi de 257 milhões de toneladas segundo a Conab (2020b). Comparando esse número com a capacidade de armazenagem de grãos no território nacional no ano de 2019, percebe-se que é possível estocar em torno de 70% de tudo que é produzido (CONAB, 2020c).

Gráfico 30. Capacidade de Armazenagem por Estado



Fonte: elaborado pelos autores com base em Conab (2020c).

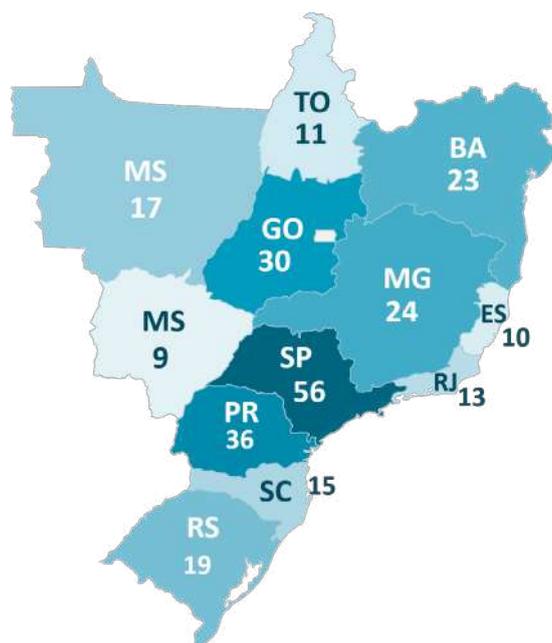
Naturalmente, a capacidade de armazenagem é maior em estados produtores de grãos e, pode-se observar no Gráfico 30, que três estados concentram quase 60% da capacidade total do país. De acordo com as entrevistas realizadas com agentes da cadeia de etanol de milho, a tendência é que se tenha uma expansão na capacidade de armazenagem nos próximos anos, devido, principalmente, a três fatores:

- Linha de crédito do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) por meio do PCA - Programa de Construção e Ampliação de Armazéns, traz maior facilidade para desenvolvimento de novos projetos com condições interessantes;
- A falta de capacidade de armazenagem é um dos maiores problemas para os produtores de grãos, e eles têm a intenção de investir em capacidade própria de armazenagem;
- Possível *boom* de produção de etanol de milho vai incentivar o investimento em novos projetos.
- Bons preços de soja, milho e algodão estimulando o investimento em armazenagem.

5.3.3 Distribuição de Combustíveis

Segundo dados da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (2020a), o estado de São Paulo concentra o maior número de filiais de empresas de distribuição do Brasil. Mesmo com essa concentração, estados como Mato Grosso, Goiás e Paraná (foco na produção de etanol de milho) também possuem um elevado número de distribuidoras, o que facilita o transporte e diminui o custo de combustível para o consumidor final. Vale ressaltar que na fase inicial, o principal mercado consumidor para o etanol de milho brasileiro é o “arco norte” e que as exportações possivelmente serão direcionadas para os portos do Norte-Nordeste.

Figura 12. Mapa do Número de Filiais de Distribuição no País



Fonte: elaborado pelos autores com base em ANP (2020a).

Dentre as quatro maiores distribuidoras do Brasil (Quadro 12), todas possuem centros de distribuição nos estados apresentados, embora nem todas tenham participação na distribuição de etanol, de acordo com os dados consultados.

Quadro 12. Participação de Mercado das Principais Distribuidoras

Participação de mercado em combustíveis	19,6%	15,6%	14,2%	2,6%
Maiores empresas de distribuição de combustíveis				
Participação de mercado em etanol	16,5%	17,5%	19,8%	-

Fonte: elaborado pelos autores com base em ANP (2020c).

5.4 Estudos de Caso

Como forma de ilustrar a atuação de algumas empresas no setor, os resultados que vêm sendo alcançados e as principais percepções e tendências na visão de cada uma delas, o presente capítulo tem o objetivo de apresentar casos na cadeia de etanol de milho brasileira e, com isso, reforçar alguns aspectos abordados até aqui. Os três estudos com usinas foram desenvolvidos com base em entrevistas com gestores das organizações e por meio da análise de dados secundários, como relatórios das empresas, sites institucionais e portais de notícias.

5.4.1 FS Fueling Sustainability

A FS é a primeira usina de etanol de milho do Brasil a atuar com o modelo *full*. A empresa nasceu da parceria de duas companhias, a Tapajós Participações e a *Summit Agricultural Group*, dos Estados Unidos, que uniram a experiência na produção de etanol do grupo americano, com o conhecimento de mercado e região da empresa brasileira. A primeira usina da companhia foi inaugurada em 2017, em Lucas do Rio Verde. A empresa já investiu mais de R\$ 2,7 bilhões com as instalações em Lucas do Rio Verde e Sorriso. Com a conclusão, a FS deve se tornar a 3ª maior empresa de etanol no Brasil, com uma produção de, aproximadamente, 4 bilhões de litros por ano.



Figura 13. Usina de Etanol de Milho da FS em Sorriso - MT



O plano de investimentos da companhia prevê um total de seis usinas *full* (Figura 14) operando no estado de Mato Grosso, ainda nesta década. A planta localizada em Lucas do Rio Verde (Mato Grosso) foi a primeira *full* etanol de milho do Brasil e a segunda planta de Sorriso (Mato Grosso) foi inaugurada em fevereiro de 2020. Esta unidade, inclusive, terá sua capacidade produtiva triplicada até março de 2021, chegando a produzir mais de 800 milhões de litros de etanol por ano. Outras quatro usinas *full* de milho estão em fase de licenciamento para início das obras. Vale ressaltar que todas as unidades estão em regiões com alta produção de milho, o que é estratégico para obtenção do grão a preços mais competitivos.

Figura 14. Localização das Unidades da FS



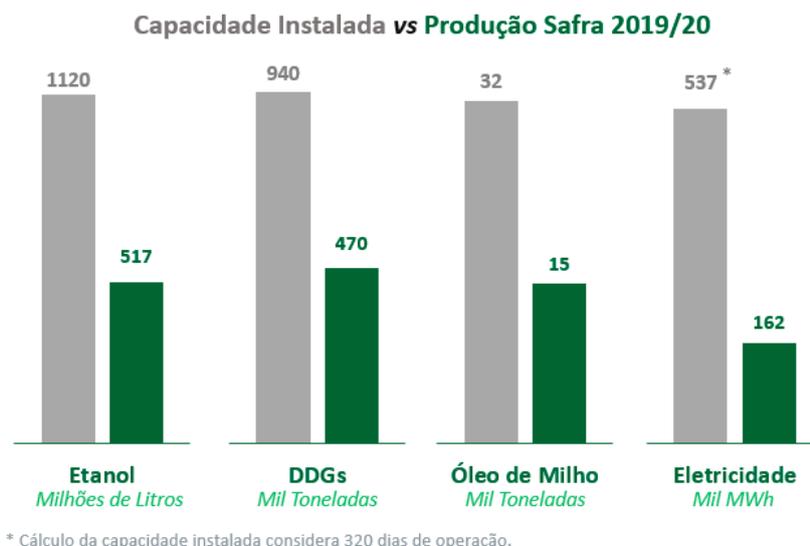
Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários e entrevistas com gestores.

O plano de expansão apresentado pela FS é, talvez, um dos maiores exemplos da confiança depositada pelas organizações no desenvolvimento da cadeia produtiva do etanol de milho no Brasil. Isso demonstra a segurança por parte dos investidores e a solidez dos resultados que serão alcançados nos próximos anos.

Com base em alguns relatórios divulgados pela FS em relação ao balanço da safra 2019/20, publicada no Relatório de Sustentabilidade Anual da empresa, foi elaborado o Gráfico 31, que ilustra os principais resultados e desempenho da companhia em relação aos produtos fabricados e comercializados no período. Na safra 19/20, foram produzidos 516,6 milhões de litros de etanol (anidro + hidratado), 469,8 mil toneladas de DDGs para nutrição animal e 15,1 mil toneladas de óleo de milho.

Outro resultado muito interessante, e que merece destaque, foi a produção de 162,1 mil MWh de energia, excedente do que foi gerado no processo industrial via biomassa, e que pode ser comercializado e disponibilizado no grid nacional como bioeletricidade.

Gráfico 31. Produção e Produtos da FS na Safra 2019/20



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários e entrevistas com gestores.

Além de ter sido considerada a maior usina produtora de etanol na safra 19/20, a FS também foi pioneira em vários temas de sustentabilidade. Em março de 2020, a FS obteve a certificação para fazer parte do RenovaBio e emitir créditos de descarbonização, chamados de CBIOS, a empresa conquistou a melhor Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) de etanol anidro e a segunda melhor para o hidratado, e optou por trabalhar com a divulgação de dados primários, que incluem a rastreabilidade das emissões agrícolas dos fornecedores de grãos. O trabalho envolvendo a equipe de sustentabilidade, desenvolvimento estratégico agrícola e originação de milho, permitiu uma abordagem qualitativa dos produtores rurais e a coleta das informações necessárias para assegurar a rastreabilidade dos grãos e o monitoramento da utilização de insumos agrícolas, comprovando o modelo produtivo eficiente e responsável da cadeia de valor. Foram envolvidos 11 produtores da cadeia, permitindo a elegibilidade de 12,5% do volume moído de milho. A empresa continua investindo no programa RenovaBio e possui metas arrojadas de aumento de elegibilidade e rastreabilidade dos fornecedores para os próximos anos.

A empresa possui também uma política interna de responsabilidade socioambiental, onde é realizado o monitoramento via satélite das fazendas originadoras de milho, biomassa e também dos clientes de nutrição animal. Cada participante passa pela avaliação de critérios específicos para cada tipo de insumo, área de plantio, região, bioma, etc.

No último ano, a empresa concluiu também uma análise de aderência dos planos de investimento aos critérios para emissão de títulos verdes (*Green Bonds*). Até a conclusão da redação deste livro, a empresa já possuía quatro operações financeiras verdes.

Para os próximos anos, a FS acredita fortemente no desenvolvimento do etanol de milho, por conta da demanda que será gerada pelo mercado. Além disso, a empresa confia em um significativo crescimento no mercado regional de milho, no Centro-Oeste, o que deverá favorecer as indústrias de etanol presentes na região, como é o caso da FS. Por fim, um último aspecto de destaque para o grupo é o da sustentabilidade do setor, que além de contribuir nas esferas econômica e social, por meio dos investimentos, também deve gerar um grande potencial para créditos verdes em programas ambientais.

5.4.2 Neomille - Cerradinho Bio

A Cerradinho Bio surgiu em 1977 com o negócio de produção de açúcar e etanol. A empresa evoluiu e começou a integrar novos negócios nos segmentos de propriedades agrícolas, logística, postos de gasolina e empreendimentos imobiliários, com as seguintes divisões:



- **Cerradinho Participações S.A. (CPAR)** - *holding* que controla as operações das demais, cobrindo os negócios e ativos da companhia nos setores citados;
- **Cerradinho Terra** - unidade agrícola e pecuária que fornece serviços agrícolas, máquinas e equipamentos em leasing e atua com propriedades rurais;
- **Cerradinho Logística** - unidade de transporte de carga, responsável pelas operações nos terminais de logística de transbordo e pelo armazenamento e distribuição de etanol;
- **Cerradinho Bio** - unidade de exploração agrícola e produção de etanol, açúcar e energia a partir da cana-de-açúcar, localizada em Chapadão do Céu - GO.

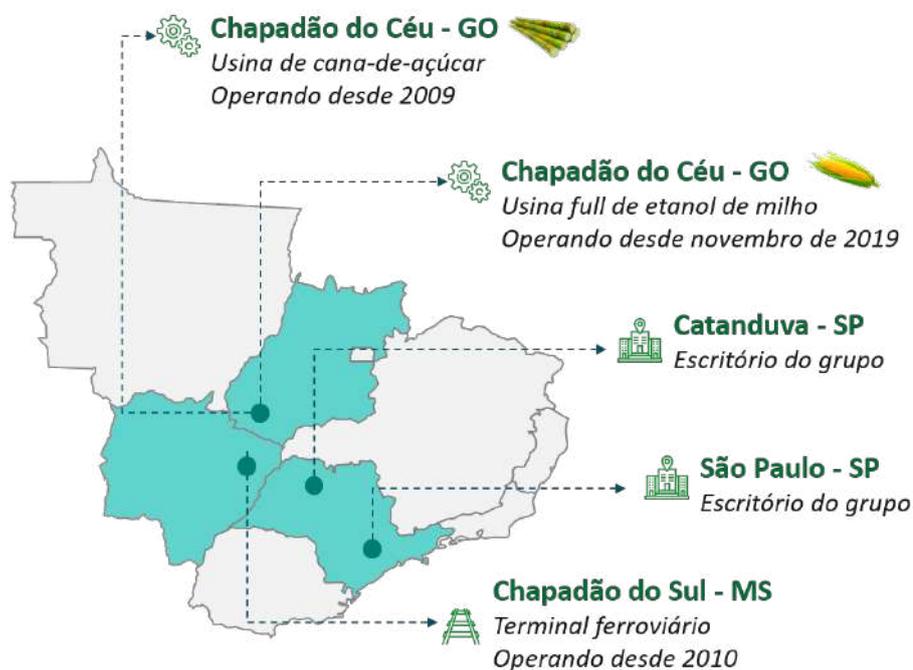
Em função das oportunidades visualizadas na cadeia do etanol de milho, a empresa realizou um investimento na construção de uma unidade, inaugurada em 2019, anexa à sua usina de cana-de-açúcar. Como consequência, o grupo optou pela criação da Neomille, subsidiária responsável pela unidade de produção de etanol de milho e seus coprodutos.

Figura 15. Usina da Cerradinho Bio em Chapadão do Céu - GO



A Figura 16 apresenta a localização das unidades de negócio e ativos do Grupo Cerradinho, bem como suas finalidades estratégicas e operacionais.

Figura 16. Localização das Unidades de Negócio do Grupo Cerradinho



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários e entrevistas com gestores.

A Cerradinho Bio passou por uma mudança estratégica entre 2009 e 2011 com a venda de usinas de cana-de-açúcar em São Paulo, contando apenas com a manutenção da unidade de Chapadão do Céu (GO), que permanece em operação. Em termos de logística, o terminal ferroviário, localizado em Chapadão do Sul (MS), recebe combustível e o transfere para vagões até Paulínia (SP).

“

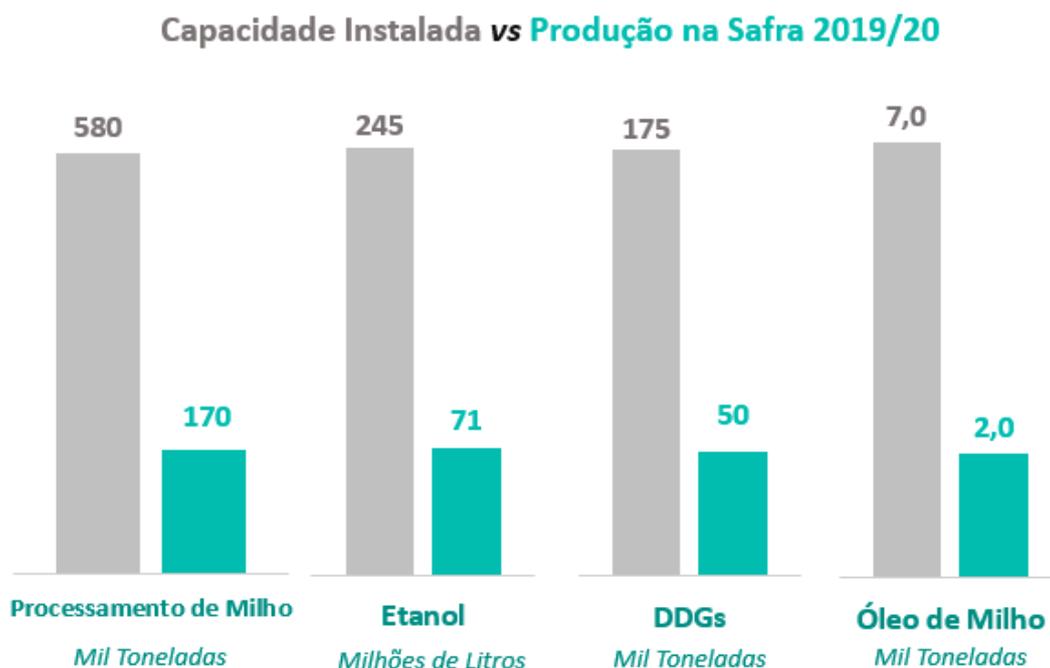
A capacidade de carga é de 1 bilhão de litros de combustível por ano ou 3.200 m³ por dia.

A construção de uma unidade independente de etanol de milho em Chapadão do Céu (GO), ao lado da planta de etanol de cana, começou em 2018. A criação do complexo busca aproveitar as sinergias com a operação de cana-de-açúcar, principalmente no uso de insumos como energia e vapor, em adição à fatores como a logística local, infraestrutura de produção, e os incentivos fiscais do governo de Goiás para o setor sucroenergético.

A unidade de produção de etanol de milho iniciou suas operações em novembro de 2019.

Em março de 2020, a empresa anunciou o cumprimento de sua meta de processamento de milho para a safra 2019/20, com um volume de 170 mil toneladas, o equivalente a 30% de sua produção na capacidade total. Não houve anúncio do volume de produção de etanol e coprodutos a partir do milho, porém é possível estimar os valores com base no rendimento médio previamente anunciado pela empresa - resultados apresentados no Gráfico 32.

Gráfico 32. *Produção e Produtos da Cerradinho Bio / Neomille*



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários e entrevistas com gestores.

A criação da subsidiária *Neomille*, em agosto de 2020, é um exemplo de movimento que representa a confiança do grupo na evolução do setor nos próximos anos. As principais percepções dos gestores da companhia estão relacionadas à profissionalização da cadeia, por meio do aperfeiçoamento de questões legais e ampliação dos incentivos fiscais. Além disso, o crescimento da produção local de milho por consequência da produção do etanol, fortalecendo negócios locais e a rentabilidade do produtor. Por último, o incentivo à programas de plantio de florestas na região de atuação, para contribuição no fornecimento de biomassa para indústria, apesar do excedente gerado com a cana-de-açúcar.

A planta de etanol da Cerradinho, a *Neomille*, contou com investimentos de R\$ 280 milhões nos últimos anos, e deve impulsionar ainda mais o desenvolvimento em suas regiões de atuação. É mais um caso para ser compartilhado.

5.4.3 SJC Bioenergia

A SJC Bioenergia surgiu de uma *joint venture* entre um participante do mercado de etanol nacional de cana-de-açúcar, a Usina São João, e uma empresa multinacional com atuação na área comercial, a Cargill, alinhando suas competências para explorar o mercado de etanol de milho. A *joint venture* foi oficializada em 2011, com uma gestão compartilhada de 50% para cada um dos sócios e parceiros do grupo, e com a finalidade de aproveitar a experiência da Cargill no comércio global de açúcar e etanol, e a conhecimento do Grupo USJ no setor sucroenergético.



A empresa possui duas unidades de produção de etanol, no estado de Goiás, sendo que um dos principais objetivos do grupo é transformar a região sul do estado em um polo de produção sustentável de alimentos e energia renovável.

Nesse contexto, a SJC Bioenergia foi mais uma empresa que voltou seus olhares para o negócio do etanol de milho, passando a investir do setor. Com isso, inaugurou sua unidade de processamento do cereal, no modelo *flex*, em 2016, anexa à uma de suas usinas de cana-de-açúcar, no município de Quirinópolis – GO.

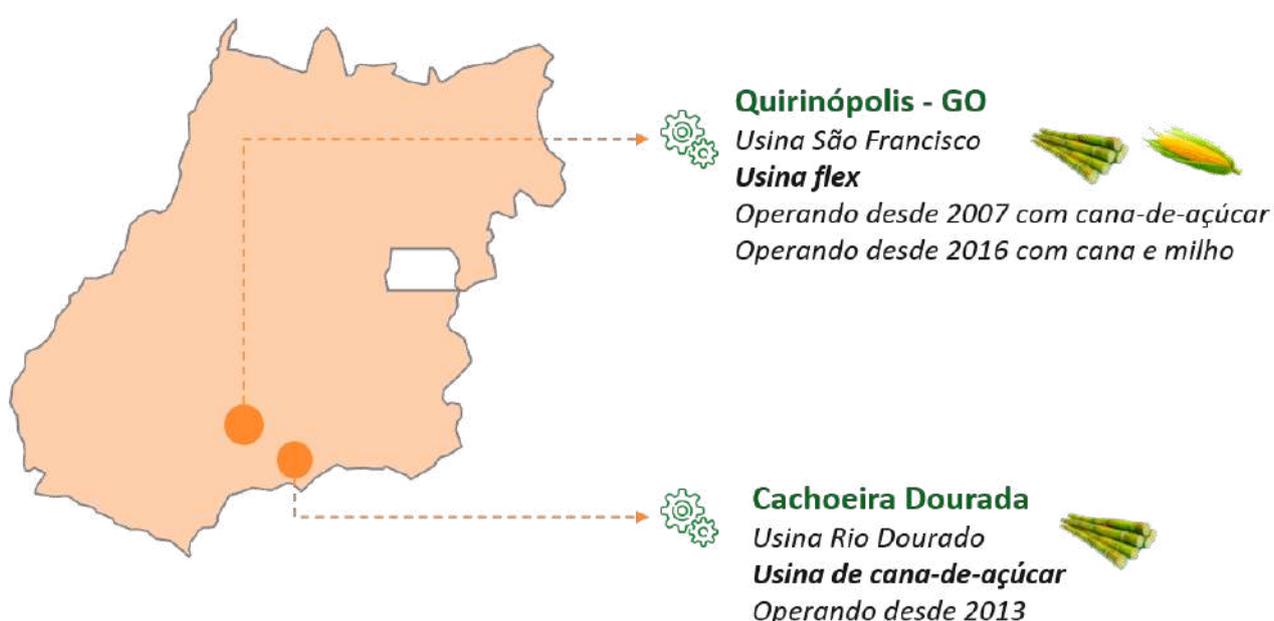
Figura 17. Usina Flex da SJC Bioenergia em Quirinópolis - GO



Instalada na unidade “São Francisco”, em Quirinópolis (GO), a usina de processamento de grãos foi implantada com o objetivo de aproveitar a capacidade industrial já instalada para a cana, aumentando a produção de etanol e gerando novos produtos com maior valor agregado. Por meio dessa iniciativa, foi possível a criação de uma linha de nutrição animal chamada *Flexy*, que conta com diversos produtos resultados da moagem do milho e produção do etanol. O investimento na planta *flex* foi de aproximadamente R\$ 180 milhões e o retorno do investimento ocorreu apenas em 1 ano e meio após o início das operações.

Além da usina São Francisco, a SJC também possui uma unidade em Cachoeira Dourada (GO), com o nome de Usina Rio Dourado, que atualmente processa apenas a cana – Figura 18.

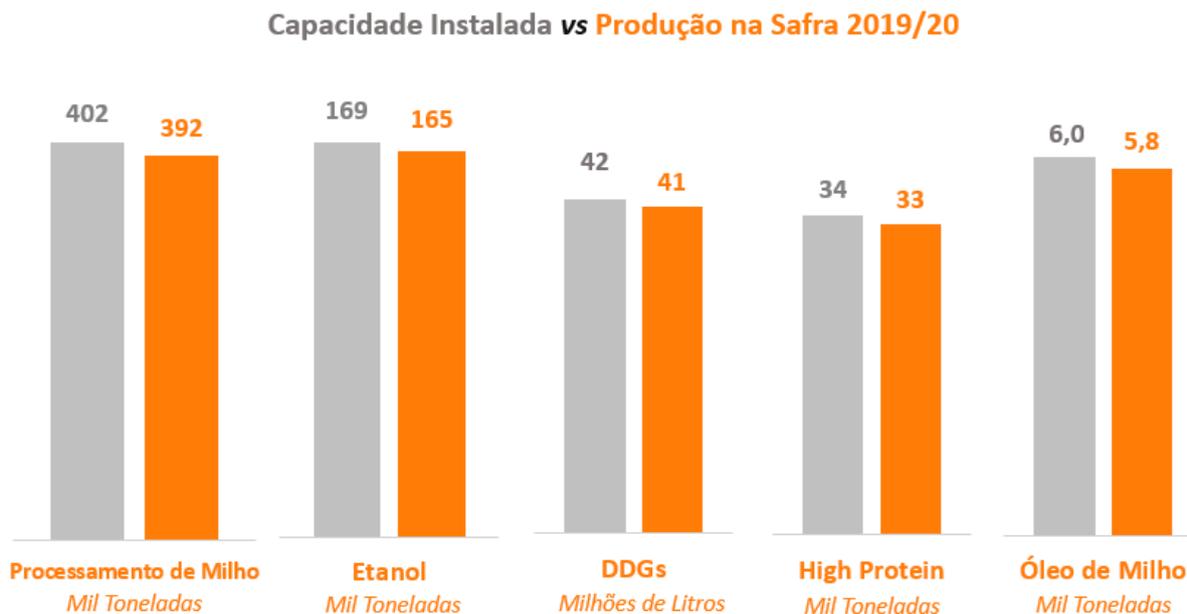
Figura 18. Localização das unidades de negócio do Grupo SJC Bioenergia



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários e entrevistas com gestores.

Segundo as informações coletadas via gestores, relatórios da empresa e plataformas digitais, em 2019, o volume diário de moagem de milho foi de 1.000 toneladas, durante o período de colheita da cana, e 1.800 toneladas na entressafra, com um total de 392.000 toneladas de milho processadas no ano, conforme apresentado no Gráfico 33. A SJC Bioenergia representa cerca de 20% da produção total de etanol no estado de Goiás, isto com apenas uma unidade produtiva em operação.

Gráfico 33. Produção e Produtos da SJC Bioenergia na Safra 2019/20



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados secundários e entrevistas com gestores.

Embora não tenham sido encontrados dados concretos da produção de alguns coprodutos, os valores apresentados no gráfico acima foram construídos com base na eficiência da indústria e dados de capacidade produtiva levantados ao longo do estudo. Os resultados impressionam, principalmente, pelo aproveitamento da capacidade produtiva da indústria ao longo do ano. A SJC tem se esforçado para aumentar o processamento de milho e diminuir a capacidade ociosa, um exemplo claro das melhorias que ainda podem ser propiciadas em outras iniciativas que integram a cadeia. Os resultados de 2019 demonstram a ótima evolução da empresa em termos de gestão industrial, que hoje possui uma parada média de apenas 16 horas por mês.

No futuro, a SJC planeja investimentos em etanol de milho também em sua segunda unidade, a Usina Rio Dourado, além de ampliar a

capacidade de produção na planta *flex* já em operação, expandindo ainda mais sua participação na produção do biocombustível. Um outro aspecto citado foi o desejo por melhorias no que tange o fornecimento e manutenção de equipamentos industriais em âmbito nacional.



O sentimento é de grande confiança por parte dos gestores da companhia, e a empresa deve continuar sendo uma das protagonistas e promotoras do etanol de milho no Brasil.

5.4.4 Inpasa Bioenergia

A Inpasa Brasil nasceu em 2018, resultado de 13 anos de experiência das já consolidadas unidades da Inpasa no Paraguai. A escolha do Brasil para a expansão de suas atividades industriais se deu pela grande demanda do mercado por biocombustíveis, aliada à expressiva produção de milho no país, além de uma alta capacidade de expansão da produção de matéria prima.

A primeira unidade no Brasil, em Sinop - MT, foi inaugurada em julho de 2019, antecipando o cronograma em aproximadamente seis meses do prazo previsto. Ainda em 2019, foi iniciado o projeto de construção da segunda planta no Brasil, na cidade de Nova Mutum - MT, distante 240 km de Sinop - MT, que entrou em operação em agosto de 2020, após as licenças de todos os órgãos competentes.



Figura 19. Usina Full da Inpasa em Nova Mutum - MT



Fonte: Inpasa Bioenergia.

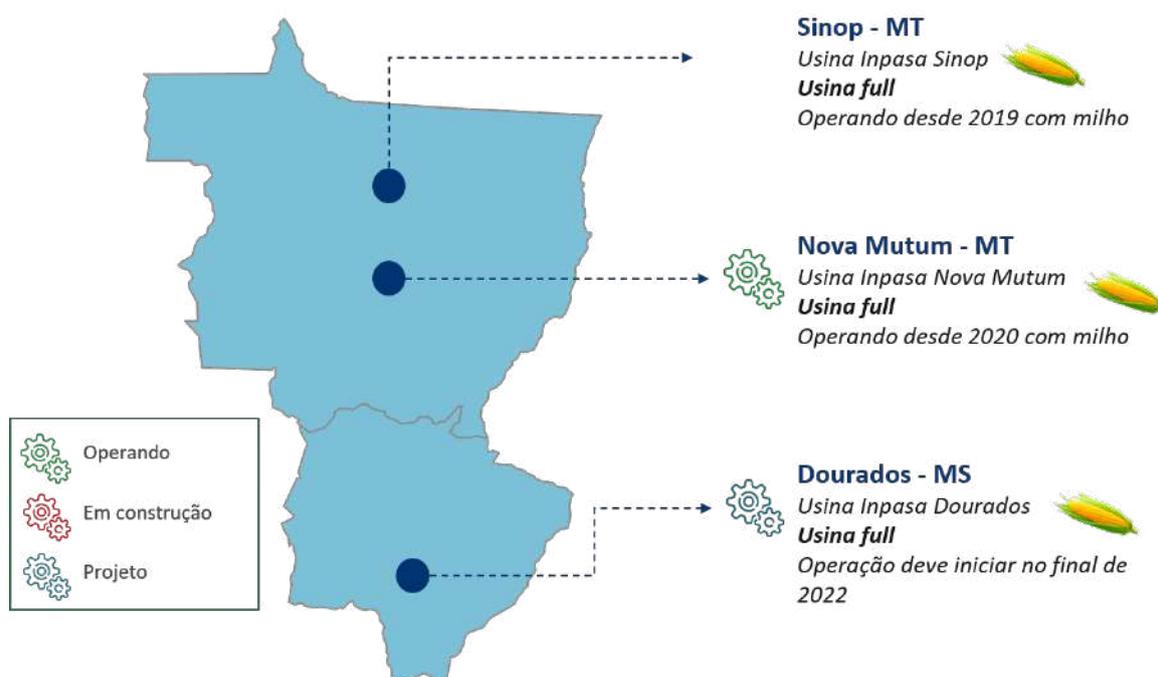
Para a construção das duas unidades, foram investidos mais de 1,5 bilhão de reais. As plantas brasileiras produzem mais de 1 bilhão de litros de etanol por ano, 570 mil toneladas de DDGs, 50 mil toneladas de óleo de milho e 580 MW de energia elétrica. A unidade de Sinop – MT está em processo de ampliação da capacidade produtiva, com previsão de incremento de 350 milhões de litros, a partir do segundo semestre de 2021. As unidades de Sinop - MT e Nova Mutum - MT já deram início ao plano de ampliação que deverá dobrar a capacidade

capacidade produtiva, sendo previsto a partir do segundo semestre de 2021 um incremento de 500 milhões de litros, chegando a 1 bilhão até o final das obras.

Mais recentemente, a companhia anunciou um projeto para construção de sua terceira unidade; a primeira usina de etanol de milho no estado do Mato Grosso do Sul. A planta ficará localizada na cidade de Dourados – MS, e contará com investimentos na casa dos R\$ 900 milhões, gerando 200 empregos diretos e outros 150 indiretos. Com uma capacidade para processamento de pouco mais de 1 milhão de toneladas de milho, a unidade demandará o correspondente à 10% do total produzido do cereal no estado. Com isso, serão fabricados anualmente 440 milhões de litros de etanol, 297 mil toneladas de DDGs e 24,7 mil toneladas de óleo de milho, além de 179.630 megawatts de eletricidade.

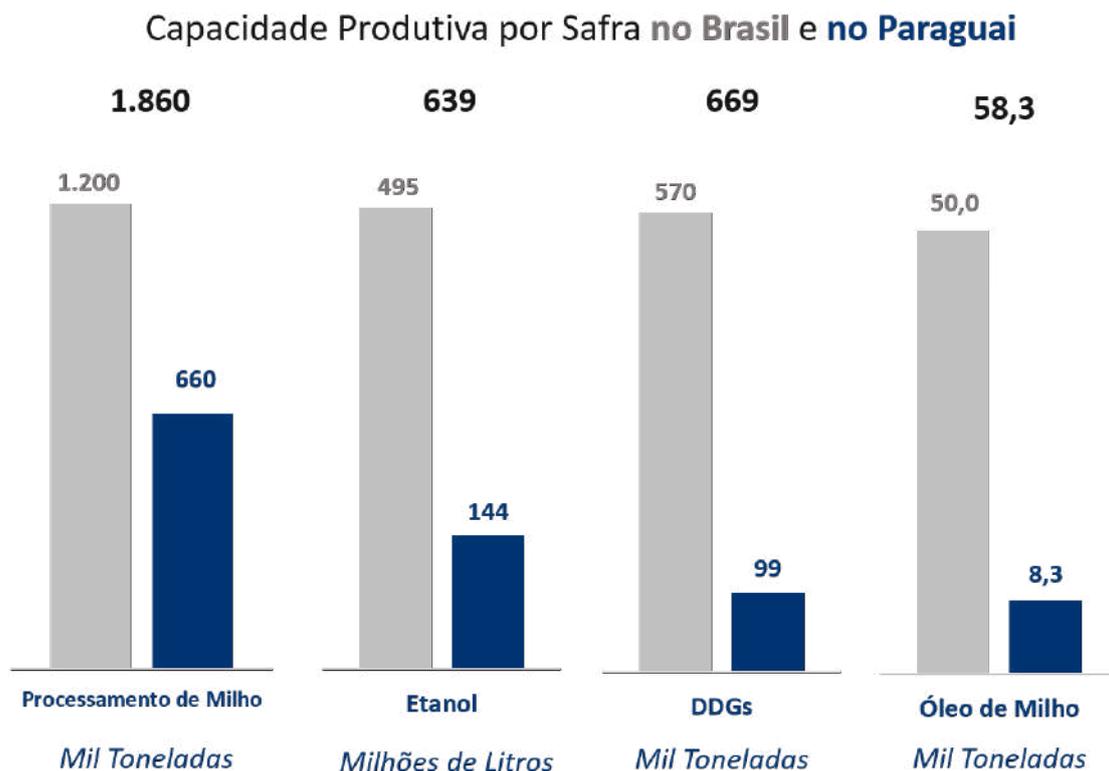
Considerando todas as unidades produtivas da Inpasa, no Brasil e no Paraguai, atualmente, o grupo é o maior produtor de etanol de cereais da América Latina. Além da cana-de-açúcar e do milho, a companhia também adota o sorgo como fonte de matéria-prima.

Figura 20. Unidades da Inpasa Bioenergia



Fonte: elaborado pelos autores com base em Inpasa e dados secundários.

Apesar de ser uma empresa de origem Paraguaia e com forte atuação no Brasil, a maior parte da capacidade produtiva do grupo se encontra no Brasil. Conforme podemos observar no Gráfico 34, a capacidade total atual de produção de etanol na Inpasa é de 639 milhões de litros por safra; destes, 77,5% está localizado no Brasil, com cerca de 495 milhões de litros. Por consequência, a capacidade de processamento de milho é também maior nas unidades do grupo em nosso país, com cerca de 1,2 milhão de toneladas anuais podendo ser demandadas do cereal. Integrando a cadeia do etanol de milho brasileiro, outros coprodutos fecham o portfólio da Inpasa, com uma capacidade total de 570 mil toneladas de DDGs e 50 mil toneladas de óleo de milho, podendo ser ofertados anualmente pela empresa.

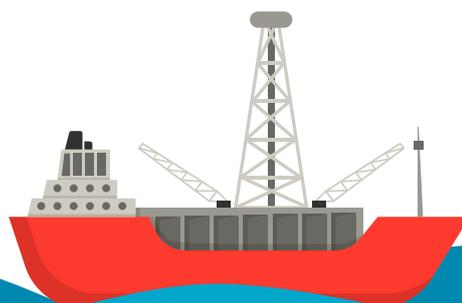


* Cálculo considera 330 dias de operação. Para o óleo, a premissa foi de 12,5 kg por tonelada de milho.

Fonte: elaborado pelos autores com base em Inpasa e dados secundários.

Em dezembro de 2019, a Inpasa Brasil protagonizou um marco para a indústria brasileira com o embarque do primeiro navio de DDGs, 27,5 mil toneladas, que foram levadas do Porto de Paranaguá à Inglaterra pelo *Interlink Acuity*. O fato tem grande importância no processo de abertura para novos mercados consumidores, e foi um grande episódio para a cadeia do etanol de milho brasileiro.

Com mais de 750 colaboradores, e contribuindo para a geração de outros 3 mil empregos indiretamente, a Inpasa Bioenergia é hoje um dos mais importantes participantes na cadeia do etanol de milho brasileiro, e seus resultados tem motivado novos negócios e investimentos. A atuação com o bicomcombustível no Brasil é hoje a principal estratégia e *core* da companhia, e não teremos nenhuma surpresa se novos projetos ou estudos forem anunciados, já nos próximos anos.



A stylized green leaf shape is centered on a yellow background. Inside the leaf, there are several golden-yellow corn cobs. A large, dark green, stylized letter 'O' is positioned on the left side of the leaf, partially overlapping the text.

A Sustentabilidade da Cadeia do Etanol de Milho no Brasil

E

mbora a produção de etanol de milho segunda safra seja algo relativamente recente no Brasil, já existem estudos que demonstram a sustentabilidade do biocombustível (MOREIRA et al., 2020; ANP, 2021; e MILANEZ et al., 2014).

Um importante diferencial do etanol de milho no Brasil é a prevalência de cultura de 2ª safra, que reduz os impactos negativos dos biocombustíveis na produção de alimentos e emissões, podendo inclusive ter impactos benéficos nesses temas. Tal diferencial é demonstrado tanto por abordagens quantitativas, que estimaram emissões negativas (absorção de carbono), como pelas abordagens de gestão de risco.

Do ponto de vista quantitativo já há evidências que a expansão de etanol, de milho de 2ª safra pode ajudar a estocar carbono no solo e na vegetação, além de gerar benefícios econômicos para a região onde a indústria se instala (MOREIRA et al. 2020). Resultados em progresso reforçam ao demonstrar maior concentração de carbono no solo e maior rentabilidade de insumos agrícolas quando sistemas soja/milho são adotados.

Como visto anteriormente, medidas estão sendo adotadas em nível internacional para diminuir os efeitos induzidos indesejáveis ao tempo que se possa estimular práticas mais sustentáveis. As abordagens de avaliação de gerenciamento de risco têm sido cada vez mais consideradas, inclusive na RED II, RenovaBio e no próprio CORSIA.

O relatório do IPCC (2018), lista estratégias para reduzir efeitos indesejáveis dos biocombustíveis quanto ao desafio de uso da terra. Práticas agrícolas como crescimento exponencial de produtividade, uso de áreas não utilizadas, rotação de culturas e uso de resíduos diminuem os riscos indesejáveis. O etanol de milho 2ª safra tem tais atributos (crescimento exponencial de produtividade, rotação de culturas acúmulo de carbono no solo, redução da degradação do solo) e, dessa maneira, tem grande possibilidade de contribuição para redução de pressões sobre o uso da terra.

Além dos benefícios do milho de 2ª safra, as emissões do processamento de do etanol (responsáveis por boa parte das emissões nos Estados Unidos) são baixas no Brasil devido ao uso de biomassa renovável como combustível. O etanol de milho brasileiro, nas condições atuais, tem uma capacidade de mitigação que pode chegar a 90% em comparação à gasolina, dependendo da metodologia utilizada.

Nesse sentido, e após a abordagem de diversas informações relevantes da cadeia do etanol de milho brasileiro, nossa contribuição final, no presente capítulo, será abordar alguns desses aspectos, com base nos resultados alcançados ou mesmo pelo modelo de integração e complementariedade proposto pelo setor. Em linha com a proposta do capítulo inicial de “Orientação para Sustentabilidade no Agronegócio”, a Figura 21 resume os principais aspectos de sustentabilidade do etanol de milho, e seus argumentos de embasamento.

Figura 21. Aspectos de Sustentabilidade do Etanol de Milho Brasileiro



Fonte: elaborado pelos autores.

Em face do contexto apresentado, abordaremos na sequência cada um desses aspectos, apresentando os principais argumentos observados ao longo da elaboração do presente material, e que sustentam o posicionamento sustentável do setor. São eles:

1 Modelo de Economia Circular: a produção do etanol de milho permite que novos produtos sejam gerados ao longo do processo produtivo. Os DDGs e o Óleo Vegetal são os principais coprodutos do processo, sendo que o primeiro é destinado para ração animal, de alto valor proteico. A geração do DDGs favorece o mercado local da pecuária, o que, por sua vez, pode contribuir no aumento no fornecimento do esterco (ou resíduos animais) proveniente da atividade para a fertilidade das lavouras. O DDGs é competitivo em comparação com a ração convencional (baseada em milho e farelo de soja). Além disso, é um produto importante para a estabilidade financeira e contribui

para o “*food vs fuel*” (e iLUC). De acordo com as entrevistas realizadas com profissionais da área industrial, em alguns casos, o processo de produção de energia gera excedente, que pode ser comercializado com a rede de eletricidade nacional; esses argumentos demonstram o quanto o conceito de economia circular tem se fortalecido em função do setor, com melhor aproveitamento de recursos, otimização de processos e geração de novos produtos.

2 Estímulo no Consumo do Etanol: conforme apresentado ao longo do livro, as indústrias de etanol de milho têm se concentrado especialmente no Centro-Oeste, com destaque para os estados de Mato Grosso e Goiás. Historicamente, algumas dessas regiões não apresentam volumes elevados de produção do etanol, o que interfere no preço final do biocombustível ao consumidor, em função da necessidade de transporte e logística do produto. A produção local possibilita a otimização da distribuição de combustíveis e permite que melhores preços sejam praticados para o etanol, o que estimula o consumidor no uso dessa fonte – consideravelmente mais sustentável do que a gasolina. Em um outro momento, a produção do etanol de milho nos períodos de entressafra da cana-de-açúcar favorece o abastecimento e os estoques do combustível durante o ano, o que mais uma vez causa interferência nos preços e favorece o uso em diversas regiões do país.

3 Geração de Empregos e Desenvolvimento: na visão de economia local, a continuidade das operações industriais ao longo do ano, em função da utilização do milho como matéria-prima na entressafra, favorece a manutenção de empregos que eram antes desnecessários nesse período; Outro destaque para esse aspecto, especialmente nas regiões de expansão do setor, é a criação de novos postos de trabalho, incentivando a geração de renda por meio de oportunidades de atuação direta ou indireta; o aumento na renda da população, ou mesmo as demandas operacionais da indústria, fortalecem os negócios locais e possibilitam a criação de novas empresas e novas soluções para atender as demandas que estão sendo apresentadas; todos esses fatores resultam em um aumento relevante nas arrecadações de impostos pelo Estado, permitindo, com isso, novos investimentos e o desenvolvimento local e regional.

4 Otimização dos Ganhos da Indústria: grande parte das usinas de cana-de-açúcar permanece sem operação industrial por 1/3 do ano (entressafra). A adoção do modelo *flex* permite que essas empresas processem o milho nesse período, o que diminui a ociosidade da indústria e contribui na diluição dos custos fixos da companhia. Além disso, essa medida proporciona um aumento na capacidade produtiva da usina, que com maior volume produzido, terá maior lucratividade; outro ponto relevante na visão econômica de sustentabilidade é o da possibilidade de ter o milho como fonte alternativa de matéria-prima, a depender de questões técnicas e/ou mercadológicas relacionadas ao cultivo da cana-de-açúcar; por fim, destaca-se a agregação de valor aos coprodutos gerados na atividade industrial, o que, em conjunto com os demais pontos apresentados, proporciona aumento de eficiência, lucratividade e permite o desenvolvimento sustentável da organização.

5 Integração ao RenovaBio: as usinas de etanol de milho podem se integrar ao programa RenovaBio. Este é um aspecto extremamente positivo do ponto de vista de sustentabilidade, uma vez que a adoção ao programa deve posicionar a indústria como protagonista do processo de rastreabilidade do milho e de boas práticas de produção, em vista dos parâmetros do programa. Essas medidas favorecem substancialmente a proteção de áreas de florestas e uso de recursos naturais, ao passo que possibilitam um aumento na eficiência produtiva do setor de forma limpa e responsável. Como consequência desse processo, as vendas de CBIOS pelas usinas devem fortalecer as fontes de arrecadação dessas empresas, proporcionando maiores investimentos e fortalecendo os biocombustíveis no mercado nacional.

6 Estímulo a Outras Cadeias Produtivas: o crescimento do setor deve favorecer, ainda, o desenvolvimento de outras cadeias produtivas, como a de produção animal e sistemas agroflorestais, devido ao estímulo às florestas plantadas. A alta oferta regional de DDGs, e os possíveis esforços em prol da pecuária, frente ao universo de oportunidades criadas, tende a avigorar os indicadores de eficiência e produtividade para as carnes – maior produtividade significa menor demanda por área de produção; na visão de culturas agrícolas, esse aspecto também vale para o aumento da área plantada e a produção em 2ª safra, devido aos melhores preços oferecidos pelas usinas. Além de aumentar a rentabilidade do produtor rural e a produção do cereal, esse fato também favorece a predominância de cultivo nesse período, expandindo os espaços para outras culturas agrícolas durante a 1ª safra, e aliviando as pressões existentes entre o uso de áreas para produção de combustíveis ao invés de alimentos (*food vs fuel*); por fim, novos investimentos em armazenagem de grãos devem ser impulsionados, contribuindo na solução de um gap que há muito tempo prejudica a comercialização e o preços finais ao consumidor.

7 Reduções das emissões de GEE: a pegada de carbono do etanol de milho no Brasil é baixa. Evidências científicas recentes mostram uma pegada variando 25,9g CO₂e/MJ. a 4,5g CO₂e/MJ. No Programa RenovaBio, a intensidade de carbono do etanol de milho brasileiro, pertencente a usina FS é de 16,3 gCO₂e/MJ e 16,7 gCO₂e/MJ (anidro e hidratado, respectivamente). Até o momento, essa empresa registra a melhor nota para o etanol anidro do Programa. De modo geral pode-se dizer que a performance se assemelha às melhores usinas de cana-de-açúcar (ANP, 2021).

8 Milho 2ª Safra Protege o Solo: diferente do etanol de milho americano, o etanol de milho 2ª safra tem tais atributos (crescimento exponencial de produtividade, rotação de culturas, acúmulo de carbono no solo e redução da degradação) e, dessa maneira, tem grande possibilidade de contribuição para redução de pressões sobre o uso da terra.

Dentro do contexto do desenvolvimento sustentável e mitigação de gases de efeito estufa a expansão da produção do etanol de milho brasileiro vem como uma alternativa complementar para atingir as metas propostas pelo Brasil no Acordo de Paris. Apesar da história recente, a tecnologia dominante nos Estados Unidos, quando adaptada às condições do território brasileiro, obtém benefícios ambientais significativos. Por isso, é inevitável não reconhecer o modelo referência em termos de sustentabilidade que tem se instalado em nosso país, por meio do etanol de milho.



Levar o conhecimento em relação à cadeia do etanol de milho brasileiro aos olhos de quem a desconhece é algo essencial para contribuir com o seu desenvolvimento. Foi o que buscamos fazer por meio do presente material, deixando nossa singela contribuição para que esse objetivo seja alcançado. Hoje, o acervo sobre essa cadeia fica um pouco maior com as ideias e dados compartilhados neste livro.



Referências



ABIMILHO. **Oferta e Demanda do Milho no Brasil**. 2021. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 02 fev. 2021.

ALVES, E. E. C.; BARBOSA, G. G.; RIBEIRO, R. A. **Mudanças nos objetivos energéticos e política externa brasileira: os biocombustíveis no Brasil de 2003 a 2012**. Revista de Estudos Internacionais, v. 9, n. 1, p. 26-46, 2018.

ANP. **Preços**. 2020b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos?view=default>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

ANP. **ANP anuncia medidas para garantir a continuidade do abastecimento e para inibir preços abusivos dos combustíveis**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/noticias/4497-anp-anuncia-medidas-para-garantir-a-continuidade-do-abastecimento-e-para-inibir-precos-abusivos-dos-combustiveis>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ANP. **RenovaBio**. 2019b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

ANP. **Dados estatísticos. 2020a**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

ANP. **Relação de Distribuidores, Bases, Cessão de Espaço, Contrato de Fornecimento, Quotas e Entregas**. 2020c. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/distribuicao-e-revenda/distribuidor/combustiveis-liquidos/relacao-dos-distribuidores-bases-cessoes-de-espaco-contrato-de-fornecimento-quotas-e-entregas>>. Acesso em: 07 abr. 2020.

ANP. **Anuário Estatístico 2019**. 2019a. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2019/2019-anuario-versao-impresao.pdf>>. Acesso em: 18 abril 2020.

ANP. **Lei nº 13.576, Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências**. 2021. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-federal/leis/2017&item=lei-13.576--2017>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

B3. **Séries Históricas de Renda Fixa**. 2020. Disponível em: <http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/renda-fixa/>. Acesso em: 07 fev. 2021.

BANSAL, P. **The Corporate Challenges of Sustainable Development**. Academy of Management Journal, v. 16, n. 2, p. 122-131, 2002.

BRASIL, **Governo do**. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. a/Res/70/1, p. 1-49, 2015.

BERALDO, P. **Na Índia, Objetivo é Transformar Etanol em Commodity Global**. 2020. Estadão Online. Disponível em: <<https://internacional.estadao.com.br/noticias/geral,na-india-objetivo-e-transformar-etanol-em-commodity-global,70003164450>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

BIOFUELS DIGEST. **The Digest's Biofuels Mandates Around the World**. 2019. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2019/01/01/biofuels-mandates-around-the-world-2019/bd-ts-010219-mandates-21/>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

BOTHAST, R. J.; SCLICHER, M. A. **Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol**. Appl. Microbiol. Biotechnol, v. 67, p. 19-25, 2005.

CAVALETT, O.; CHAGAS, M. F.; SEABRA, J. E. A.; BONOMI, A. **Comparative LCA of ethanol versus gasoline in Brazil using different LCIA methods**. International Journal of Life Cycle Assessment, v. 18, n. 3, p. 647-658, 2013.

CHADDAD, F. **The Economics and Organization of Brazilian Agriculture**. Academic Press. 2016.

COLLOTTA, M.; CHAMPAGNE, P.; TOMASONI, G.; ALBERTI, M.; BUSI, L.; MABEE, W. **Critical indicators of sustainability for biofuels: An analysis through a life cycle sustainability assessment perspective**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 115, n. October 2018, p. 109358, 2019.

COMEX STAT. **Estatísticas de Comércio Exterior**. 2021. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em 07 fev. 2021.

CONAB. **Diagnóstico da Produção de Etanol no Mato Grosso: Binômio Cana-de-Açúcar/Milho**. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/download/23896_1344a9acf94c0f58ed38861594a44bb3>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CONAB. **Preços Agrícolas, da Sociobio e da Pesca**. 2021b. Disponível em: <<http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>>. Acesso em 07 fev. 2021.

CONAB. **Série Histórica das Safras**. 2021a. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

CONAB. **Série Histórica de Armazenagem**. 2020c. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/armazenagem/serie-historica-da-armazenagem>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

CONAB. **Tabela de Levantamento - Boletim de Cana-de-Açúcar de 23/04/20**. 2020a. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 03 mai. 2020.

CONAB. **Tabela de Levantamento - Boletim de Grãos de 10/09/20**. 2020b. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 15 set. 2020.

DONKE, A. C. G.; NOGUEIRA, A. R.; MATAI, P.; KULAY, L. **Environmental and energy performance of ethanol production from the integration of sugarcane, corn, and grain sorghum in a multipurpose plant**. Resources, v.6, 2017.

DYLLICK, T.; HOCKERTS, K. **Beyond the business case for corporate social responsibility**. Business Strategy and the Environment, v. 11, p. 130-141, 2002.

EEA. **Still insufficient progress in making transport fuels more climate friendly, latest EEA data show.** 2020. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/highlights/still-insufficient-progress-in-making>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

EIA. **International Energy Outlook 2019 with projections to 2050.** 2019. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

ELKINGTON, J. **Partnerships from Cannibals with Forks: The Triple bottom line of 21st-Century Business.** Environmental Quality Management, p. 37–51, 1998.

EMBRAPA. **Caminhos da Safra.** 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/macrologistica/caminhos-da-safra>>. Acesso em: 24 junho 2020.

EPE. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto: 2020-2030.** 2019b. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/cenarios-oferta-etanol-e-demanda-ciclo-otto>>. Acesso em: 08 abril 2020.

EPE. **Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2020-2030.** 2019a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-331/topico-505/Demanda_Ve%C3%ADculos_Leves_2020_2030.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2020.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029.** 2020. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=a18d104e-4a3f-31a8-f2cf-382e654dbd20&groupId=36189>. Acesso em: 05 set. 2020.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. **The sustainability of ethanol production from sugarcane.** Energy Policy, v. 36, n. 6, p. 2086-2097, 2008.

GUIMARÃES, G. M. A. **Agronegócio, Desenvolvimento E Sustentabilidade: Um Estudo De Caso Em Rio Verde – GO.** p. 173, 2010.

HAHN, T.; PINKSE, J.; PREUSS, L.; FIGGE, F. **Tensions in Corporate Sustainability: Towards an Integrative Framework.** Journal of Business Ethics, v. 127, n. 2, p. 297–316, 2014.

ICAO. **Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSA).** 2020. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSA/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

IEA. **World Energy Outlook 2019.** 2019. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

IMEA. **Clusters de Etanol de Milho em Mato Grosso.** IMEA - Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária. 2017.

IMEA. **Indicadores do Milho.** 2020. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/imea-site/indicador-milho>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

IPCC. **Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels.** In Press, 2018.

JAMALI, D. **Insights into Triple Bottom Line Integration from a Learning Organization Perspective.** Business Process Management, v. 12, n. 6, p. 809–821, 2015.

LIEW, W. H.; HASSIM, M. H.; NG, D. K. S. **Review of Evolution, Technology and Sustainability Assessments of Biofuel Production.** Journal of Cleaner Production, v. 71, p. 11–29, 2014.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. **Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020.** Biomass and Bioenergy, v. 32, n. 7, p. 582-595, 2008.

MANOCHIO, C.; ANDRADE, B. R.; RODRIGUEZ, R. P.; MORAES, B. S. **Ethanol from Biomass: A Comparative Overview.** Renewable and Sustainable Energy Review, v.80, p. 743-755, 2017.

MAPA. **Brasil 2019/20 a 2029/30: Projeções de Longo Prazo.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio_2019_20-a-2029_30.pdf>. Acesso em: 08 set. 2020.

MAYER, F. D.; BRONDANI, M.; CARRILLO, M. C. V.; HOFFMANN, R.; LORA, E. S. L. **Revisiting Energy Efficiency, Renewability, and Sustainability Indicators in Biofuels Life Cycle: Analysis and Standardization Proposal.** Journal of Cleaner Production, v. 252, 2020.

MDIC. **Avaliação do Impacto do Programa Inovar-Auto.** 2019. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/InovarAuto/Avaliacao_de_Impacto_-_Inovar-Auto.pdf>. Acesso em: 05 set. 2020.

MELO, M. C. R. **Políticas Públicas Brasileiras de Biocombustíveis: Estudo Comparativo entre os Programas de Incentivos à Produção, com Ênfase em Etanol e Biodiesel.** 83 f. Dissertação (Mestrado em Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

MELO, A. S.; SAMPAIO, Y. S. B. **Impactos dos Preços da Gasolina e do Etanol sobre a Demanda de Etanol no Brasil.** Revista de Economia Contemporânea, v. 18, n. 1, p. 56-83, 2014.

MILANEZ, A. T.; NYKO, D.; VALENTE, C. E. O.; KULAY, L. A.; DONKE, A. C. G.; MATUURA, M. E. da S. F.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; BONOMI, A. M. F. L. J.; CAPITANI, D. H. D.; CHAGAS, M. F.; CAVALETT, O.; GOUVÊIA, V. L. R. de. **Produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política.** Rev. do BNDES, v. 41, p. 147-208, 2014.

MORAES, M. L.; BACCHI, M. R. P. **Etanol: do Início às Fases Atuais de Produção.** Revista de Política Agrícola, v. 23, n. 4, p. 5-22, 2014.

MOREIRA, M. R.; SEABRA, J. E. A.; LYND, L. R.; ARANTES, S. M.; CUNHA, M. P.; GUILHOTO, J. J. M. **Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil.** Nature Sustainability, v.8, 2020.

MUNCK, L.; SOUZA, R. B. **Competence Management and Corporate Sustainability: Searching for an Analytic Path.** Revista Eletrônica Gestão e Sociedade, v. 3, n. 6, p. 254–288, 2009.

NEVES, M. F.; VINICIUS GUSTAVO TROMBIN. **Foodpairing: A Key to Generation Z.** International journal of the fruit processing, p. 126–127, 2017.

NEVES, M. F., KALAKI, R. B., RODRIGUES, J. M., & GRAY, A. W. **Strategic Planning and Management of Food and Agribusiness Chains: The Chainplan Method (Framework)**. 2019. *Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, 21(4), 628–646. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v21i4.4012>.

NOH, H. M.; BENITO, A.; ALONSO, G. **Study of the Current Incentive Rules and Mechanisms to Promote Biofuel use in the EU and their Possible Application to the Civil Aviation Sector**. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 46, p. 298-316, 2016.

NOVACANA. **As Usinas de Açúcar e Etanol do Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.novacana.com/usinas_brasil>. Acesso em: 12 mar. 2020.

OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029**. 2020. Disponível em: <<https://www.oecd.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-19991142.htm>>. Acesso em: 06 set. 2020.

PEREIRA, W.; de PAULA, N. **As Políticas Públicas Federais de Fomento ao Etanol de Segunda Geração no Brasil e Estados Unidos: Uma Análise Comparativa**. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 13, n. 3, p. 140-163, 2017.

PEREIRA, L. G.; CAVALETT, O.; BONOMI, A.; ZHANG, Y.; WARNER, E.; CHUM, H. L. **Comparison of Biofuel Life-Cycle GHG Emissions Assessment Tools: The Case Studies of Ethanol Produced from Sugarcane, Corn and Wheat**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 110, n. April, p. 1–12, 2019.

PETLJAK, K.; ZULAUF, K.; STULEC, I.; SEURING, S.; WAGNER, R. **Green Supply Chain Management in Food Retailing: Survey-Based Evidence in Croatia**. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2018.

PLEVIN, R. J.; DELUCCHI, M. A.; CREUTZIG, F. **Using Attributional Life Cycle Assessment to Estimate Climate-Change Mitigation Benefits Misleads Policy Makers**. *Journal of Industrial Ecology*, v. 18(1), p. 73-83, 2014.

ROSA, M. R. de; KNUDSEN, T.; HERMANSEN, J. E. **A Comparison of Land Use Change Models: Challenges and Future Developments**. *Journal of Cleaner Production*, v. 113, p. 183–193, 2015.

SALA, S. **Triple Bottom Line, Sustainability and Sustainability Assessment, an Overview**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.

SCOT CONSULTORIA. **DDG e WDG: Relatório Quinzenal da Scot Consultoria**. 2020. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/todas-noticias/53437/ddg-&-wdg---relatorio-quinzenal-scot-consultoria.htm>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

SEABRA, J. E. A.; MACEDO, I. C.; CHUM, H. L.; FARONI, C. E.; SARTO, C. A. **Life Cycle Assessment of Brazilian Sugarcane Products: GHG Emissions and Energy Use**. *Biofuels. Bioproducts and Biorefining*, v.5, p. 519-532, 2011.

SEARCHINGER, T.; HEIMLICH, R.; HOUGHTON, R. A.; DONG, F.; ELOBEID, A.; FABIOSA, J.; TOKGOZ, S.; HAYES, D.; YU, T. **Use of US Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change**. *Science*, v. 319, p. 1238-1240, 2018.

SILVA, A. L. da; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. **Macro-environment Analysis of the Corn Ethanol Fuel Development in Brazil**. 2021 Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120306754>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

SILVA, H. J. T. da; SANTOS, P. F. A.; NOGUEIRA JUNIOR, E. C.; VIAN, A. E. de F. **Aspectos Técnicos e Econômicos da Produção de Etanol de Milho no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1567>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

SINDALCOOL. **Resumo da Safra**. 2021. Disponível em: <http://www.sindalcool-mt.com.br/mostra_arquivo.php?arquivo=25>. Acesso em: 07 fev. 2020.

SINDIPEÇAS. **Relatório da Frota Circulante**. 2020. Disponível em: <https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2020/RelatorioFrotaCirculante_Abril_2020.pdf>. Acesso em: 05 set. 2020.

SNPAA. **Site Institucional**. 2020. Disponível em: <<https://www.alcool-bioethanol.net/en/>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

SORDA, G.; BANSE, M.; KEMFERT, C. **An Overview of Biofuel Policies Across the World**. Energy Policy, v. 38, n. 11, p. 6977–6988, 2010.

SRIVASTAVA, S. K. **Green Supply-Chain Management: A State-Of-The-Art Literature Review**. International Journal of Management Reviews, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2007.

TIAMMEE, S.; LIKASIRI, C. **Sustainability in Corn Production Management: A Multi-Objective Approach**. Journal of Cleaner Production, v. 257, p. 120855, 2020.

TIRADO, M. C.; COHEN, M. J.; ABERMAN, N.; MEERMAN, J.; THOMPSON, B. **Addressing the Challenges of Climate Change and Biofuel Production for Food and Nutrition Security**. Food Research International, v. 43, n. 7, p. 1729–1744, 2010.

UDOP. **Consulta de Usinas e Destilarias no Mundo**. 2020. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/index.php?item=unidades>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

UNEM. **Apresentação Morgan Stanley**. Fuel Panel – Morgan Stanley. São Paulo, 2018.

UNEM. NOLASCO, G. **Brazil Corn Ethanol Production to Jump 86pc: Unem**. [Entrevista concedida a Argus]. Site institucional, Notícias, Janeiro, 2020.

UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2009/28/ce do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009**. 2008. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

UNIÃO EUROPEIA. **Pacto Ecológico Europeu**. 2020. Disponível em: <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt>. Acesso em: 07 fev. 2021.

UNICA. **Oferta de CBios Deve Ficar 15pc Acima da Meta de 2020**. 2020. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/oferta-de-cbios-deve-ficar-15-acima-da-meta-de-2020/>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

UNICA. **Observatório da Cana: Acompanhamento de Safra**. 2021. Disponível em: <<https://observatoriodacana.com.br/>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

WALTER, A.; GALDOS, M. V.; SCARPARE, F. V.; LEAL, M. R. L. V.; SEABRA, J. E. A.; CUNHA, M. P.; PICOLI, M. C. A.; OLIVEIRA, C. O. F. de. **Brazilian Sugarcane Ethanol: Developments so far and Challenges for the Future**. WIREs Energy Environ, v.3, p.70-92, 2014.

WIESENTHAL, T.; LEDUC, G.; CHRISTIDIS, P.; SCHADE, B.; PELKMANS, L.; GOVAERTS, L.; GEORGOPOULOS, P. **Biofuel Support Policies in Europe: Lessons Learned for the Long Way Ahead**. Renewable Sustainable Energy Review, v. 13, p. 789–800, 2009.

