



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA (PROPE)
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU (CPGSS)
ESCOLA DE DIREITO, NEGÓCIOS E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM
DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL (MDPT)

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO SETOR
SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE GOIÁS**

MATEUS RESENDE OLIVEIRA

GOIÂNIA
ABRIL– 2023

MATEUS RESENDE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO SETOR
SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Acadêmico em Desenvolvimento e Planejamento Territorial (MDPT), da Escola de Direito, Negócios e Comunicação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-Goiás), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Planejamento Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pasqualetto.

GOIÂNIA
ABRIL – 2023

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Fonte - Sistema de Bibliotecas da PUC Goiás

O48a Oliveira, Mateus Resende

Avaliação da sustentabilidade do setor sucroenergético no Estado de Goiás / Mateus Resende Oliveira. -- 2023.

134 f.: il.

Texto em português, com resumo em inglês. Dissertação (mestrado)

-- Pontifícia Universidade

Católica de Goiás, Escola de Direito, Negócios e Comunicação, Goiânia, 2023.

Inclui referências: f. 105-112.

1. Cana-de-açúcar - Goiás (Estado). 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Indicadores ambientais. I. Pasqualetto, Antônio - 1966. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Planejamento Territorial - 27/04/2023. III. Título.

CDU: 633.61:631.145(043)

631.95(043)

MATEUS RESENDE OLIVEIRA

**AValiação da Sustentabilidade do Setor Sucroenergético
NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, defendida e aprovada em 27 de abril de 2023 pela Banca Examinadora constituída pelo(as) professor(as):

ANTONIO
PASQUALETTO
:46410678053

Assinado de forma digital
por ANTONIO
PASQUALETTO:4641067805
3
Dados: 2023.04.28 13:47:29
-03'00'

Dr. Antônio Pasqualetto
Orientador / PUC Goiás



Documento assinado digitalmente

GABRIEL BARROS GONCALVES DE SOUZA
Data: 28/04/2023 20:14:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Gabriel Barros Gonçalves de Souza
Examinador externo / UNIFACS

JEFERSON DE CASTRO
VIEIRA:19574614115

Assinado de forma digital por JEFERSON
DE CASTRO VIEIRA:19574614115
Dados: 2023.05.03 08:24:06 -03'00'

Dr. Jeferson de Castro Vieira
Examinador interno - PUC Goiás

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares; em especial, à minha mãe, Mara Luci Rezende Oliveira, ao meu pai, João Carlos de Oliveira, e à minha irmã, Marília Resende Oliveira, pelo amor, motivação, incentivo e apoio.

Ao Prof. Dr. Antônio Pasqualetto, meu orientador, pelo apoio, disponibilidade e auxílio para a realização deste trabalho.

Às discentes do mestrado Amanda Silva Diniz e Marini Mirelli Camargo Teixeira pela amizade.

À Pontifícia Universidade Católica de Goiás e ao corpo Docente do Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial pela oportunidade e apoio durante o projeto.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pelo financiamento dado para o desenvolvimento dos estudos.

RESUMO

A área canavieira goiana concentra-se na região sul do estado, sobretudo nas microrregiões do Sudoeste, as quais incluem Quirinópolis, Meia Ponte e Vale do Rio dos Bois. Assim, a expansão da área de monocultura canavieira do Cerrado em Goiás engloba um paradigma de mobilidade moldado pela circulação de mercadorias, capitais e trabalhadores. À vista disso, a direção da expansão é a mesma da fronteira agrícola do Cerrado na década de 1970, e os impactos ambientais diretos e indiretos dessa expansão não foram devidamente considerados em escala mais detalhada. Em contrapartida, sem regulamentação e planejamento adequados, a expansão do cultivo de cana-de-açúcar no estado pode ter impactos negativos significativos sobre a biodiversidade, os recursos hídricos e os serviços ambientais e ecossistêmicos. Objetivou-se ao reunir dados para analisar a expansão da cultura no Estado de Goiás, analisar os impactos causados pela cadeia produtiva e avaliar a sustentabilidade do setor no estado. Na metodologia utilizada, foram obtidos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia e Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos, no período de 1980 a 2020, para entender como se deu o processo de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Estado de Goiás. Foi observado que o processo se otimizou em meados dos anos 2000. Conjuntamente, também fora utilizada uma revisão bibliográfica em artigos científicos, teses, dissertações, manuais e documentos governamentais que abordam o assunto da expansão e dos impactos causados pelo cultivo da cultura, visto que o setor sucroenergético provoca impactos tanto nas esferas econômica, social e ambiental. Constata-se que a cultura da cana-de-açúcar tem impacto na economia do país, pois possui uma grande agroindústria em todas as regiões do Brasil, gerando empregos diretos e indiretos. Dessa forma, é importante mapear quais são os impactos que o setor afeta nas esferas socioeconômica e ambiental, pois o sistema de produção da cana-de-açúcar e seu processamento são bastante complexos e abrangentes devido à longa e diversificada ocupação do território brasileiro existente. Para tornar o cultivo da cana-de-açúcar sustentável, é necessário um planejamento de médio e longo prazo. Por essa razão, é imprescindível pensar no modelo de desenvolvimento tecnológico utilizado pelo setor. Em decorrência desta discussão foram empregados dois métodos para avaliar a sustentabilidade do setor no Estado resultante na criação de um cenário da sustentabilidade da produção e da expansão. O primeiro método, o Barômetro de Sustentabilidade, avalia a sustentabilidade da expansão da cultura no estado, através de indicadores de sustentabilidade. E o segundo método, “Método Sustenta-Cana” desenvolvido por Cardoso (2013) avalia a sustentabilidade do sistema de produção do setor nas dimensões ambiental, agrícola/industrial, social, produtos/subprodutos, tecnológica e política. Os resultados demonstraram que o setor sucroenergético em Goiás caminha nos moldes da sustentabilidade obtendo saldos positivos em ambos os métodos aplicados, tanto na expansão da cultura quanto no sistema produtivo.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Desenvolvimento Sustentável, Indicadores Ambientais.

ABSTRACT

The sugarcane area in Goiás is concentrated in the southern region of the state, especially in the micro-regions of the Southwest, which include Quirinópolis, Meia Ponte and Vale do Rio dos Bois. Thus, the expansion of the Cerrado sugarcane monoculture area in Goiás encompasses a paradigm of mobility shaped by the circulation of goods, capital and workers. In view of this, the direction of expansion is the same as the agricultural frontier of the Cerrado in the 1970s, and the direct and indirect environmental impacts of this expansion were not properly considered on a more detailed scale. On the other hand, without adequate regulation and planning, the expansion of sugarcane cultivation in the state can have significant negative impacts on biodiversity, water resources, and environmental and ecosystem services. The objective was to gather data to analyze the expansion of culture in the State of Goiás, analyze the impacts caused by the productive chain and evaluate the sustainability of the sector in the state. In the methodology used, data were obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics, Union of the Sugarcane and Bioenergy Industry and Mauro Borges Institute of Statistics and Socioeconomic Studies, from 1980 to 2020, to understand how the process took place. expansion of sugarcane cultivation in the State of Goiás. It was observed that the process was optimized in the mid-2000s. Together, a bibliographical review was also used in scientific articles, theses, dissertations, manuals and government documents that address the subject of expansion and the impacts caused by the cultivation of the crop, since the sugar-energy sector causes impacts both in the economic, social and environmental spheres. It appears that the sugarcane culture has an impact on the country's economy, as it has a large agroindustry in all regions of Brazil, generating direct and indirect jobs. Therefore, it is important to map the impacts that the sector affects in the socioeconomic and environmental spheres, since the sugarcane production system and its processing are quite complex and comprehensive due to the long and diversified occupation of the existing Brazilian territory. To make sugarcane cultivation sustainable, medium and long-term planning is necessary. For this reason, it is essential to think about the technological development model used by the sector. As a result of this discussion, two methods were used to assess the sustainability of the sector in the State resulting in the creation of a scenario of sustainability of production and expansion. The first method, the Sustainability Barometer, assesses the sustainability of crop expansion in the state, through sustainability indicators. And the second method, "Sustenta-Cana Method" developed by Cardoso (2013) evaluates the sustainability of the sector's production system in the environmental, agricultural/industrial, social, products/by-products, technological and political dimensions. The results showed that the sugar-energy sector in Goiás walks along the lines of sustainability, obtaining positive balances in both applied methods, both in the expansion of the culture and in the productive system.

Keywords: Sugarcane, Sustainable Development, Environmental Indicators.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – A AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA EXPANSÃO NO ESTADO DE GOIÁS.....	18
Figura 1 – Localização do Estado de Goiás no mapa do Brasil.....	25
Figura 2 – Fluxograma da pesquisa e triagem dos artigos obtidos nas plataformas de pesquisa SciELO e periódicos CAPES até o ano de 2022.....	27
Figura 3 – Periódicos das publicações de artigos selecionados.....	28
Figura 4 – Artigos que abordam expansão da cana-de-açúcar no Brasil e em Goiás conforme buscas nas bases de dados.....	28
Figura 5 – Estado de Goiás e as microrregiões, localizando as agroindústrias cadastradas no Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás – SIFAEG.....	31
CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE GOIÁS.....	38
Figura 1 - Fluxograma da pesquisa e triagem dos artigos obtidos nas plataformas de pesquisa SciELO e periódicos CAPES até o ano de 2022.....	44
Figura 2 – Periódicos das publicações de artigos selecionados.....	45
Figura 3 – Diferença entre Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade.....	53
CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO EM GOIÁS.....	59
Figura 1 - Estado de Goiás.....	66
Figura 2 - Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando os níveis da avaliação.....	67
Figura 3 – Posição de Goiás no Barômetro de Sustentabilidade em relação a expansão da cana-de-açúcar.....	75
Figura 4 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Ambiental.....	77
Figura 5 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Ambiental do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	78
Figura 6 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Social do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	80

Figura 7 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Social do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	80
Figura 8 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Agrícola/Industrial do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	81
Figura 9 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Agrícola/Industrial do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	82
Figura 10 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Produtos/Subprodutos do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	83
Figura 11 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Produtos/Subprodutos do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	84
Figura 12 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Tecnológica do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	85
Figura 13 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Tecnológica do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	85
Figura 14 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Política do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	86
Figura 15 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Política do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	87
Figura 16 - Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando a posição das agroindústrias do Estado de Goiás em relação a sustentabilidade do sistema produtivo...	90
Figura 17 – Posição do Estado de Goiás em relação a sustentabilidade do sistema de produção da cana-de-açúcar no Barômetro de Sustentabilidade.....	99

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1 – A AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA EXPANSÃO NO ESTADO DE GOIÁS.....	19
Quadro 1 – Moagem da cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol nas principais regiões produtoras do Brasil entre as safras de 1980 a 2020.....	22
Quadro 2 – Área Plantada X Área Colhida de cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil entre as safras de 1980 a 2020.....	23
Quadro 3 – Banco de Dados utilizados para a formulação da discussão.....	30
Quadro 4 – Agroindústrias cadastradas no Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás no ano de 2022.....	31
Quadro 5 – Área Cultivada com cana-de-açúcar por microrregião do Estado de Goiás – safra 2014 / 2015 & 2019 / 2020.....	34
Quadro 6 – Moagem da cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol no Estado de Goiás entre as safras de 1980 a 2020.....	35
Quadro 7 – Produção agrícola (toneladas) no Estado de Goiás no período de 1980 a 2020.....	36
Quadro 8 – Área colhida (hectares) dos produtos agrícolas no Estado de Goiás no período de 1980 a 2020.....	37
CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE GOIÁS.....	39
Quadro 1 – Artigos selecionados conforme a pergunta interesse: “Quais impactos ambientais que o setor sucroenergético desempenha no meio e o papel dos indicadores de sustentabilidade para tornar o setor mais sustentável? ”.....	46
Quadro 2 – Principais impactos da cana-de-açúcar que ocorrem na esfera ambiental – Fator do Meio Físico-Químico.....	49
Quadro 3 – Principais impactos da cana-de-açúcar, que ocorrem na esfera ambiental – Fator Meio Biótico.....	51
Quadro 4 – Principais impactos da cana-de- açúcar que ocorrem nas esferas social e econômica.....	52
Quadro 5 – Listagem dos impactos ambientais ocasionadas pelas atividades das agroindústrias do Estado de Goiás.....	53

Quadro 6 – Indicadores de Sustentabilidade utilizados no setor sucroenergético.....	59
Quadro 7 – Indicadores de Sustentabilidade utilizados no setor sucroenergético.....	59

CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO EM GOIÁS.....61

Quadro 1 – Principais métodos de avaliação de sustentabilidade.....	65
Quadro 2 – Cana-de-açúcar: quantidade produzida, valor da produção, área plantada e colhida e rendimento médio.....	69
Quadro 3 – Descrição das Dimensões para avaliação no método do Barômetro de Sustentabilidade.....	70
Quadro 4 – Descrições dos indicadores e fontes de pesquisa para obtenção dos dados do método Barômetro de Sustentabilidade no setor sucroenergético em Goiás.....	70
Quadro 5 – Escalas do Barômetro de Sustentabilidade.....	72
Quadro 6 - Escala Likert e seus respectivos fatores de ponderação atribuídos.....	73
Quadro 7 - Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando os níveis da avaliação.....	75
Quadro 8 – Descrição das Dimensões para avaliação no Método Sustenta-Cana.....	76
Quadro 9 – Escalas definidas para os indicadores e escala do Barômetro de Sustentabilidade para avaliação da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar no Estado de Goiás.....	77
Quadro 10 - Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Ambiental do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	81
Quadro 11 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Social do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	83
Quadro 12 –Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Agrícola/Industrial do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	85
Quadro 13 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Produtos/Subprodutos do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	87
Quadro 14 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Tecnológica do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	89
Quadro 15 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Política do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	90

Quadro 16 – Pesos finais dos indicadores das Dimensões Ambiental, multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	91
Quadro 17 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Ambiental e Social multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	91
Quadro 18 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Social e Agrícola / Industrial multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	91
Quadro 19 - Pesos finais dos indicadores das Dimensão Agrícola / Industrial multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	91
Quadro 20 – Pesos finais dos indicadores das Dimensões Agrícola / Industrial e Produtos / Subprodutos multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	92
Quadro 21 – Pesos finais dos indicadores das Dimensões Produtos / Subprodutos, Tecnológica e Política multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	92
Quadro 22 – Variação dos valores das dimensões do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	92
Quadro 23 - Indicadores validados e avaliados nas respectivas dimensões com o limiar de sustentabilidade e com a medida de manejo do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.....	93
Quadro 24 - Classificação final das dimensões avaliadas segundo o Barômetro de Sustentabilidade para o Estado de Goiás.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	- Área de Preservação Permanente
ABC	- Programa de Agricultura de Baixo Carbono
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BS	- Barômetro de Sustentabilidade
C	- Carbono
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	- Comissão de Ética e Pesquisa
CMMAD	- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CO	- Monóxido de Carbono
CONAB	- Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
FAPEG	- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás
HC	- Gases Hidrocarbonetos
HPA	- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IAA	- Instituto do Açúcar e do Alcool
Índice ATR	- Indicador <i>Average True Range</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMB	- Instituto Mauro Borges
ISE	- Índice de Sustentabilidade Empresarial
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
ISCana	- Índice Sustenta-Cana
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC	- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
N	- Nitrogênio
NBR	- Norma Brasileira
NOx	- Óxidos de Nitrogênio
ODS	- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	- Organização das Nações Unidas
PIB	- Produto Interno Bruto
PNDU	- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRÓALCOOL	- Programa Nacional do Alcool
SIFAÇÚCAR	- Sindicato da Indústria de Fabricação de Açúcar do Estado de Goiás
SIFAEG	- Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás

SciELO	- <i>Scientific Electronic Library Online</i>
TCRA	- Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental
UDOP	- União Nacional da Bioenergia
UNICA	- União da Indústria de Cana-de-Açúcar
USDA	- <i>United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
CAPÍTULO 1 – A AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA EXPANSÃO NO ESTADO DE GOIÁS.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 Contextualização da expansão da cana-de-açúcar no Brasil.....	20
3 METODOLOGIA.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Triagem dos artigos científicos.....	28
4.2 A expansão da cana no estado de Goiás.....	30
4.3 A Cana-de-açúcar e as culturas de grãos em Goiás.....	36
5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	38
CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE GOIÁS.....	39
1 INTRODUÇÃO.....	40
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	41
2.1 Cana-de-açúcar: Produtos e Subprodutos.....	41
2.2 Expansão do Setor Sucroenergético.....	42
3 METODOLOGIA.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Relato da busca bibliográfica.....	45
4.2 Análise de impactos ambientais.....	48
4.2.1 Impactos Ambientais no Setor Sucroenergético no Estado de Goiás.....	53
4.3 Indicadores de Sustentabilidade.....	55
5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	60
CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO EM GOIÁS.....	61
1 INTRODUÇÃO.....	62
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	63
2.1 O uso de indicadores de sustentabilidade no setor sucroenergético.....	63

2.2 Principais métodos para avaliação de sustentabilidade.....	65
2.2.1 Método do Barômetro de Sustentabilidade.....	67
2.2.2 Método Sustenta-Cana.....	68
3 METODOLOGIA.....	68
3.1 Caracterização da área de estudo.....	68
3.2 Métodos de avaliação de Indicadores de Sustentabilidade.....	70
3.2.1 Método do Barômetro de Sustentabilidade.....	70
3.2.2 Método Sustenta-Cana.....	73
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
4.1 Avaliação da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar no Estado de Goiás.....	77
4.2 Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção da cana-de-açúcar no Estado de Goiás.....	79
4.2.1 Aplicação do Método Sustenta-Cana.....	79
4.2.2 Aplicação do Método Barômetro de Sustentabilidade.....	99
5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	102
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
REFERÊNCIAS.....	105
APÊNDICES.....	113

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos produtos gerados na agricultura brasileira, a cana-de-açúcar obtém destaque devido ao seu potencial produtivo. A cana-de-açúcar é uma das culturas mais antigas do Brasil e seu cultivo passou por diversas etapas. Na safra de 2020/2021, o Brasil ocupava o primeiro lugar entre os países com maiores índices de produção (USDA, 2021). Deste modo, o país é o mais importante em termos de área que ocupa no país devido à importância de seus produtos como açúcar e etanol, fonte alternativa e renovável de biocombustíveis. Mas a cana-de-açúcar tem mais do que apenas esses produtos: bioeletricidade a partir da palha e do bagaço; e, mais recentemente, a possibilidade de produzir etanol de segunda geração. O setor sucroenergético nacional está se beneficiando das atuais políticas nacionais de estímulo à produção de biocombustíveis e passa por um novo ciclo de expansão à medida que os mercados externos se abrem e aceitam o açúcar e o álcool brasileiros.

Dessa maneira, os avanços do agronegócio acarretam uma série de riscos e impactos ambientais, principalmente no solo, na água e no ar, que podem repercutir na biodiversidade, nos recursos hídricos, na qualidade do solo e do ar e na saúde humana. Portanto, é necessário discutir o agronegócio e suas atividades no país, apontar e avaliar os impactos negativos associados às suas atividades (GOMES, 2019).

No entanto, é extremamente importante analisar, avaliar e mensurar os impactos ambientais e socioeconômicos da expansão da cana-de-açúcar de forma integrada para indicar se o desenvolvimento da cana-de-açúcar é sustentável, portanto, para tornar a cana-de-açúcar sustentável, é necessário um planejamento de médio e longo prazo. Para ajudar nessa análise, uma ferramenta muito interessante é o uso de métricas para avaliações complexas. Especialistas acreditam que o setor sucroenergético é um dos mais complexos da cadeia produtiva da cana-de-açúcar aos seus diversos produtos e subprodutos. Essa complexidade também tem um grande impacto na pesquisa e no planejamento da indústria (CARDOSO, 2013).

A expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Centro-Oeste é, em princípio, uma alternativa técnica e economicamente viável, mas dadas as condições de sustentabilidade e em áreas de significativa importância ambiental, social e econômica, decorrentes da mudança da dinâmica de uso do solo associada ao risco de impacto (FERRAZ; SIMÕES; DUBREUIL, 2013). Desse modo, devido a esta forte expansão do setor, há a necessidade de avaliar a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva e fornecer informações, para que

possam ser feitos planejamentos e tomada de decisões que otimizem os processos com sustentabilidade.

Cabe referenciar, no entanto, que o processo do setor sucroenergético tem sido claramente orientado por fatores ambientais, econômicos e logísticos, dentre os quais, destaca-se a topografia favorável, a adequada aptidão dos solos, menor custo relativo da terra, incentivos fiscais, localização das agroindústrias e a infraestrutura instalada (SILVA; MIZIARA, 2011).

Sendo assim, o objetivo geral deste estudo é o de avaliar a sustentabilidade do setor sucroenergético no Estado de Goiás. Os objetivos específicos são: (i) analisar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Goiás no recorte temporal de cinco em cinco anos do período de 1980 a 2020; (ii) discutir acerca dos impactos sociais, econômicos e ambientais do setor sucroenergético, com enfoque na sustentabilidade; e (iii) avaliar a sustentabilidade do setor através da sua expansão e seu sistema produtivo.

Com este propósito, esta dissertação está estruturada em três capítulos, a saber: O primeiro capítulo (Artigo Publicado: *International Journal of Business Administration*) busca demonstrar a expansão e a evolução do setor sucroenergético em Goiás, evidenciando as microrregiões do estado, através de dados sobre a área cultivada, a área colhida, a produtividade e a produção no período de 1980 a 2020, onde foi possível mapear e analisar o avanço das áreas da cultura da cana-de-açúcar, bem como a instalação das agroindústrias.

O segundo capítulo, com base em uma revisão sistemática da literatura científica, tem a finalidade de desenvolver uma análise teórica acerca dos impactos: sociais, econômicos e ambientais da agroindústria canavieira ao todo de sua cadeia produtiva, focando na discussão de sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e a importância dos indicadores de sustentabilidade para o setor sucroenergético, trazendo o foco para a análise desses impactos no Estado de Goiás.

O terceiro capítulo apresenta a avaliação da sustentabilidade da cultura da cana-de-açúcar no Estado de Goiás através da aplicação de dois métodos de avaliação: o primeiro, método do Barômetro de Sustentabilidade, aplicado por Guimarães, Turetta e Coutinho (2010), com o uso de indicadores de sustentabilidade, avalia a sustentabilidade da expansão da cultura; e o segundo intitulado “Método Sustenta-Cana” desenvolvido por Cardoso (2013) para avaliar a sustentabilidade nas dimensões ambiental, agrícola/industrial, social, produtos/subprodutos, tecnológica e política do sistema de produção de cana-de-açúcar.

CAPÍTULO 1 – A AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA EXPANSÃO NO ESTADO DE GOIÁS

Resumo

A cana-de açúcar é uma importante cultura no Brasil. O objetivo desta pesquisa foi avaliar as áreas de expansão da cultura da cana, em especial no estado de Goiás, de maneira a contribuir com compreensão do agronegócio sucroenergético. Para tal, foram obtidos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia e outras fontes, no período de 1980 a 2020. Foi observado que no cerrado, em especial nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, ocorre a expansão das áreas de cana-de-açúcar, desde o final do século passado, mas que se otimizou em meados dos anos 2000. Estas, localizam-se predominantemente na região sul de Goiás, particularmente nas microrregiões sudoeste, Quirinópolis, Meia Ponte e Vale do Rio dos Bois. Um fato a se destacar é que a expansão se dá preferencialmente em áreas de cultivo de grãos e suplementarmente de pastagem, em solos e férteis e com emprego de tecnologia.

Palavras-chave: Setor Sucroenergético, Ocupação do solo, Centro-Oeste.

Abstract

Sugar cane is an important crop in Brazil. The objective of this research was to evaluate the areas of expansion of the sugarcane culture, especially in the state of Goiás, in order to contribute to the understanding of the sugar-energy agribusiness. For this purpose, data were obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics and the Union of the Sugarcane and Bioenergy Industry and other sources, from 1980 to 2020. It was observed that in the cerrado, especially in the states of Goiás and Mato Grosso do Sul, there has been an expansion of sugarcane areas since the end of the last century, but which was optimized in the mid-2000s. These are located predominantly in the southern region of Goiás, particularly in the southwest micro-regions, Quirinópolis, Meia Ponte and Vale do Rio dos Bois. A fact to be highlighted is that the expansion takes place preferably in areas of grain cultivation and additionally of pasture, in fertile soils and with the use of technology.

Keywords: Sugarcane sector, Occupation, Midwest.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar é destinada principalmente para a produção de açúcar e etanol, o que não deixa de ser obtido outros produtos e subprodutos (cachaça artesanal, doces e forragens para tratar animais), sendo esses, realizados em maior parte por pequenos produtores.

Em termos de área plantada, o estado de Goiás é o segundo no ranking com 971.6 mil hectares, dos maiores produtores de cana-de-açúcar do país, sendo o primeiro lugar do estado de São Paulo, o terceiro de Minas Gerais e em quarto lugar o estado de Mato Grosso do Sul. A produção da monocultura nesses quatro estados somou mais de 547.8 milhões de toneladas, sendo só o estado de Goiás responsável pela colaboração de 74.1 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2021).

As áreas de expansão da monocultura de cana-de-açúcar no cerrado goiano abrangem o paradigma da mobilidade formado pelos fluxos de mercadorias, capitais e trabalhadores. O objetivo deste trabalho foi analisar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, com ênfase especial à Agroindústria de produção canieira no estado de Goiás durante o período de 1980 a 2020.

A metodologia é baseada em levantamentos de dados e informações qualitativas e quantitativas. Por esta razão foram analisados o avanço das áreas de cultivo da cana-de-açúcar, como também a instalação de usinas e a produção sucroenergética.

A estrutura deste artigo é composta de Introdução onde se aborda o problema e definem-se os objetivos, Revisão de literatura com a “Contextualização da expansão da cana-de-açúcar no Brasil”, Metodologia onde se definem os procedimentos da pesquisa, Resultados e Discussão divididos em tópicos, o primeiro abordando a “Triagem de artigos científicos” e o segundo “Expansão da cana no estado de Goiás” e o terceiro “A cana-de-açúcar e as culturas de grãos em Goiás”. Por fim, são feitas as Conclusão e Referências consultadas para o desenvolvimento deste estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Contextualização da expansão da cana-de-açúcar no Brasil

Em muito a história do Brasil se cruza com a história da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) no país, marcado por fatos relevantes sobre a expansão do setor sucroenergético (MATOS; MARAFON, 2020). O surgimento da cultura se inicia praticamente com a história colonial do país. Tendo sido difundida a partir do ano de 1532 nas capitanias de São Vicente (hoje São Paulo), Pernambuco, Paraíba do Sul (hoje norte Fluminense) e, em seguida para os demais estados, e no século XVI e XVII fora considerada a principal riqueza do país (CARDOSO, 2013).

A combinação de clima, solo e cultivar a cana-de-açúcar determina a produtividade da cultura. No Brasil, a cana-de-açúcar é produzida em quase todo o país, com quantidades que chegam a milhares de reais, principalmente na região sudeste. Além da resistência a herbívoros e doenças, a produtividade está diretamente relacionada à seleção de variedades adequadas, precipitação, temperatura e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; mas o planejamento agrícola é fundamental para a alta produtividade das culturas (NOCELLI et al., 2017).

Para atingir a máxima produtividade, é necessário adequar o manejo da cultura ao conhecimento dos padrões de crescimento de cada variedade e das características ambientais para que o estágio de desenvolvimento máximo coincida com períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar (KEATING et al., 1999; STONE et al., 1999).

O Brasil tem duas safras diferentes, de abril a novembro na região Centro-Sul e de setembro a março na região Nordeste, possibilitando a produção de etanol durante a maior parte do ano (NOCELLI et al., 2017). No Brasil, a cana-de-açúcar destina-se principalmente para produção de açúcar e etanol, podendo ser obtidos também outros produtos, como a cachaça artesanal, doces e forragens para tratar animais, sendo estas, realizadas em sua maioria por pequenos agricultores (PEREIRA; BARRETO, 2020).

A afirmação da indústria alcooleira como de interesse nacional, ocorre em 1942, estando acompanhada por demandas de incentivos governamentais, que, surgem apenas em 1975, com a instituição do Programa Nacional do Alcool – PROÁLCOOL, como resposta do governo brasileiro à crise do petróleo de 1973 e do açúcar em 1975. Que se tratava de um programa federal de incentivo à produção de álcool para uso como combustível automotivo, que gerou a expansão do cultivo da cana-de-açúcar na forma de monocultura (BARDALHO et al., 2013).

Enquanto a expansão da fronteira agrícola consequente do Sul-Sudeste redireciona ao centro do país, a região Sudeste, em particular o estado de São Paulo,

transformava áreas agrícolas e pecuárias, já consolidadas com a produção de grãos, algodão e gado, à monocultura da cana-de-açúcar, essa conversão só foi plausível por causa da aplicação de substanciais incentivos do programa federal denominado PROÁLCOOL (1975-1979) (CASTRO et al., 2010).

No Quadro 1 constam os dados de moagem da cana-de-açúcar e produção de açúcar e álcool na Região Centro-Sul, Região Norte-Nordeste e a somatória demonstrando a evolução entre as safras de 1980 até 2020 no Brasil.

Quadro 1 – Moagem da cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol nas principais regiões produtoras do Brasil entre as safras de 1980 a 2020.

SAFRA		ETANOL (m³)				TOTAL
		CANA (mil toneladas)	AÇÚCAR (mil toneladas)	ANIDRO	HIDRATADO	
1980 / 1981	Região Centro-Sul	83.432	5.253	1.823	1.233	3.056
	Região Norte-Nordeste	40.248	3.001	283	368	650
	Brasil	123.681	8.254	2.105	1.601	3.706
1985 / 1986	Região Centro-Sul	163.37	4.834	2.813	6.986	9.799
	Região Norte-Nordeste	59.804	3.199	383	1.647	2.030
	Brasil	223.178	8.033	3.196	8.633	11.829
1990 / 1991	Região Centro-Sul	170.195	4.509	1.088	8.620	9.708
	Região Norte-Nordeste	52.235	2.857	199	1.608	1.807
	Brasil	222.429	7.365	1.287	10.229	11.515
1995 / 1996	Região Centro-Sul	204.383	10.185	2.588	8.256	10.844
	Região Norte-Nordeste	44.547	3.328	421	1.346	1.767
	Brasil	248.930	13.513	3.009	9.602	12.611
2000 / 2001	Região Centro-Sul	207.099	12.643	4.802	4.262	9.064
	Região Norte-Nordeste	49.718	3.554	818	709	1.527
	Brasil	256.818	16.198	5.621	4.971	10.592
2005 / 2006	Região Centro-Sul	336.783	22.015	7.275	7.036	14.311
	Região Norte-Nordeste	48.345	3.808	791	718	1.509
	Brasil	385.129	25.823	8.067	7.754	15.821
2010 / 2011	Região Centro-Sul	556.945	33.501	7.413	17.971	25.385
	Região Norte-Nordeste	63.464	4.505	910	1.082	1.992
	Brasil	620.409	38.006	8.323	19.053	27.370
2015 / 2016	Região Centro-Sul	617.709	31.221	10.643	17.581	28.225
	Região Norte-Nordeste	49.115	2.616	1.017	991	2.008
	Brasil	666.824	33.837	11.661	18.572	30.232
2020 / 2021	Região Centro-Sul	605.462	38.465	9.688	20.675	30.363
	Região Norte-Nordeste	51.970	3.038	959	1.181	2.140
	Brasil	657.433	41.503	10.647	21.856	32.503

Fonte: ÚNICA 2022, adaptado pelo autor.

No Quadro 2 constam os dados de área plantada e área colhida de cana-de-açúcar Região Centro-Sul, Região Norte-Nordeste e o resultado na somatória no país, demonstrando a evolução entre as safras de 1980 onde deu início da expansão até o ano de 2018, diferentemente do Quadro 1 não foi possível obter o dado da safra de 2020. Mas é evidente o aumento das áreas da cultura da cana ao longo das décadas, onde o progresso notável ocorre a partir da virada do século.

Quadro 2 – Área Plantada X Área Colhida de cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil entre as safras de 1980 a 2018.

SAFRA		ÁREA PLANTADA (hectares)	ÁREA COLHIDA (hectares)
1980	Região Centro-Sul	1.725.728	1.725.728
	Região Norte-Nordeste	1.042.786	1.042.786
	Brasil	2.768.514	2.768.514
1985	Região Centro-Sul	2.735.042	2.735.042
	Região Norte-Nordeste	1.349.816	1.349.816
	Brasil	4.084.858	4.084.858
1990	Região Centro-Sul	2.810.895	2.780.054
	Região Norte-Nordeste	1.511.404	1.492.548
	Brasil	4.322.299	4.272.602
1995	Região Centro-Sul	3.309.951	3.298.415
	Região Norte-Nordeste	1.328.330	1.260.647
	Brasil	4.638.281	4.559.062
2000	Região Centro-Sul	3.729.995	3.727.228
	Região Norte-Nordeste	1.149.846	1.077.283
	Brasil	4.879.841	4.804.511
2005	Região Centro-Sul	4.663.630	4.660.039
	Região Norte-Nordeste	1.151.521	1.145.479
	Brasil	5.815.151	5.805.518
2010	Região Centro-Sul	7.895.289	7.810.665
	Região Norte-Nordeste	1.269.467	1.266.041
	Brasil	9.164.756	9.076.706
2015	Região Centro-Sul	9.072.407	9.013.536
	Região Norte-Nordeste	1.107.420	1.097.840
	Brasil	10.179.827	10.111.376
2018	Região Centro-Sul	9.131.832	9.116.563
	Região Norte-Nordeste	931.907	925.636
	Brasil	10.063.739	10.042.199

Fonte: ÚNICA 2022, adaptado pelo autor.

Na região Centro-Sul a expansão da produção ocorre, principalmente, por meio do aumento da área cultivada (fator área), “uma vez que nessa região há uma grande área de pastagem degradada que pode ser convertida para o cultivo da cana” (BITTENCOURT; GOMES, 2014).

Observando que houve para a região Centro-Sul uma maior expansão tanto em área plantada quanto em produção de cana-de-açúcar, onde os fatores relacionados ao favorecimento do relevo para mecanização, disponibilidade de terras, créditos para implantação de usinas/destilarias principalmente no estado de Goiás, podem estar relacionados a este crescimento. Deste modo a produção de cana-de-açúcar no país, estimulando principalmente pelos quatro estados com maior participação produtiva,

apresenta evolução ancorada principalmente por “políticas públicas de incentivos para investimentos, desenvolvimento tecnológico, aporte à produção e exportação que asseguram um importante papel no desenvolvimento do agronegócio nacional” (ALVES et al., 2021).

Centralizada até então no Nordeste brasileiro, a região que sustentava a tradição dos grandes engenhos desde o período colonial, a cultura da cana alarga-se para o Centro-Sul do país, com a obtenção de subsídios do Estado, com o apoio de instituições como o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), e com uma base política juntamente ao governo federal, a agroindústria da cana desenvolveu até meados dos anos 1980 (CASTRO et al., 2010).

No fim da década de 1980, o Programa PROÁLCOOL começa a perder sua eficácia e conseqüentemente os programas de incentivos e benefícios fiscais aos produtores não tinham mais a força e relevância que possuíam quando foram criados (SILVA et al., 2015).

A expansão fundamenta-se primeiramente no modelo de incorporação de áreas por arrendamento e aquisição de terras pelas usinas, agentes indutoras da expansão, e por fornecedores, inserido em um raio de ação que relevasse a relação custo-benefício do transporte da cana colhida até a usina. Sendo que esta relação tem uma variação de um estado para outro, dependendo da logística. Este modelo, de início um modelo de integração vertical, converte-se gradualmente em horizontal durante as duas décadas posteriores, com o desenvolvimento de complexos industriais (CASTRO et al., 2010).

Assim, com o advento de uma nova crise no final dos anos 1980, denominada como neoliberalismo. Esta nova ordem mundial progrediu pela década de 1990 exigindo um reajuste macroeconômico mundial, originando a desregulamentação do setor sucroenergético (BRAY et al., 2000).

Esse momento foi responsável pela extinção de instituições públicas reguladoras, como o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) em março de 1990, determinando o fim dos subsídios fiscais e de créditos, desmontando, as políticas públicas designadas para o setor. O PROÁLCOOL foi extinto em 1991, mas se manteve outras políticas, desarticuladas e conflitantes entre si, objeto dos conflitos entre os centros produtores, na procura de soluções para recuperar estabilidade econômica, que caracterizaram esse período (CASTRO et al., 2010).

Este programa foi criado para reduzir a dependência das importações de petróleo (KOHLHEPP, 2010) e trouxe importantes inovações para a produção de bioetanol do

país, produção de genética vegetal e sementes adaptadas, tecnologias utilizadas por plantas e vinícolas e o desenvolvimento da indústria automotiva (RODRIGUES; ORTIZ, 2006).

Além disso, tornou-se manifesto o confronto, seja entre os produtores de um mesmo bloco, seja entre os dois blocos que se consolidaram no processo: o Nordeste e o Centro-Sul. O estado de Goiás, não apresentou um desenvolvimento evidente do setor na fase da expansão do PROÁLCOOL e nem mesmo depois, em detrimento de certos fatores, a exemplo de estar sendo alvo dos prolongamentos da fronteira agrícola, com destaque em grãos, algodão, arroz e gado (CASTRO et al., 2010).

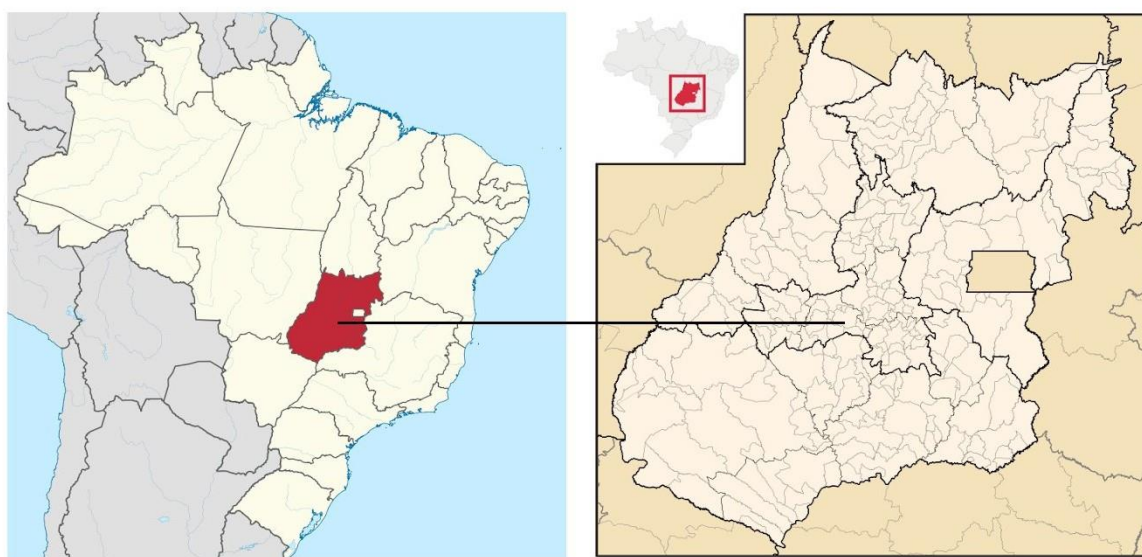
E a partir da década de 1980 do século passado, começou a expandir-se no estado a produção da cana-de-açúcar, mas foi somente após o final da década de 1990 que a expansão se tornou evidente, intensificou no início do presente século, em razão da necessidade de diversificação na matriz energética, causada pelos impactos ambientais decorrentes do modelo antes adotado, baseado em combustíveis fósseis (CASTRO et al., 2010).

Desde a década de 1980, a maioria dos cientistas de todo o mundo emitiu um novo alerta: o aquecimento global está intimamente relacionado a causas como a queima de combustíveis fósseis. Ao mesmo tempo, os preços do petróleo subiram acentuadamente, contribuindo para a introdução de biocombustíveis em todo o mundo - bioetanol entre eles, que tem pelo menos duas responsabilidades principais: ajudar a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e substituir parcialmente o petróleo (LEITE; LEAL, 2007).

3 METODOLOGIA

O Estado de Goiás ocupa superfície de 340.106 km², e situado na região Centro-Oeste do país. O estado tem posição geográfica privilegiada, limitando-se ao norte com o estado do Tocantins, ao sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste da Bahia e Minas Gerais e a oeste com Mato Grosso (Figura 1). O estado conta com 246 municípios e uma população de 7.206.589 milhões de habitantes (Instituto Mauro Borges - IMB, 2022).

Figura 1 – Localização do Estado de Goiás no mapa do Brasil.



Fonte: Bases Cartográficas, IBGE, 2021

A metodologia deste trabalho compreendeu pesquisa quali-quantitativa, de natureza exploratória. Inicialmente, o método utilizado foi a revisão de literatura. Para tanto, questões de interesse, bases de dados a serem analisadas, combinações de palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão de artigos foram previamente determinados para posterior avaliação, síntese e interpretação dos dados. Deste modo, buscou-se a qualidade da pesquisa, ou seja, a conquista do conhecimento sobre determinado assunto só é possível quando se ampara nos estudos de relevantes e que estejam disponíveis (GALVÃO; PEREIRA, 2014).

A pergunta de interesse foi: *“Quais foram as transformações decorrentes da expansão da agroindústria da cana-de-açúcar no decorrer dos anos no território brasileiro e goiano?”* Para responder a essa pergunta foi realizada a busca em janeiro de 2022 e a atualização dos dados em julho de 2022, de forma a contemplar todos os artigos publicados até o momento, em duas plataformas de pesquisa científica: SciELO e periódicos CAPES.

A revisão foi direcionada para pesquisas no Brasil, portanto, as plataformas utilizadas visam garantir que estudos publicados em revistas regionais fossem incluídos na análise. Além disso, visando obter significativo número de artigos e, desta forma, proporcionar melhor diagnóstico, foi delimitado período específico para a busca entre os anos de 2000 e 2020 com atualização dos dados um novo período fora delimitado entre 2010 e 2021.

Para a localização de artigos, utilizou-se a seguinte combinação de palavras-chave vinculadas por operadores booleanos “AND” e “OR”: ("sugarcane" OR "expansion" OR "sugarcane occupation" OR agriculture) AND (“sugarcane expansion” OR “Goiás”) AND (Brazil). A combinação de palavras-chave, os operadores booleanos, as aspas e os parênteses foram empregados como processo de busca, a fim de limitar as informações e garantir maior precisão da pesquisa.

Posteriormente, feita ordenação dos artigos, registrada em planilha para a análise. Os aspectos observados nesta seção foram: ano de publicação, autor, periódico, campo de pesquisa e motivos da inclusão ou exclusão do artigo. A partir do registro das informações mais gerais dos artigos, foram lidos e analisados os títulos, resumos e palavras-chave. Esta primeira etapa visa garantir que os artigos atendam aos critérios de inclusão. Critérios estes que foram definidos para refinar a busca de artigos dedicados a discutir claramente a relação entre expansão da agroindústria da cana-de-açúcar e ocupação territorial. Quanto aos critérios de exclusão, não foram avaliados estudos realizados fora do Brasil, artigos de revisão e artigos que não estavam disponíveis em texto completo em formato PDF. Após a primeira triagem, os artigos foram lidos na íntegra, o que fez com que certos trabalhos não pudessem ser incluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Deste modo a lista de verificações se deu a partir dos temas de destaque que foram: (i) a expansão da cana-de-açúcar no Brasil e; (ii) a expansão da cana-de-açúcar em Goiás.

Paralelamente foi realizada pesquisa quantitativa, com coleta de dados em órgãos como IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), IMB (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS) e UNICA (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR) para as seguintes variáveis: produção (ton) e produtividade (ton/ha), áreas plantadas (ha), analisando deste modo a expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás e no Brasil, e feito levantamento das principais Agroindústrias do estado de Goiás.

A pesquisa foi realizada no ano de 2022, mas foram analisados os dados do período de 1980 a 2020 (período total), de cinco em cinco anos: 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Essa análise foi feita a partir da década de 1980 onde ocorre a eclosão da cultura no país. Deste modo vale destacar, como é feito ao decorrer da pesquisa, na década de 1990 marcada pelos anos posteriores à abertura comercial brasileira e a um período de baixo volume de crédito rural disponível e na metade dessa década demarca o processo de desmonte das instituições e instrumentos governamentais

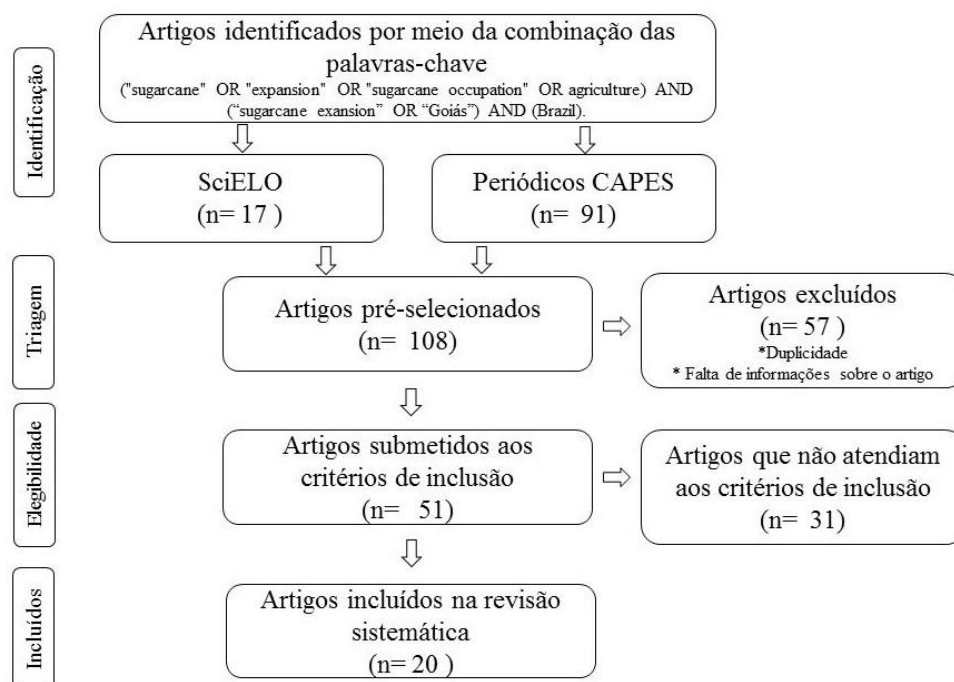
intervencionistas que orientaram a política agrícola brasileira e pela implantação do Plano Real. Já na primeira década do novo milênio é marcado pela retomada de grandes projetos no setor sucroenergético e pela chegada dos carros *flex-fuel* ao mercado nacional, que trouxe impulso à produção do setor, e, pela abundância de capital barato e novos entrantes no setor, que conseguiram investimentos focados na perspectiva de boas margens de lucro para o etanol, no país e no exterior (BITTENCOURT; GOMES, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Triagem dos artigos científicos

Do total de artigos que compõem o banco de dados final (Figura 2), foram incluídos 16 artigos base de dados da SciELO e 28 artigos da base de dados dos periódicos da CAPES, sendo um total de 44 artigos científicos pertencentes a periódicos.

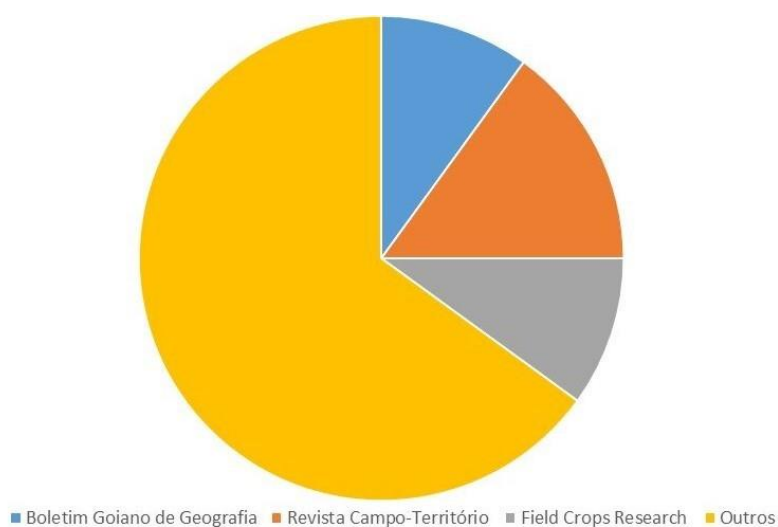
Figura 2 – Fluxograma da pesquisa e triagem dos artigos obtidos nas plataformas de pesquisa SciELO e periódicos CAPES até o ano de 2022.



Fonte: CAPES (2022), elaborado pelo autor.

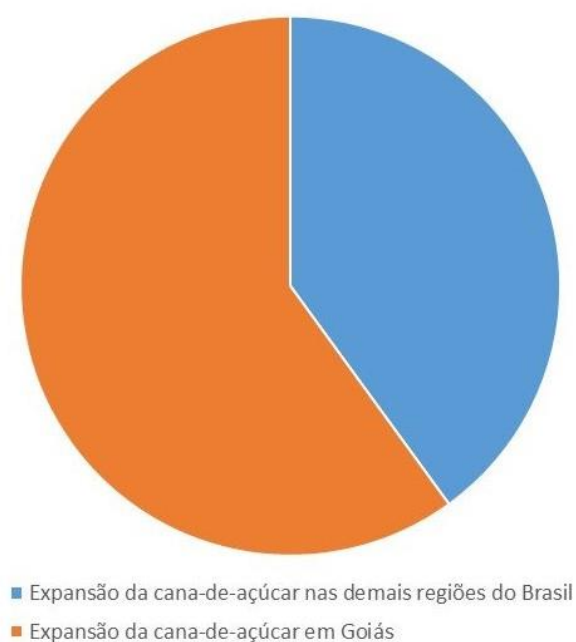
A Revista Campo-Terrório apresentou o maior número de publicações (13%), seguida pela revista Boletim Goiano de Geografia (9%), revista *Field Crops Research* (9%) e outras com (4%) apenas uma publicação (Figura 3).

Figura 3 – Periódicos das publicações de artigos selecionados obtidos nos periódicos Capes



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Figura 4 – Artigos que abordam expansão da cana-de-açúcar no Brasil e em Goiás, conforme buscas nas bases de dados periódicos Capes.



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Dentre os artigos que fazem parte do banco de dados, apenas 20 fazem parte da discussão que se encontra na presente pesquisa (Quadro 3), onde 77% abordam sobre a expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás e 23% abordam a expansão da cana-de-açúcar em outras regiões brasileiras (Figura 4).

Quadro 3 – Banco de Dados utilizados para a formulação da discussão.

Ano	Autor	Revista
2021	ALVES, L. Q.; FRANCO, P. N.; ZANETTI, W. A. L.; GÓES, B. C.	Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas
2020	LUCENA, R. A. F.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; PRESTON, W.; FEITOSA, S. dos. S. F.; FERREIRA, A. dos. S.; SILVA, H. F. da; SANTOS, J. J. M. dos.	Brazilian Journal of Development
2020	MATOS, P.F. de; MARAFON, G. J.	Revista Campo-Território
2020	NEVES, P. D. M.; MENDONÇA, M. R.	Revue Franco-brésilienne De Géographie
2020	PEREIRA, L. A. G.; BARRETO, J. B.	Revista Campo-Territorial
2018	MESQUITA, F. C.; FURTADO, A. T.	GEOgraphia
2018	RODRIGUES, H. S. M. C; CASTRO. S.S.	Geografia
2016	MESQUITA, F. C.	Revista Campo-Território
2016	RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.	Revista Brasileira de Cartografia
2015	SILVA, A. A.; CASTRO, S. S.	Ateliê Geográfico
2015	SILVA, L. I. da; LEÃO, C.; PASQUALETTO, A.	Baru
2014	BITTENCOURT, G. M.; GOMES, M. F. M.	Redes
2014	FRANCO, I. O.	Boletim Goiano de Geografia,
2013	BARDALHO, M. G da Silva; SILVA, A.A; CASTRO, S. S.	Revista Brasileira de Ciências Ambientais
2011	SILVA, A. A.; MIZIARA, F.	Pesquisa Agropecuária Tropical
2010	CASTRO, S. S. de; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BÔRGES, S. V. M.	Boletim Goiano de Geografia
2010	KOHLHEPP, G.	Estudos Avançados
2007	LEITE, R.C.C.; LEAL, M.R.L.V.	Novos Estudos – CEBRAP
1999	KEATING, B.A.; ROBERTSON, M.J.; MUCHOW, R.C.; HUTH, N.I.	Field Crops Research
1999	STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D.	Field Crops Research

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Para o escopo do estudo, fica evidente maior número de publicações para o ano de 2020.

4.2 A expansão da cana no estado de Goiás

No cerrado goiano as terras se tornaram alvo da expansão da fronteira agrícola nos anos 1970, baseada na mudança da base técnica da agricultura, comumente conhecida modernização da agricultura, inspirada na Revolução Verde, a qual era fundamentada no uso intensivo de insumos e maquinaria agrícola. Essa transformação favoreceu a mudança do paradigma da potencialidade de uso dos solos do Cerrado, até então considerados pobres e inadequados ao cultivo (RODRIGUES; CASTRO, 2018).

A expansão no estado de Goiás, de acordo com Silva & Miziara (2011) teria ocorrido em dois distintos momentos. Em um primeiro momento, de menor envergadura, iniciado a partir das áreas historicamente ocupadas por culturas de grãos, localizada no

eixo sul-norte, ainda muito associado ao PROÁLCOOL, que abrange as mesorregiões centro e parte do sul do estado. Já em um segundo momento, mais recente e de forma intensa, ocorre especificamente na região sul do estado, o qual reproduz o itinerário de Expansão de Fronteiras Agrícolas dos anos de 1980, quando da inserção da *commodity* soja.

No Quadro 4 foram listadas as Agroindústrias cadastradas junto ao Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás – SIFAEG.

Quadro 4 – Agroindústrias cadastradas no Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás no ano de 2022.

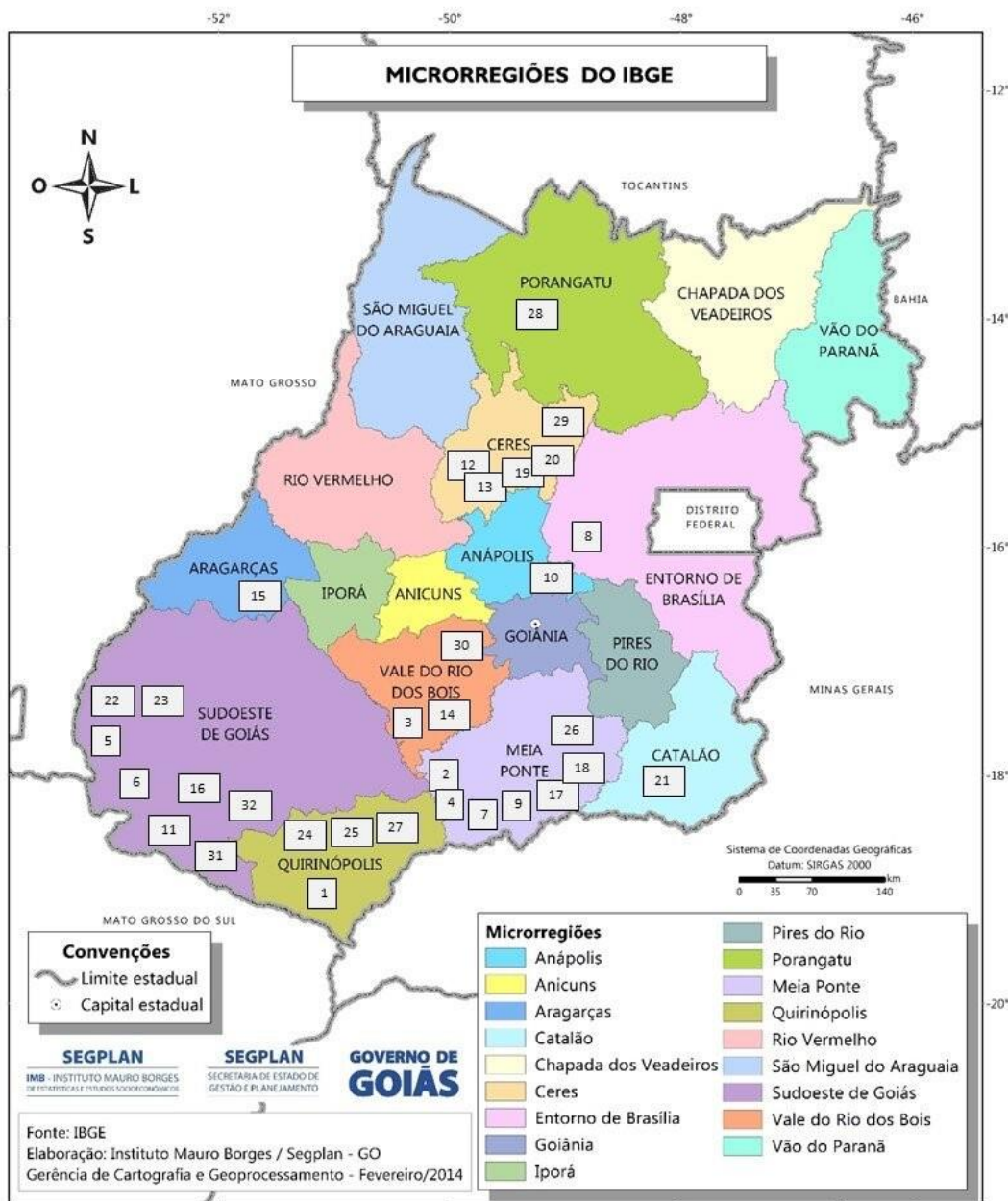
	USINA	ENDEREÇO	MUNICÍPIO
1	AGUAPEÍ AGROENERGIA S.A	Rod. GO 164, Km 02, Gleba B da Faz. Pateiros - Zona Rural	São Simão
2	BOM SUCESSO AGROINDÚSTRIA S.A	Rodovia GO 210, Km 335,1 - Zona Rural	Goiatuba
3	BP BIOENERGIA TROPICAL S.A	Rodovia Takayuki Maeda (GO 410) – Km 51 – Zona Rural	Edéia
4	BP BIOENERGIA ITUMBIARA S.A	Rodovia Municipal Itumbiara/Cachoeira Dourada, Km 18, Fazenda Jandaia (Gleba B) - Zona Rural	Itumbiara
5	BRENCO - USINA MORRO VERMELHO	Rod. GO 341 – Km 67, à direita 13 Km - Zona Rural	Mineiros
6	BRENCO - USINA PEROLÂNDIA	Rodovia BR 364, Km 256 - Zona Rural	Perolândia
7	CAÇU COMÉRCIO E IND. DE AÇÚCAR E ÁLCOOL LTDA	Rod. Mun. Vicentinópolis/Porteirão, Km 10 - Zona Rural	Vicentinópolis
8	CBB - COMPANHIA BIOENERGÉTICA BRASILEIRA LTDA	Rodovia BR 020, Km 160, Fazenda prelúdio - Zona Rural	Vila boa
9	CEM - CENTRAL ENERGÉTICA MORRINHOS S.A	Rod. BR 153 – Km 646 – Faz. Samambaia - Zona Rural	Morrinhos
10	CENTROÁLCOOL S.A	Rodovia GO 222, Km 3 - Zona Rural	Inhumas
11	CERRADINHO BIOENERGIA S.A	Rod. GO 050 – Km 11 + 950 mts – Faz. Âncora - Zona Rural	Chapadão do Céu
12	COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DE RUBIATABA LTDA	Rodovia GO 434 – Km 24 - Zona Rural	Rubiataba
13	CRV INDUSTRIAL LTDA	Rodovia Carmo do Rio Verde/Rubiataba – Km 2,5 - Zona Rural	Carmo do rio verde
14	DENUSA DESTILARIA NOVA UNIÃO S.A	Rodovia BR 060 – Km 274 - Zona Rural	Jandaia
15	EBER BIO-ENERGIA E AGRICULTURA LTDA	Rod. GO 070, Km 030, 3 Km à esquerda - Zona Rural	Montes Claros de Goiás
16	ENERGÉTICA SERRANÓPOLIS LTDA	Rodovia GO 184 – Km 65 – Fazenda Bonito - Zona Rural	Serranópolis
17	GOIÁS BIOENERGIA S.A	Rodovia GO 210 – Km 99 – Acesso à esquerda – Fazenda Ouro Fino - Zona Rural	Porteirão
18	GOIASA GOIATUBA ÁLCOOL LTDA	Rodovia GO 040 – Km 194 – Acesso 7 km à direita - Zona Rural	Goiatuba

19	JALLES MACHADO S.A	Rodovia GO 080 – km 185 – Faz. São Pedro - Zona Rural	Goianésia
20	JALLES MACHADO S.A - UNIDADE OTÁVIO LAGE	: Rodovia GO 338 – Km 33 à esquerda 3 Km - Zona Rural	Goianésia
21	LASA LAGO AZUL S.A	BR 050 – Km 148- Fazenda Lago Azul - Zona Rural	Ipameri
22	NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA	Rodovia GO 184 – Km 133 – Fazenda S. Francisco - Zona Rural	Aporé
23	RAIZEN CENTROESTE AÇÚCAR E ALCOOL LTDA	Rodovia GO 050, Km 328,5 - Zona Rural	Jataí
24	RIO CLARO AGROINDUSTRIAL S.A	Rod. BR 364 – Km 61, Fazenda Santo Antônio - Zona Rural	Caçú
25	SÃO MARTINHO S.A	Rod. GO 164, Km 131,5, Faz. Boa vista - Zona Rural	Quirinópolis
26	SJC BIOENERGIA S.A – UNIDADE RIO DOURADO	Rod. GO 206, Km 25, Faz. Boa vista - Zona Rural	Cachoeira Dourada
27	SJC BIOENERGIA S.A – UNIDADE SÃO FRANCISCO	GO 206, Km 18, Faz. São Francisco - Zona Rural	Quirinópolis
28	URUAÇU AÇÚCAR E ÁLCOOL LTDA	Estrada UR-4, s/n – Km 13 – Distrito de Água Branca - Zona Rural	Uruaçu
29	USINA GOIANÉSIA S.A	Rod. GO 428 – Km 12 – Faz. São Carlos - Zona Rural	Goianésia
30	USINA NOVA GÁLIA LTDA	Rod. GO 333 – Km 79, Sentido Rio Verde - Jandaia – Zona Rural	Paraúna
31	USINA RIO VERDE LTDA - DECAL	Rodovia GO 174, Km 32 – Faz. Alvorada - Zona Rural	Rio Verde
32	USINA SANTA HELENA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL S.A	Rod. Mun. Turvelândia, GO 210, Km 06 - Zona Rural	Santa Helena de Goiás

Fonte: SIFAEG 2022, adaptado pelo autor.

Na Figura 5 observa-se as microrregiões do Estado de Goiás, conforme classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. As microrregiões são formadas por um grupo de municípios que corresponde ao menor nível administrativo no Brasil. Nelas foram inseridas a localização de cada agroindústria listada anteriormente e pertencente a SIFAEG.

Figura 5 – Estado de Goiás e as microrregiões, localizando as agroindústrias cadastradas no Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás – SIFAEG.



Fonte: IBGE, elaborado pelo Instituto Mauro Borges, 2014.

No estado de Goiás as áreas de cultivo da cana-de-açúcar estão difundidas em 112 municípios, que são compreendidos pelas Microrregiões Geográficas definidas pelo IBGE, de acordo com o último censo (IBGE, 2020).

Em Goiás, a necessidade de investimento nessa área é alta, pois muitas fábricas foram instaladas em áreas do interior do estado com pouco trânsito e, em alguns casos, com estradas ainda não pavimentadas. Nesse caso, é notório o papel do governo estadual, por meio do programa Rodovida, criado em 2011, na melhoria de trechos rodoviários em municípios com usinas e produção de cana-de-açúcar. Essa relação é vista, por exemplo, na reconstrução de 65 km do trecho GO-164 ligando Quirinópolis e Paranaiguara e 68,2

km do trecho GO-206 entre Quirinópolis e Caçu. A pavimentação da rodovia GO-206, com 60 km de extensão, que liga Chapadão do céu à rodovia GO-184 (MESQUITA; FURTADO, 2018).

Assim, com esses altos investimentos em tecnologia, a colheita da cana-de-açúcar é realizada de forma mecanizada. Deste modo, a cana-de-açúcar se tornou um dos principais segmentos dentro da economia do estado, sendo que sua cultura tem colaborado para a entrada de diversas indústrias processadoras, o que gera novos empregos e agrega valor à produção primária (SILVA et al., 2015).

No Quadro 5 consta a área cultivada com cana-de-açúcar por microrregião em Goiás, safra 2014/2015 e 2019 / 2020, exemplificando as áreas disponíveis para colheita, divididos em: soca, reforma, expansão e áreas em reforma, totalizando a área cultivada. Infelizmente não foi possível obter dados segmentados a cada cinco anos desde 1980 a 2020.

Quadro 5 – Área Cultivada com cana-de-açúcar por microrregião do Estado de Goiás – safra 2014 / 2015 & 2019 / 2020.

DISPONÍVEL PARA COLHEITA												
MICRORREGIÃO	SOCA (hectares)		REFORMA (hectares)		EXPANSÃO (hectares)		TOTAL (hectares)		EM REFORMA (hectares)		TOTAL CULTIVADA (hectares)	
	2014/ 2015	2019/ 2020	2014/ 2015	2019/ 2020	2014/ 2015	2019/ 2020	2014/ 2015	2019/ 2020	2014/ 2015	2019/ 2020	2014/ 2015	2019/ 2020
ANÁPOLIS	11.912	8.542	2.243	731	1.044	206	15.199	9.479	1.304	2.823	16.503	12.301
ANICUNS	15.623	11.183	2.525	520	272	332	18.420	12.036	1.919	2.482	20.338	14.517
ARAGARÇAS	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
CATALÃO	5.120	7.905	722	467	460	29	6.302	8.400	368	600	6.670	9.001
CERES	103.253	96.720	13.660	12.987	6.056	3.738	122.968	113.446	5.837	15.971	128.805	129.419
CHAPADA DOS VEADEROS	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
ENTORNO DE BRASÍLIA	22.715	25.968	3.651	2.455	2.250	615	28.616	29.037	4.935	3.970	33.550	33.007
GOIÂNIA	669	553	239	38	203	0	1.111	591	0	748	1.111	1.339
IPORÁ	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
ITUIUTABA	9.817	0	187	0	3.221	0	13.225	0	488	0	13.713	0
MEIA PONTE	146.979	192.915	17.033	19.921	24.349	13.173	188.361	226.008	25.174	47.232	213.535	273.238
PIRES DO RIO	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
PORANGATU	5.028	0	36	0	1.575	0	6.639	0	151	0	6.789	0
QUIRINÓPOLIS	145.061	179.528	13.750	15.870	31.656	6.692	190.466	202.089	16.738	34.457	207.204	236.546
RIBEIRÃO PRETO	5.578	0	562	0	1.121	0	7.262	0	896	0	8.158	0
RIO VERMELHO	694	306	0	4	0	0	694	310	0	417	694	726
SÃO MIGUEL DO ARAGUAIA	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
SERRA DO PEREIRO	0	0	0	0	604	0	604	0	0	0	604	0
SUDOESTE DE GOIÁS	213.235	239.881	14.978	18.930	28.167	23.003	256.380	281.813	17.278	40.978	273.659	322.792
VALE DO RIO DOS BOIS	77.813	94.608	9.125	11.826	10.501	10.674	97.439	117.111	9.305	19.338	106.744	136.448
VAO DO PARANÁ	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
TOTAL	660.262	858.109	78.711	81.294	111.479	58.462	953.686	1.000.320	84.393	169.016	1.038.095	1.169.334

Fonte: UNICA 2022, adaptado pelo autor.

A expansão da área de plantio da cana acontece devido ao aumento da capacidade das unidades produtivas e a instalação de novas unidades. Desta maneira há forte

tendência de valorização dos preços de terras em regiões próximas às usinas e, em consequência, além da tendência da expansão da produção canavieira sobre as áreas de pastagens, pode incidir o deslocamento da produção de grãos, como a soja e o milho e de culturas permanentes (STUPIELLO, 2005).

No Quadro 6 constam dados de moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol no Estado de Goiás, demonstrando desta forma o aumento de produção da cultura entre as safras de 1980 a 2020.

Quadro 6 – Moagem da cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol no Estado de Goiás entre as safras de 1980 a 2020.

SAFRA	CANA (mil toneladas)	AÇÚCAR (mil toneladas)	ETANOL (m ³)		TOTAL
			ANIDRO	HIDRATADO	
1980 / 1981	311	21	4	6	9
1985 / 1986	4.188	12	50	256	307
1990 / 1991	4.258	42	17	274	291
1995 / 1996	6.330	226	38	328	366
2000 / 2001	7.208	397	143	176	318
2005 / 2006	14.560	750	375	354	729
2010 / 2011	46.613	1.805	662	2.233	2.895
2015 / 2016	73.522	1.892	1.314	3.375	4.689
2020 / 2021	74.011	2.319	1.186	4.055	5.241

Fonte: UNICA 2022, adaptado pelo autor.

No estado de Goiás as plantas das usinas, por serem mais novas do que as do estado de São Paulo são abastecidas especialmente para a produção de etanol e cogeração de energia elétrica. O que explica a grande produção de etanol entre as safras de 1995/1996 até 2014/2015 (NEVES; MENDONÇA, 2020).

O bioma cerrado contém extensas áreas em condições geoambientais adequadas à agricultura intensiva e à pecuária, sendo esta historicamente extensiva e dominante de forma espacial. Durante os anos 1960 e 1970, por essa e outras razões de natureza geopolítica, o cerrado foi alvo de expansão da nova fronteira agrícola (CASTRO et al., 2010).

Assim, em Goiás, bem como áreas de expansão nas regiões do Triângulo Mineiro, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, proporcionavam vantagens para novas usinas, como, por exemplo: a possibilidade de ocupar extensões maiores de terra com custos menores em comparação com o estado de São Paulo; maior viabilidade em construir plantas com escala produtiva maior; a oportunidade de começar as operações com a colheita e o plantio de maneira mecanizada; e poder usufruir de incentivos fiscais oferecidos pelo Governo Estadual. Desta forma, em paralelo, as áreas de expansão da agroindústria da

cana-de-açúcar se privilegiavam de investimentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (MESQUITA, 2016).

A agroindústria canavieira encontrou em Goiás uma enorme facilidade em sua territorialização através de estudos com o auxílio do Estado com programas e políticas, bem como a flexibilidade para a sua estruturação, produção e comercialização (NEVES; MENDONÇA, 2020).

Diferentemente de outras culturas - por exemplo, a soja, cujo grão pode ser armazenado por muito tempo (sob certas condições técnicas) ou transportado por longas distâncias para processamento industrial sem perda significativa de propriedades - a proximidade com a usina é de fundamental importância para a cana-de-açúcar. Isso leva à criação de um quadro de ocupação agressivo, que invariavelmente resulta no surgimento de grandes áreas sob o regime de monocultura e na rigidez locacional prevaiente da estrutura fundiária das regiões (FRANCO, 2014).

4.3 A Cana-de-açúcar e as culturas de grãos em Goiás

Alterações na forma de uso e ocupação agrícola das terras necessitam ser consideradas a partir de diversas perspectivas, até mesmo de escala, porque a inserção de alguns elementos pode alterar todo o agrossistema. Assim, as mudanças causadas pela substituição de culturas, consideradas como agentes modificadores da paisagem e dos distintos elementos que a compõem, tendem a afetar (SILVA; CASTRO, 2015).

A agricultura é considerada a soma dos cultivos temporários e permanentes. No Quadro 7 constam dados de produção das principais culturas de grãos e da cana-de-açúcar no Estado de Goiás (SILVA et al., 2015).

Quadro 7 – Produção agrícola (toneladas) no Estado de Goiás no período de 1980 a 2020.

Produto	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Soja	455.794	1.356.240	1.258.440	2.146.926	4.092.934	6.983.860	7.252.926	8.606.210	12.837.120
Milho	1.751.507	1.690.770	1.848.350	3.449.308	3.659.475	2.855.538	4.689.453	9.512.503	11.838.775
Arroz	1.455.400	1.116.312	307.770	419.871	294.629	374.627	221.419	108.938	144.419
Feijão	36.622	75.256	118.960	132.350	200.415	280.461	288.816	289.463	351.454
Sorgo	803	8.730	8.740	58.106	287.502	510.869	611.665	898.123	1.173.014
Cana-de-açúcar	1.218.325	6.025.090	6.896.320	7.690.407	10.162.959	15.642.125	48.000.163	72.066.835	76.480.368

Fonte: IBGE/ IMB 2022, adaptado pelo autor.

No Quadro 8, observa-se a área colhida destes mesmos produtos agrícolas, com destaque para a redução da área de arroz e feijão e ampliação das demais, especialmente soja e cana de açúcar.

Quadro 8 – Área colhida (hectares) dos produtos agrícolas no Estado de Goiás no período de 1980 a 2020.

Produto	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Soja	246.066	734.210	972.430	1.121.511	1.491.066	2.663.380	2.445.600	3.260.025	3.574.230
Milho	803.268	734.120	873.650	881.954	839.844	614.709	860.041	1.401.843	1.731.660
Arroz	1.186.728	860.774	296.070	263.068	150.334	184.950	90.382	25.258	28.461
Feijão	160.547	198.239	180.770	133.915	112.179	118.242	118.948	122.797	133.779
Sorgo	460	6.400	5.410	32.479	175.850	276.065	245.308	243.974	360.543
Cana-de-açúcar	20.664	90.010	97.950	104.498	139.186	196.596	578.666	930.052	937.619

Fonte: IBGE/ IMB 2022, adaptado pelo autor.

A expansão de culturas como a soja está intrinsicamente relacionada ao mercado consumidor internacional e vantagens competitivas, especialmente atreladas ao dólar favorável à exportação. Quanto a cana-de açúcar, a demanda por combustíveis alternativos, demanda por novas áreas, além de São Paulo, e solos, mais clima favorável, aliado a estratégias governamentais e boas produtividades que possibilitaram maior presença da cultura em terras goianas.

De acordo com o que foi apresentado, percebe-se que o Estado de Goiás se inseriu no contexto nacional com uma norma agrícola que incentiva a consolidação de uma agricultura moderna e empreendedora, com estreito liame com os mercados nacional e internacional. Esses fatos reforçam a importância de Goiás como região forte na atração de capital agroindustrial regional, nacional e internacional (SILVA et al., 2015).

Em suma, os estudos microrregionais esclarecem melhor o que as estatísticas já nos permitiram supor para a Região Sul de Goiás - a substituição de terras agrícolas por canaviais e pastagens anuais desde 2000 -, mas também esclareceram a chave para os indícios de que a redução de pastagens não significa sempre transformá-las em cana-de-açúcar (CASTRO et al., 2010).

A região do cerrado goiano, caracterizada como a nova fronteira canavieira, passou por uma fase de adaptação da cultura às novas condições climáticas e produtivas da região, devendo-se continuar com investimentos no aumento da produtividade média, de modo que o padrão de aumento da produção de cana-de-açúcar resultaria, assim, do crescimento tecnológico (fator de produtividade) e não do uso extensivo da terra (BITTENCOURT; GOMES, 2014).

5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil voltada para a produção de etanol mostra expansão recente em direção ao norte do cerrado, com destaque para os Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, desta maneira configurando a ampliação do bloco do Centro-Sul, criado na fase de implantação do PROÁLCOOL, na década de 1970, quando esses estados, juntamente com o Estado do Mato Grosso, eram limítrofes ao processo. A nova expansão privilegiou terras com diferentes aptidões, triplicando, deste modo, as áreas de cultivo, as usinas e complexos industriais começaram a se organizar validando o cerrado como centro de geração de *commodities* para exportação. Assim, conquistou a agregação de maior valor aos produtos que, respaldado em mercado interno consolidado e crescente.

Em meados dos anos 2000, houve substituição consistente de áreas de culturas anuais revelando, desta forma, uma intensiva competição por terras. Embora os discursos políticos dominantes indicarem as pastagens degradadas como prioridade para a expansão da cana-de-açúcar. Durante esse momento a expansão de áreas da cultura da cana, revela-se um processo de instalação de Agroindústrias quase simultâneo nos primeiros plantios, o que manifesta em um planejamento estratégico desta ocupação.

Com essa expansão do setor sucroenergético tem ocorrido um reordenamento de uso dos solos no centro-sul do cerrado, particularmente no sul do estado, embora a cana não tenha expressiva participação em área de cultivo no país, na região centro-sul e até mesmo em Goiás. Deste modo é importante atentar que a territorialização do setor sucroenergético é um mecanismo de controle não somente agrário, mas também social, que causa transformações em toda a dinâmica e organização espacial.

A expansão da agroindústria sucroenergética em Goiás é um fenômeno capaz de promover, espacialidades e territorialidades, de modo a buscar maior rentabilidade e/ou produtividade, estimula o uso de novas tecnologias e a intensificação no uso do solo distinguindo essa expansão da fronteira da produção canavieira no estado.

Assim, o Estado de Goiás tornou-se um dos principais centros, em destaque nacional, de produção de grãos e atração de capitais agroindustriais. A partir de um novo padrão de desenvolvimento agrícola, Goiás se destacou nas últimas décadas como região que apresentou forte expansão em toda sua produção.

CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE GOIÁS

Resumo

A partir da década de 1980, o setor canavieiro tem passado por forte expansão, símbolo do progresso e o desenvolvimento do país, ou seja, possui papel de fundamental importância na economia brasileira. Entretanto, o seu desenvolvimento está seguido por crescentes preocupações em relação aos impactos ambientais acarretados pela cultura da cana-de-açúcar nos recursos naturais ocasionados pelo seu modelo no sistema de produção. A sustentabilidade no setor agrícola pode ser entendida como a capacidade dos sistemas agrícolas de manter sua produção a longo prazo sem extinguir os recursos uso futuro, portanto, o custo ambiental gerado pelo setor não é calculado em sua produção que em longo prazo pode-se ocorrer perdas ambientais irreparáveis. Neste sentido, objetivou-se identificar os principais impactos decorrentes do setor sucroenergético, bem como as estratégias de análise de sustentabilidade do setor. Metodologicamente, foi utilizado revisão bibliográfica em artigos científicos, teses, dissertações, manuais e documentos governamentais que abordam o assunto. Foi observado que o setor sucroenergético produz impacto tanto no setor econômico, quanto nos setores social e ambiental. Por isso, é de suma importância repensar no modelo de desenvolvimento tecnológico utilizado no agronegócio nacional. Dessa forma, faz-se necessário investimento por parte dos setores público e privado em tecnologias e pesquisas acadêmicas, pois o aproveitamento de subprodutos é muito promissor para o desenvolvimento sustentável, permitindo a destinação correta dos resíduos gerados.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Desenvolvimento Sustentável, *Saccharum officinarum*.

Abstract

From the 1980s onwards, the sugarcane sector has experienced strong expansion, a symbol of the country's progress and development, that is, it plays a fundamentally important role in the Brazilian economy. However, its development is followed by growing concerns regarding the environmental impacts caused by sugarcane cultivation on natural resources caused by its model in the production system. Sustainability in the agricultural sector can be understood as the ability of agricultural systems to maintain their production in the long term without extinguishing resources for future use, therefore, the environmental cost generated by the sector is not calculated in its production, which

in the long term can occur irreparable environmental losses. In this sense, the objective was to identify the main impacts resulting from the sugar-energy sector, as well as the sustainability analysis strategies of the sector. Methodologically, a bibliographical review was used in scientific articles, theses, dissertations, manuals and government documents that address the subject. It was observed that the sugar-energy sector has an impact both on the economic sector and on the social and environmental sectors. Therefore, it is extremely important to rethink the model of technological development used in national agribusiness. In this way, investment by the public and private sectors in technologies and academic research is necessary, since the use of by-products is very promising for sustainable development, allowing the correct destination of the waste generated.

Keywords: Sugar cane, Sustainable development; *Saccharum officinarum*.

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético tem impacto na economia do país, pois apresenta número expressivo de agroindústrias em todas as regiões do Brasil, sendo responsável pela geração de empregos diretamente e indiretamente. Deste modo, é considerável averiguar sob o olhar do desenvolvimento sustentável como o setor impacta nas esferas social, econômica e ambiental.

Assim, faz-se necessário informações e dados sobre as mudanças que a inserção desta cultura promove no ambiente e no desenvolvimento regional, visto que, este fato contribui no processo de tomada de decisões e a criação de políticas públicas norteadas para a realidade dos ambientes que recebem usinas e fluxo de pessoas com a migração de trabalhadores.

Desta maneira, objetivou-se analisar os impactos ocasionados pela cana-de-açúcar, levando em consideração os conceitos e desafios para a sustentabilidade, de modo a iniciar uma discussão sobre a necessidade de esforços para a criação de políticas públicas que regulem o setor e sua expansão. Faz-se uma abordagem dos impactos ambientais, sociais e econômicos, apresentando, deste modo, uma revisão de trabalhos e publicações que abordam o desenvolvimento sustentável no segmento.

A estrutura deste artigo é composta de Introdução, Revisão de Literatura dividida em dois subtítulos: a) Expansão do setor sucroalcooleiro e b) Cana-de-açúcar: produtos e subprodutos. Na sequência a Metodologia empregada com busca nos periódicos da Capes. Nos Resultados e Discussão faz-se: a) Relato da busca bibliográfica b) Análise

dos Impactos Ambientais e os Impactos Ambientais no Setor Sucroenergético no Estado de Goiás e c) Indicadores de Sustentabilidade. Por fim, são feitas as Considerações finais e Referências.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar: Produtos e Subprodutos

A cultura possui um ciclo produtivo que é em média de seis anos com cinco cortes. O aproveitamento integral da cana-de-açúcar é fator fundamental para a sustentabilidade do processo produtivo do complexo sucroenergético. Devido à diversidade de usos de seus produtos e subprodutos, essa cultura tem se mostrado uma das matérias-primas mais importantes.

A cultura possui dois produtos essenciais para a economia mundial: o açúcar, que é parte indispensável para a alimentação humana. E o álcool, utilizado nas bebidas alcoólicas como a cachaça ou como combustível para veículos, comumente conhecido como etanol (AGROPOS, 2021).

O aproveitamento dos subprodutos da cana-de-açúcar na indústria alimentícia, produção de etanol de segunda geração, construção civil e produção de energia elétrica são exemplos das opções de aproveitamento desses resíduos. Como pode ser visto, o uso desses subprodutos tem implicações na viabilidade econômica, fluxo do processo, sustentabilidade e impacto ambiental (SILVA et al., 2021).

Usualmente, a cana-de-açúcar, em muitas regiões do Brasil, é como bebida *in natura*, popularmente conhecida como caldo de cana ou garapa. E por meio do seu processamento, na maioria das vezes, artesanal, pode ser obtido, com o caldo de cana, o melado, açúcar mascavo e rapadura.

Da cana-de-açúcar pode ter seu proveito em absolutamente tudo, porquanto os subprodutos e resíduos podem ser utilizados na alimentação humana e animal, fertilização de solos e na geração de energia, sendo um ponto das práticas ambientais sendo levadas em consideração. Em meio aos subprodutos e resíduos, destacam-se: bagaço, melaço (ou mel final), torta de filtro, vinhaça, óleo fúsil, álcool bruto e levedura seca (AGROPOS, 2021).

Os subprodutos da cana têm enorme importância econômica, como a geração de energia, que auxilia no acréscimo da oferta e redução dos custos, que coopera para expandir a sustentabilidade do setor. Consequentemente com a crescente demanda por

energia renovável, o bioetanol de cana-de-açúcar é uma das mais importantes fontes renováveis de energia, por ser uma opção energética estratégica e supostamente sustentável (CRISTÓBAL et al., 2016).

Atualmente, o Brasil encontra-se em primeiro lugar no ranking de produção e exportação de etanol e açúcar do mundo (UDOP, 2021). Desta forma, o açúcar representou a primeira riqueza agrícola e industrial do Brasil, isso por causa da versatilidade e à adaptabilidade da cana em nosso clima e solo, que por muito tempo, foi a base da economia colonial (UDOP, 2021).

Além da produção de açúcar, o Brasil possui lugar de destaque mundial na produção de biocombustível etanol, representando mercado em constante expansão. Com área de 9,6 milhões de hectares plantados e com aproximadamente 734 milhões de toneladas produzidas por ano, sendo o país maior produtor e exportador de açúcar e o maior exportador e o segundo maior produtor de etanol do mundo, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior -MDIC (2021). De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), (2022) fora estimada a produção de etanol de aproximadamente 25,83 bilhões de litros do combustível a partir da cana, redução de 2,2% comparado ao ciclo anterior.

Em relação ao etanol, o Brasil exportou cerca de 607,8 milhões de litros no acumulado dos primeiros quatro meses da safra 2022/23 (abril a julho), segundo o Ministério da Economia, cujo volume corresponde a uma queda de 10,7% em comparação com o mesmo período da safra anterior. Deste modo, como no caso do açúcar, essa redução é impactada pela desvalorização do dólar em relação ao real, à frente da estimativa de queda na produção (CONAB, 2022). As principais tecnologias com potencial de contribuição para a produtividade e resistência da cana-de-açúcar estão relacionadas com o melhoramento genético, controle de pragas, as técnicas de plantio, os tratamentos culturais e a colheita do milho (NOVACANA, 2021).

2.2 Expansão do Setor Sucroenergético

A expansão nacional da produção da cana-de-açúcar iniciou com a concepção do programa federal, denominado PRÓALCOOL, sob resposta à crise do petróleo na década dos anos 1970, cujo objetivo primordial era a criação de um substituto para o petróleo que reduzisse a dependência do país no que se refere à sua variação de preço. (PACCA; MOREIRA, 2009). Essa expansão das áreas de cana-de-açúcar ocorre especialmente pelo

incentivo ao desenvolvimento local e pela procura por soluções para os desafios ambientais.

Conforme CONAB (2022) o país estima-se produzir 572,9 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na sua próxima safra 2022/23. Cujo resultado representa aumento de 1,6% referente a média nacional no rendimento das lavouras do país que é um contraponto para a redução de 2,6% na área do cultivo. Porém, também representa leve queda de 1% comparada ao ciclo anterior.

O setor sucroenergético nacional está se beneficiando das atuais políticas nacionais de estímulo à produção de biocombustíveis, a exemplo do Renovabio que se apresenta como Política Nacional de Biocombustíveis, constituída pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, cujo desígnio é ampliar a produção de biocombustíveis no Brasil e que deve aumentar ainda mais a utilização de renováveis como o etanol, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Também passa por um novo ciclo de expansão à medida que os mercados externos se abrem e aceitam o açúcar e o álcool brasileiros.

No entanto, vale destacar que, de acordo com a tendência de desenvolvimento da produção de açúcar e etanol no Brasil, o aumento da produção de cana-de-açúcar é necessário para sustentar a expansão emergente do setor, baseada principalmente em novas áreas de produção, uma vez que, nos últimos anos, a produtividade do setor não teve aumento substancial (FERRAZ et al., 2013).

O crescimento do setor vem acompanhado das preocupações em decorrência dos impactos ambientais ocasionados pela agricultura e pecuária, sobretudo ao consumo de água, utilização de agrotóxicos e fertilizantes, emissão de gás metano, queimadas e desmatamentos de vegetação nativa derivados da expansão do agronegócio (ASSAD et al., 2012).

A expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Centro-Oeste é, em princípio, uma alternativa técnica e economicamente viável, mas dadas as condições de sustentabilidade e em áreas de significativa importância ambiental, social e econômica, decorrentes da mudança da dinâmica de uso do solo associada ao risco de impacto. Deste modo a expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás é caracterizada pela expansão das fronteiras agrícolas.

No entanto, para que essas mudanças não comprometam a sustentabilidade, é necessário identificar ferramentas e indicadores de sustentabilidade que possam mostrar qual dimensão (social, ambiental, econômica ou institucional) é mais afetada

(RODRIGUES; NAJBERG, 2013), mitigando os impactos negativos e potencializando os positivos.

3 METODOLOGIA

O estudo caracterizou-se como pesquisa qualitativa, com foco fundamental na compreensão do fenômeno e seu possível impacto no meio ambiente. O método utilizado foi revisão de literatura, de modo que a questão de interesse, a base de dados a ser analisada, a combinação de palavras-chave e os critérios de inclusão e exclusão dos artigos tiveram que ser pré-determinados para, posteriormente, avaliar, sintetizar e interpretar os dados. A pergunta de interesse foi: “*Quais impactos socioambientais que o setor sucroenergético desempenha no meio e quais indicadores de sustentabilidade utilizados avaliação do setor?*”.

Para responder a essa pergunta foi realizada a busca em agosto de 2022 e a atualização dos dados em outubro de 2022, de forma a contemplar os artigos publicados até o momento da pesquisa, em duas plataformas de pesquisa científica: SciELO e periódicos CAPES. Uma vez que a presente revisão foi direcionada para estudos no Brasil, as plataformas utilizadas para garantir que estudos publicados em revistas regionais fossem incluídos na análise. Além disso, visando obter significativo número de artigos e, desta forma, proporcionar melhor diagnóstico dos estudos brasileiros, foi delimitado um período específico para a busca entre os anos de 2010 e 2022.

Para a localização de artigos, utilizou-se a seguinte combinação de palavras-chave vinculadas por operadores booleanos “AND” e “OR”: (“*sugarcane*” OR “*sustainability*” OR “*environmental impacts*” OR *agriculture*) AND (*Brazil*). A combinação de palavras-chave, os operadores booleanos, as aspas e os parênteses foram empregados como processo de busca, a fim de limitar as informações e garantir maior precisão da pesquisa.

Após a busca, como primeiro passo, foi feita ordenação dos artigos, registrada em planilha para que se pudesse orientar a análise. As informações anotadas nesta seção foram: ano de publicação, autor, periódico, campo de pesquisa e motivos da inclusão ou exclusão do artigo.

A partir do registro das informações mais gerais dos artigos, foram lidos e analisados os títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos identificados. Esta etapa visa garantir que os artigos atendam aos critérios de inclusão. Critérios foram

definidos para refinar a busca de artigos dedicados a discutir claramente a relação entre impactos ambientais e setor sucroenergético.

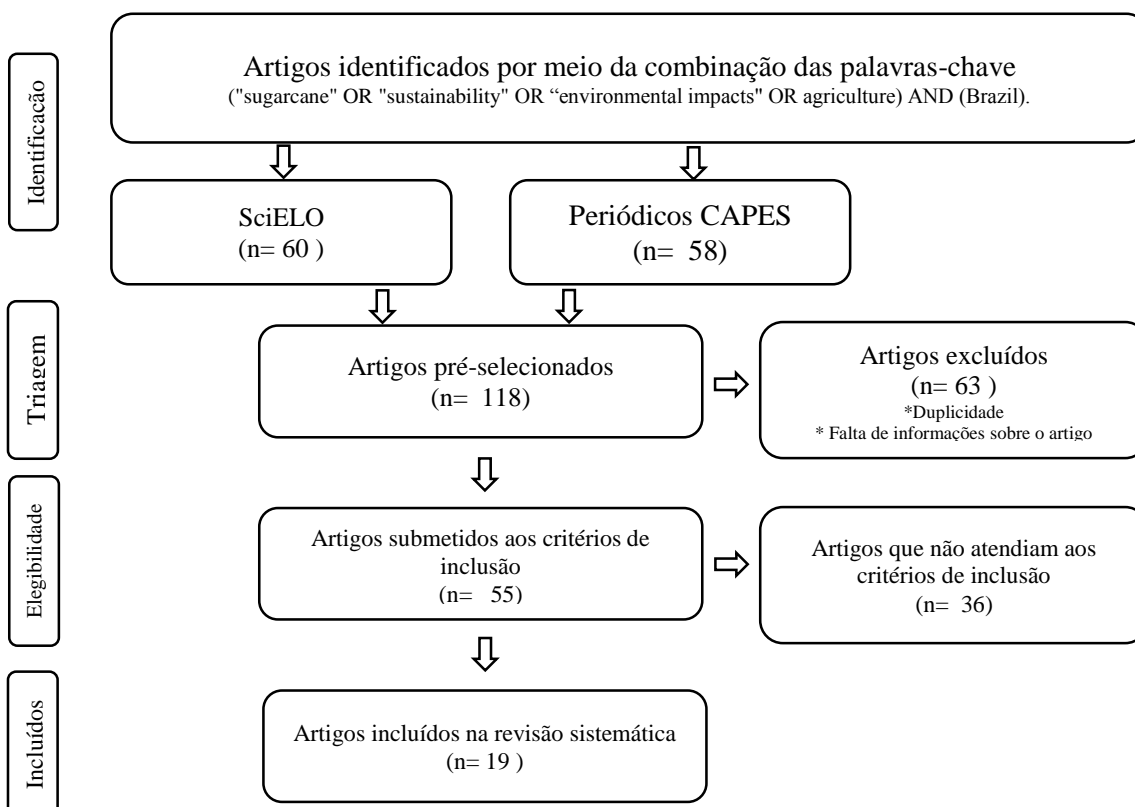
Quanto aos critérios de exclusão, não foram incluídos estudos não realizados no Brasil, artigos de revisão e artigos não disponíveis em texto completo em formato PDF. Após a triagem, na etapa seguinte, os artigos foram lidos na íntegra, possibilitando que fossem excluídos outros artigos conforme critérios. Deste modo, a lista de verificações se deu a partir dos temas de destaque que foram identificados nos artigos pesquisados, sendo eles: (i) impactos ambientais do setor sucroenergético; (ii) sustentabilidade no setor sucroenergético e (iii) desenvolvimento sustentável na cultura da cana-de-açúcar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relato da busca bibliográfica

Dos artigos que compõem o banco de dados (Figura 1), foram incluídos 60 da SciELO e 58 dos periódicos da CAPES, totalizando 118 artigos científicos selecionados.

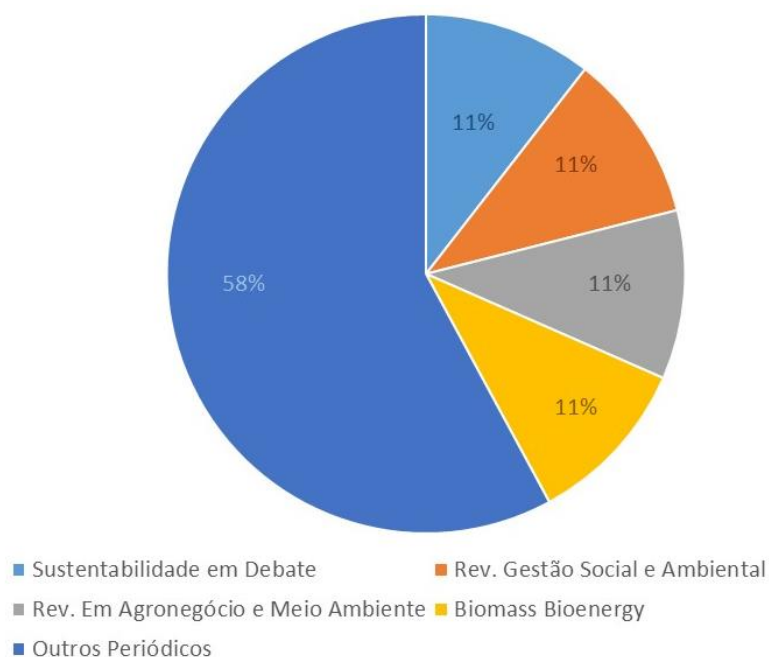
Figura 1 - Fluxograma da pesquisa e triagem dos artigos obtidos nas plataformas de pesquisa SciELO e periódicos CAPES até o ano de 2022.



Fonte: CAPES (2022), elaborado pelo autor.

Os periódicos com maior número de publicações foram: Revista de Gestão Social e Ambiental, Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Sustentabilidade em Debate e *Biomass Bioenergy* representando cada um 11%, respectivamente, e outros periódicos com 58% com apenas uma publicação cada (Figura 2).

Figura 2 – Periódicos das publicações de artigos selecionados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Dentre os artigos do banco de dados, apenas 19 foram selecionados para análise e discussão (Quadro 1).

Quadro 1 – Artigos selecionados conforme a pergunta interesse: “Quais impactos ambientais que o setor sucroenergético desempenha no meio e o papel dos indicadores de sustentabilidade para tornar o setor mais sustentável? ”.

Ano	Autor(es)	Títulos	Periódicos	Qualis (Novo) CAPES
2022	SILVA, G. M. C. D.; PÉRICO, A. E.	Eficiência e sustentabilidade: uma análise econômica, social, ambiental e sustentável das usinas paulistas de cana-de-açúcar.	Revista de Economia e Sociologia Rural	A3
2021	SILVA, D. L. G. et al.	Cana-de-açúcar: aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade.	Research, Society and Development	A3
2019	GOMES, C. S.	Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na	Cadernos do Leste	-

		conservação dos recursos naturais.		
2019	JESUS, K. R. E, et. al	Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Decision Support System.	Environmental Development	A1
2018	AMORIM, F. R.; PATINO, M. T. O.; MARCOMINI, G. R.	Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em usinas no estado de São Paulo.	Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente	A4
2018	RIBEIRO, A. R. B., et al.	Gestão da sustentabilidade no cultivo da cana-de-açúcar: um estudo de caso no Nordeste do Brasil.	Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente	A4
2017	KLINE, K.L., et al.	Reconciling food security and bioenergy: priorities for action	GCB Bioenergy	A1
2016	CRISTÓBAL, J. et. al	Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chains.	Biomass Bioenergy	A1
2015	DUARTE, C. G.; MALHEIROS, T. F.	Sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados.	Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade	A3
2014	CHIARAVALLI, R. M. et al.	Efeitos da expansão da cana de açúcar no sudeste do Mato Grosso do Sul e possíveis caminhos para uma agenda sustentável.	Sustentabilidade em Debate	B1
2014	MACHADO, P. G. et al.	Diagnóstico da expansão da cana-de-açúcar.	Sustentabilidade Em Debate	B1
2014	MEYER, M. A.; PRIESS, J.A.	Indicators of bioenergy-related certification schemes – an analysis of the quality and comprehensiveness for assessing local/regional environmental impacts.	Biomass Bioenergy	A1
2013	FERRAZ, R.; SIMÕES, M., DUBREUIL, V.	Indicadores para a avaliação do processo de expansão da cultura canavieira no sul do estado de Goiás.	Brazilian Journal of Environmental Sciences	A3
2013	RODRIGUES FILHO, S.; JULIANI, A. J.	Sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.	Estudos Avançados	A1
2013	RODRIGUES, D. M.; NAJBERG, E.	Indicadores de sustentabilidade das políticas públicas decorrentes da expansão do setor sucroalcooleiro em Carmo do Rio Verde (GO).	Revista de Gestão Social e Ambiental	A3
2012	LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O.	Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar.	Future Studies Research Journal	A4
2011	LIMA, S.S et al.	Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agrofloretais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí.	Rev. Árvore	B2
2010	PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M.	Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros.	Oecologia australis	B3

2009	PACCA S.; MOREIRA, J. R.	Historical carbon budget of the brazilian ethanol program.	Energy Policy	A1
------	--------------------------	--	---------------	----

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para o escopo do estudo, fica evidente maior número de publicações para o ano de 2013 e 2014 (31,5%), seguidos de 2018 e 2019 (21%). Destes artigos, 14 foram publicados em periódicos classificados no estrato A do *Qualis* Periódicos da Capes.

4.2 Impactos Ambientais

As atividades econômicas se intensificaram nas últimas décadas, onde houve uma preocupação crescente com seu impacto no meio ambiente. Melhorar a competitividade e buscar o crescimento econômico sustentável tornaram-se os principais veículos para essa mudança (SILVA; PÉRICO, 2022).

Deste modo, destaca-se a ótica ambiental e os impactos causados pelas atividades da agroindústria canavieira. Ou seja, o termo "impacto ambiental" foi definido com mais precisão nas décadas de 1970 e 1980, quando os países perceberam a necessidade de diretrizes e padrões para avaliar os efeitos adversos da intervenção humana na natureza. Com tal característica, impacto ambiental é a mudança no meio ambiente ou em um de seus componentes por uma determinada ação ou atividade. Essas mudanças precisam ser quantificadas porque apresentam mudanças relativas, que podem ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas (LIBONI; CESARINO, 2012).

De acordo com a Resolução do CONAMA n. 001 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 23 de janeiro de 1986, define que:

“Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986. p.2548).”

Já a Norma ABNT ISO 14001 (2015, p.3), a definição do termo impacto ambiental é “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”.

Com a constante procura por combustíveis renováveis que substituam o petróleo e não sejam tão nocivos ao meio ambiente, torna a cana-de-açúcar cultura de suma

importância mundial na busca de um modelo de desenvolvimento sustentável (UDOP, 2021).

A cultura da cana-de-açúcar possui apelo pelas práticas sustentáveis em todos os âmbitos da nossa vida, as diversas possibilidades oferecidas pela cana-de-açúcar ganham lugar de destaque no cenário atual. Sendo fonte renovável de diversos produtos, a tendência é que ocorra aumento expressivo na busca pelos artigos derivados desse cultivo (UNICA, 2021).

A agricultura se afastou dos processos naturais ecológicos, afetando a flora, fauna e a própria espécie humana. Deste modo, a conversão de áreas florestadas em lavouras agrícolas representa mudança radical no ecossistema original, já que ocasiona em alterações morfológicas, físicas, químicas e biológicas no que se refere aos atributos do solo, e que podem gerar impactos significativos, em que os mecanismos naturais de reciclagem e de proteção do sistema são alterados (LIMA et al., 2011).

Os setores produtivos das sociedades organizadas ao redor do mundo foram surpreendidos pela intensidade das pressões regulatórias sobre as quais atuam. Em particular, as pressões referentes ao comportamento socioambiental responsável são cada vez mais reconhecidas como fundamentais para a sustentabilidade do crescimento e bem-estar humano (LIBONI; CESARINO, 2012).

Desta forma, para os mesmos pesquisadores, os impactos ambientais do setor sucroenergético abrangem “os efeitos na qualidade do ar e no clima global, no uso do solo e biodiversidade, na conservação do solo, nos recursos hídricos e no uso de defensivos e fertilizantes”. No Quadro 2, relaciona-se autores e os principais impactos ambientais no meio físico (solo, água e ar) ocasionados pelo cultivo extensivo de cana-de-açúcar.

Quadro 2 – Principais impactos da cana-de-açúcar que ocorrem na esfera ambiental – Fator do Meio Físico-Químico.

Fator do Meio Físico-Químico	Impacto
Solo	Em consequência da mudança do uso do solo, ocasionado pela supressão da vegetação natural e a sua modificação em áreas cultivadas, da degradação do solo das áreas cultivadas, causadas por práticas inapropriadas de manejo e do uso discriminado de agrotóxicos e fertilizantes (SAMBUICHI et al., 2012).
	Ocorre a alteração da microbiologia do solo, a morte de polinizadores e de organismos que controlam as populações de pragas e prejuízos às lavouras (PINHEIRO, 2010).
	Aplicação excessiva de adubos, corretivos minerais e a erosão do solo em áreas de renovação da lavoura (AMORIM et al., 2018).
Água	Com o uso excessivo de fertilizantes químicos, causam impactos severos no ambiente, podendo ocasionar à eutrofização de cursos d’água, lagos e mananciais, acidificação dos

	solos, contaminação de aquíferos, geração de gases associados ao efeito estufa e a destruição da camada de ozônio (SAMBUICHI et al., 2012).
	As queimadas praticadas na agricultura facilitaram o corte da cana-de-açúcar e a limpeza da terra pelos trabalhadores. Isso tem contribuído para o aumento do teor de sacarose, à medida que o calor é gerado, o que contribui para a evaporação da água (SANTOS; ALMEIDA, 2007).
	O uso de água para irrigação é uma atividade essencial para a agricultura no mundo todo e, não obstante os canaviais sejam cultivados em sua maioria pelo sistema de sequeiro, que está à serviço de precipitação natural, há uma dependência de sistemas de irrigação. Mas é possível usar nos cultivos água residuária proveniente das próprias usinas, que é chamada de “irrigação de salvamento”, atividade que economiza o consumo de água e evita seu desperdício (UNICA, 2021).
Ar	A principal justificativa está atrelada ao processo de produção, que contrariamente do petróleo, não tem a retirada de matéria orgânica depositada há milhares de anos e a decorrente emissão de dióxido de carbono (CO ₂) na atmosfera em consequência às queimadas (CHIARAVALLOTTI, 2014).
	Um dos assuntos mais discutidos no momento é a mudança climática. Tais preocupações levaram os países a acelerar a busca por fontes de energia renovável, revisar os padrões atuais de energia e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (LIBONI; CESARINO, 2012).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

É importante salientar sobre o uso em excesso de agrotóxicos na agricultura sendo considerável agente de contaminação do solo, das águas e do ar devido à sua toxicidade, sua permanência no solo e o crescente aumento dos teores encontrados no ambiente, pois é estimado que cerca de 30% do total de agrotóxico permanece na planta (GOMES, 2019).

E em relação aos resíduos do cultivo e industrialização da cana-de-açúcar, muitos estudos têm desenvolvido formas de reaproveitá-los, a fim de evitar desperdícios e contribuir para a sustentabilidade do setor, além de fornecer matéria-prima para outros setores. Portanto, pode-se afirmar que o setor sucroenergético, com estas inovações, contribui para uma abordagem ecológica de proteção ao meio ambiente. Especialmente por meio de investimentos em novas tecnologias, como melhoramento genético e gestão de resíduos (SANTOS; ALMEIDA, 2007).

Nesse sentido, a colheita mecanizada sem queima de palha e o aproveitamento de resíduos têm recebido incentivos para que os objetivos preconizados pelo desenvolvimento sustentável possam ser plenamente alcançados (FONTANETTI; BUENO, 2017). A impermeabilização dos canais de vinhaça no período da safra das empresas exportadoras não é executada, assim como a incorporação do fertilizante nitrogênio (AMORIM et al., 2018).

Deste modo, além dos impactos ambientais causados pela queima da vinhaça no meio Físico-Químico tem impactos no Fator do meio Biótico (flora e fauna), como pode-se observar no Quadro 3:

Quadro 3 – Principais impactos da cana-de-açúcar, que ocorrem na esfera ambiental – Fator Meio Biótico.

Fator do Meio Biótico	Impacto
Flora	“A queima da palha da cana-de-açúcar se tornou um dos fatores que, acompanhados dos aspectos sociais e ambientais decorrentes do processo de expansão dessa monocultura no estado, ocasionou várias formas de degradação ambiental com alto potencial de risco a fauna e flora, além de ser prejudicial ao próprio ser humano, gerando consequências como: invasão de Biomas e as Áreas de Preservação Permanente (APP) ou de Preservação Ambiental (APA)”(BRITTS et al., 2016).
	“Cultivos extensivos e manejo convencional com o uso de arados, grades pesadas e subsoladores, como é caso da cana-de-açúcar, afetam vários grupos taxonômicos, pois influenciam a agregação dos componentes do solo e reduzem a atividade biológica”(SAAD; et al., 2017, p.132).
	“A alta carga orgânica presente na vinhaça induz a proliferação de microrganismos que esgotam o oxigênio dissolvido na água, destruindo, conseqüentemente, pela falta de oxigenação a fauna e a flora aquáticas”(CORREIA et al., 2017, p.252).
Fauna	“Fatores como lavração, exposição ao sol e uso de adubos químicos afetam diretamente a fauna edáfica, que pode ser usada como bioindicadores da qualidade do solo por ser sensível a mudanças no ambiente ” (SAAD et al., 2017, p.131).
	“Em relação à abundância da fauna edáfica que forrageia sobre e nos interstícios do solo. Essa fauna é constituída especialmente de invertebrados classificados como mesofauna e possui funções ecológicas associadas a diferentes processos, revolvimento do solo, incorporação da matéria orgânica e até mesmo de controle biológico” (SAAD et al., 2017. p.137).
	“O uso de vinhaça afeta diversas propriedades físico-químicas que são importantes para a fauna edáfica, o que pode influenciar suas comunidades” (SAAD et al., 2017. p.139).
	“No geral, as práticas agrícolas convencionais provocam diversas alterações na composição e diversidade da fauna edáfica, ocasionando a diminuição e mudanças na estrutura da população de determinados grupos, especialmente nas comunidades de formigas” (SOUZA-CAMPANA et al., 2017. p.157).
	“Os invertebrados da fauna terrestre têm sido os mais utilizados como organismos bioindicadores com o intuito de avaliar os efeitos causados por substâncias tóxicas aplicadas no solo” (CHRISTOFOLETTI et al., 2017. p.197).
	“Como a fauna edáfica possui papel fundamental na decomposição e mineralização do solo e, conseqüentemente, na sua fertilidade, as consequências geradas pela aplicação desses resíduos na agricultura devem ser identificadas e avaliadas com vistas a favorecer a sustentabilidade ” (CHRISTOFOLETTI et al., 2017. p.199).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

À vista disso, o desenvolvimento da indústria deve ser equilibrado com valores sociais e ambientais. Para tanto, o primeiro passo para a expansão deve ser a determinação dos impactos sociais, econômicos e ambientais do setor sucroenergético (LIBONI; CESARINO, 2012).

Em que pese os impactos ambientais, também é importante levantar pontos sobre os quais levam em conta o desenvolvimento do setor e os impactos ocasionados nas esferas social e econômica. No Quadro 4 visualiza-se os textos que os autores apresentam.

Quadro 4 – Principais impactos da cana-de-açúcar que ocorrem nas esferas social e econômica.

Meio antrópico	Impactos
Econômico	Embora a agricultura seja importante para a economia e subsistência do Brasil, há necessidade de melhorar a eficiência do uso dos recursos naturais e reconhecer o impacto das tecnologias antropogênicas sob a incerteza climática futura (RIBEIRO et al., 2018).
	O etanol ganhou força à medida que cresce a conscientização sobre as limitações dos combustíveis fósseis e os estragos que o uso de fontes de energia não renováveis pode causar ao meio ambiente. Os altos preços do petróleo nos mercados mundiais e a pressão internacional para reduzir as emissões de gases de efeito estufa estão acelerando a expansão dos canaviais dedicados ao aumento da produção de etanol nos mercados interno e externo (LIBONI; CESARINO, 2012).
	Os resultados relacionados ao aspecto econômico mostram que as empresas que exportam seus produtos apresentam melhor desempenho financeiro (AMORIM et al., 2018).
Social	Na frente social, alguns estudos têm demonstrado que o corte manual da cana-de-açúcar pode levar a acidentes industriais e até mesmo à morte por más condições de trabalho e adoção de posturas incorretas, movimentos corporais bruscos, repetitivos e vigorosos, trabalhos manuais etc. No entanto, com a mecanização da colheita e do plantio, outras variáveis, como qualificação dos trabalhadores e desemprego das atividades mecanizadas, merecem estudo especial (AMORIM et al., 2018).
	Na esfera social, não há diferença entre o faturamento das empresas exportadoras de subprodutos e das que não exportam, nem a quantidade de cana produzida pelos trabalhadores (AMORIM et al., 2018).
	O setor sucroenergético contribuiu e continua contribuindo para a geração de empregos nos setores agrícola e industrial. No entanto, à medida que esses números aumentam, o trabalho direto ameniza, principalmente relacionado à terceirização, ganhos de produtividade e mecanização (FONTANETTI; BUENO, 2017).
	A preocupação com a preservação ambiental e a saúde pública parece sempre presente quando se trata da criação e utilização das técnicas de colheita mecanizada. Embora possa haver dificuldades de implantação, alguns produtores apontam que a mecanização é a opção mais adequada para as necessidades atuais do setor, como redução de mão de obra e responsabilidade socioambiental (RIBEIRO et al., 2018).
	Além disso, o despejo da vinhaça nos cursos d'água provoca mau cheiro e contribui para o agravamento de endemias como a malária, a amebíase e a esquistossomose” (CORREIA et al., 2017, p.252).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Perante o exposto, a agroindústria, e todas as atividades humanas em geral, devem ser redirecionadas para considerar os fatores ambientais como um importante elemento de gestão, capaz de incorporar em seus agroecossistemas para produção sustentável. Por isso, a atividade econômica deve ser localizada e extraída do ambiente natural, até a sua capacidade de suporte (LIBONI; CESARINO, 2012).

À medida que a demanda cresce e a produção se expande com ela, a necessidade de avaliar o impacto na sociedade e no meio ambiente é inquestionável. O Brasil, com suas vastas terras cultiváveis e próprias à produção de cana-de-açúcar, tem potencial de expansão, além do conhecimento acumulado em décadas de pesquisa e produção de bioetanol, mas as consequências devem ser analisadas, não apenas para a simples viabilidade econômica (MACHADO et al., 2014).

Os custos ambientais resultantes da forma de produção e expansão das agroindústrias necessitam ser incorporados nas transações financeiras, para que deste modo, demonstre e avalie na esfera econômica as perdas ambientais e se de fato é vantajoso manter a lógica de funcionamento do agronegócio.

Para controlar os impactos ambientais ocasionados pelo agronegócio é necessário adotar e implantar práticas de manejo sustentável, investir em métodos que envolvam a diversificação e rotação de culturas, bem como a utilização de insumos alternativos agrícolas e pouco agressivo para o controle de pragas. Se esses sistemas de produção de baixo impacto ambiental forem bem executados, as técnicas podem ser veiculadas para as áreas degradadas e com baixíssima produção (GOMES, 2019).

Conseqüentemente é necessário que toda a cadeia produtiva da cana-de-açúcar assegure a sustentabilidade ambiental visando atender aos ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Por isso, desde a semeadura, manejo e colheita, o país busca novas tecnologias que visem aumentar a produtividade e alcançar a sustentabilidade em toda a cadeia produtiva (FONTANETTI; BUENO, 2017).

4.2.1 Impactos Ambientais no Setor Sucroenergético no Estado de Goiás

A gradação do setor sucroenergético no Estado de Goiás é resultado do grande potencial para expansão da cultura da cana-de-açúcar, em vista que outros fatores, “como benefícios fiscais, recursos hídricos abundantes, clima e topografia favorável, estão estimulando a expansão sucrolacoleira no Estado” (CHIEPPE JÚNIOR, 2015).

Sendo assim, dentre os impactos analisados anteriormente, é possível fazer a listagem dos impactos ocasionados pelo setor através do estudo realizado por Cunha e Pasqualetto (2021) nas agroindústrias do norte do estado.

Quadro 5 – Listagem dos impactos ambientais ocasionadas pelas atividades das agroindústrias do Estado de Goiás.

Atividade	Impacto ambiental
Transporte de Colmos da Cana-de-Açúcar para Usina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Queima de combustíveis e trânsito de máquinas, implementos e veículos na lavoura. 2. Concentração de particulados pela intensa mobilização de veículos. 3. Maior uso de máquinas e equipamentos para o carregamento e transporte da cana. 4. Maior tráfego de veículos longos e pesados durante o transporte da cana para beneficiamento.
Contratação de Mão-de-Obra Sazonal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expansão da atividade agroindustrial. 2. Necessidade de contingente de mão-de-obra na etapa de fabricação e açúcar e álcool.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade. 4. Força de trabalho local.
Tratamento Inicial da Cana-de-Açúcar na Indústria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento da pressão hídrica pelo consumo de água no sistema produtivo de uma usina sucroalcooleira. 2. Maior geração de efluentes, advindos da limpeza dos gomos da cana-de-açúcar, podendo causar contaminações no solo e na água. 3. Maior geração de resíduos sólidos provindos da limpeza da cana-de-açúcar, podendo causar danos ao meio ambiente. 4. Poluição sonora.
Moagem da Cana-de-Açúcar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior geração de efluente, proveniente do processo de limpeza do sistema de extração do caldo, podendo causar degradações ao meio ambiente. 2. Produção do bagaço de cana-de-açúcar, podendo degradar o meio ambiente. 3. Poluição sonora.
Produção do Açúcar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior geração de efluentes, devido à limpeza do sistema de produção de açúcar. 2. Maior produção do melaço de cana-de-açúcar. 3. Aumento de resíduos da torta de filtro. 4. Poluição sonora.
Produção do Etanol	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior geração de efluentes, advindos da limpeza do sistema de produção de açúcar. 2. Aumento da vinhaça, que possui alto potencial de contaminação do solo e da água. 3. Poluição sonora.
Alimentação Energética da Agroindústria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior demanda de biomassa de madeiras para alimentação da caldeira. 2. Aumento de fuligens e cinzas.

Fonte: Cunha e Pasqualetto (2021), adaptado pelo autor.

O Estado de Goiás, vem acarretando a degradação do bioma devido à erosão do solo, poluição e assoreamento de rios e lagos causados pelo desmatamento no entorno, além do uso excessivo de água para a agricultura. Outro ponto, são as questões ambientais e socioeconômicas e as consequências entre a população e o ambiente que ali se adaptam, além de acelerar a depreciação da biodiversidade. Deste modo, com o crescimento espreado das cidades, estas transformações provocaram também profundas alterações no tecido urbano e no modo de vida da população local no que diz respeito à organização do espaço, à construção habitacional e à organização familiar (CHIEPPE JÚNIOR, 2015).

No geral, pode-se dizer que os impactos socioeconômicos e ambientais do transporte no processamento da cana-de-açúcar no estado podem ser considerados de moderada a alta relevância, pois as agroindústrias ainda apresentam baixo investimento para a mitigação dos impactos negativos ocasionados pela atividade sucroenergética (CUNHA; PASQUALETTO, 2021).

Desta maneira, as agroindústrias goianas buscam gradativamente se adaptar, através da adoção dos programas ambientais adaptados às necessidades do ecossistema.

Também é evidente que eles se esforçam para acompanhar as mudanças no perfil do consumidor e melhorar seu perfil e competitividade diante da concorrência nacional e internacional (FERREIRA, 2013).

4.3 Indicadores de Sustentabilidade

Para abordar os indicadores de sustentabilidade, torna-se primordial compreender a origem do termo desenvolvimento sustentável.

“A idealização do desenvolvimento sustentável desde a “Declaração de Estocolmo” na Conferência das Nações Unidas, em 1972, passou por redefinições e discussões, com a finalidade de estabelecer critérios e princípios comuns que oferecessem a todos os povos inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente” (KIANG et al., 2017, p. 268)

Segundo o Relatório Brundtland da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (EDWARDS, 2013), o desenvolvimento sustentável “é aquele que deve atender às necessidades da geração presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

“Criada em 1987 pela Comissão para o Meio Ambiente da ONU, sob a direção de Gro Harlem Brundtland, aborda as necessidades de recursos ambientais das gerações presentes e futuras. A definição de Brundtland talvez seja o maior imperativo para o desenvolvimento global no século XXI. Suas repercussões foram muito abrangentes e impactantes” (EDWARDS, 2013, p. 20).

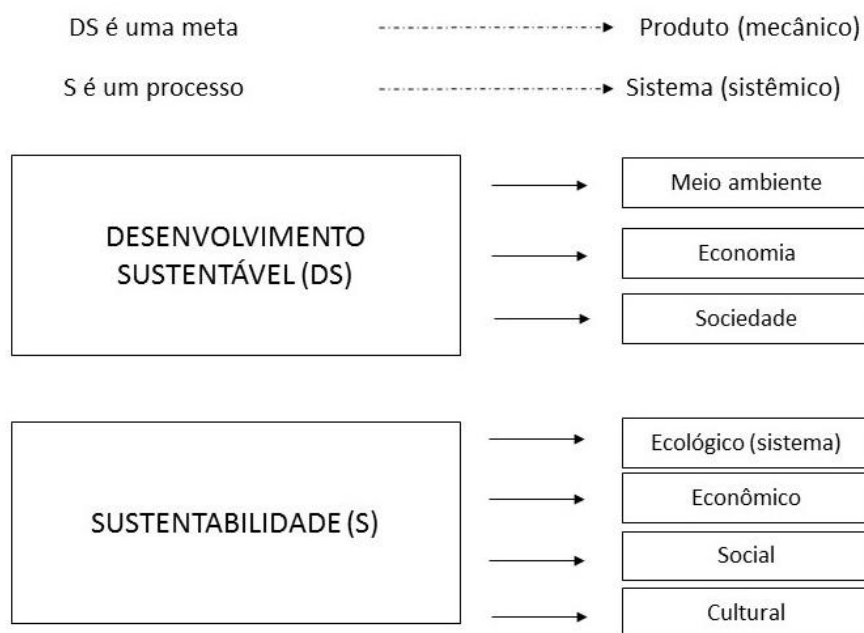
A Comissão Brundtland argumentava que os sistemas econômicos e sociais não podem ser independentes das questões ambientais. Para o benefício das gerações futuras, as ideias de crescimento e bem-estar social devem ser equilibradas com a conservação dos recursos ambientais para o presente (EDWARDS, 2013).

Em suma Edwards (2013) salientou que o conceito de desenvolvimento sustentável “possui amplas ramificações para os responsáveis por esse desenvolvimento” e no que se diz respeito ao contexto do crescimento sustentável, o autor questiona a correta “possibilidade de conciliação entre a sustentabilidade econômica e ambiental”. Entretanto o autor faz essa exemplificação com a diferenciação entre os conceitos entre Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Diferença entre Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Diferença entre Desenvolvimento Sustentável (DS) e Sustentabilidade (S)



Fonte: EDWARDS, 2013.

No cerne deste conceito de desenvolvimento sustentável está a redefinição de riqueza para incluir o capital natural: ar puro, água limpa, uma camada de ozônio eficiente, oceanos não poluídos, terras férteis e rica diversidade de espécies. Os meios propostos para garantir a proteção desse capital natural são as normas regulatórias e, mais importante, deve ser fixado um preço adequado para o uso do capital natural, um legado que antes era considerado ilimitado e, portanto, não requer custos (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2013).

As questões ambientais não são diferentes das questões sociais e econômicas. As políticas ambientais também podem melhorar a vida dos cidadãos. As soluções ecológicas, sociais e econômicas se complementam, garantindo cidades mais saudáveis, dinâmicas e multifuncionais. Mais importante ainda, uma cidade autossustentável é sinônimo de qualidade de vida para a próxima geração (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2013).

A sustentabilidade nos níveis econômico, social e ecológico pode ser alcançada pela adoção de tecnologias adaptadas às diferentes condições locais, pela agregação de bens e serviços mais duráveis e distribuídos de forma mais equitativa e, principalmente,

por uma nova visão do uso dos recursos, a energia do sistema Valorização de insumos e conhecimento local (FERRAZ, 2003).

Por isso, o objetivo final do desenvolvimento econômico sustentável é deixar para as gerações futuras um estoque de capital natural igual ou superior ao nosso próprio legado (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2013).

Já os autores Rodrigues Filho e Juliani (2013) afirmam que os conceitos de desenvolvimento e desenvolvimento sustentável passaram por um processo de refinamento e rediscussão, e os debates se intensificaram em diferentes fóruns, com o objetivo de estimular reflexões em prol da construção de novas visões, principalmente no que diz respeito às questões energéticas globais. Essas discussões ajudam a refinar esses conceitos, mas contrastam com os níveis de desenvolvimento e histórias de sustentabilidade em diferentes partes do mundo.

Cardoso (2013), relata sobre um novo paradigma para o planejamento do desenvolvimento em cinco esferas da sustentabilidade e que devem ser considerados simultaneamente, que são:

“a) Social, com o objetivo de melhorar substancialmente os direitos e condições das amplas massas de população e reduzir as distâncias entre os padrões de vida de abastados e não abastados; b) Econômica, possibilitada pela alocação e gestão eficiente dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado, avaliado mais em termos macrossociais do que apenas por critérios de lucratividade microempresarial; c) Ecológica, envolvendo medidas para reduzir o consumo de recursos e a produção de resíduos, para intensificar as pesquisas e a introdução de novas tecnologias limpas e poupadoras de recursos; d) Espacial, voltada a uma configuração rural- urbana mais equilibrada e a melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas, envolvendo questões de concentração excessiva das áreas metropolitanas, destruição de ecossistemas frágeis, projetos de agricultura, industrialização descentralizada e rede de proteção das reservas naturais, biosfera e biodiversidade; e) Cultural, em busca das raízes endógenas dos modelos de modernização e dos sistemas rurais integrados de produção, privilegiando processos de desenvolvimento que respeitem as peculiaridades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local (CARDOSO, 2013, p. 6).”

Em contraponto, por sua vez, o conceito de consumo e produção sustentáveis foi introduzido na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável em Joanesburgo em 2002, resultando em vários acordos internacionais. O objetivo principal é estabelecer a relação entre produtividade, uso de recursos e níveis de poluição. Especificamente, esses acordos abordam as seguintes áreas: garantir que o crescimento econômico, não poluir o meio ambiente nos níveis regional e global; melhorar a eficiência do uso de recursos; analisar o ciclo de vida completo dos produtos; fornecer aos consumidores mais

informações sobre produtos e serviços; a utilização de impostos e leis que promovem a inovação em tecnologia limpa (EDWARDS, 2013).

Entretanto, pode-se citar que o modelo de apropriação da natureza através do producionismo industrial da Revolução Verde que acelerou dramaticamente a degradação ambiental e social das áreas rurais a ponto de se tornar insustentável. A Revolução Verde no Brasil altamente industrializado trouxe inicialmente um aumento na produção e produtividade, especialmente para produtos de exportação (FERRAZ, 2003).

Por conseguinte, sob perspectiva agrícola, a sustentabilidade pode ser como a capacidade dos sistemas agrícolas “de manter sua produção no longo prazo sem esgotar os recursos disponíveis, incluindo biodiversidade, fertilidade do solo e recursos hídricos, com seu manejo adequado” (KLINE et al., 2017).

Assim, ao longo da última década, organismos governamentais, não-governamentais, institutos de pesquisa e universidades de todo o mundo se interessaram em encontrar indicadores de sustentabilidade (CARDOSO, 2013).

Desta maneira, o autor Ferraz (2003) cita que os indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas devem refletir mudanças em atributos como produtividade, resiliência, estabilidade e equidade. Nota-se que não existe um indicador “universal”, mas cada sistema, com base nas suas categorias e elementos específicos, e descritores associados, tem o seu próprio conjunto de indicadores. As métricas devem ser válidas e não exaustivas. É válido, sensível e tem uma boa base estatística no sentido de que as condições descritas são realmente atendidas; e não é exaustivo, ou seja, não há muitos indicadores para um mesmo descritor. Um critério geral para a seleção de indicadores é que eles devem não apenas sinalizar a existência de degradação do sistema, mas também alertar sobre possíveis distúrbios.

Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas compostas por uma ou mais variáveis que se relacionam de diferentes maneiras, revelando as implicações mais amplas dos fenômenos a que se referem. São ferramentas importantes para orientar a ação e apoiar o monitoramento e a avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável (RODRIGUES FILHO; JULIANI, 2013).

E, deste modo, Ferraz (2003) relata que para um critério geral para a seleção de indicadores, eles “devem ser capazes não apenas de sinalizar a existência de uma degradação no sistema, mas também de advertir sobre eventuais perturbações potenciais”. Em seu raciocínio o autor conclui que para cada agroecossistema deve ser determinado um “conjunto particular de indicadores em função das condições agroecológicas e

socioeconômicas presentes” de determinada região, bem como do perfil dos “usuários finais da informação, da disponibilidade de informações existentes e dos custos envolvidos na geração de novos dados, se necessário. ”

Guimarães et al. (2010), citam alguns indicadores de sustentabilidade que podem ser utilizados para a avaliação da sustentabilidade do setor sucroenergético, dentre as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) considerando assim o critério de multidisciplinaridade, que são eles (Quadro 5):

Quadro 6 – Indicadores de Sustentabilidade utilizados no setor sucroenergético.

Dimensões	Indicadores
Ambiental: refere-se a informações sobre as mudanças nos recursos naturais como solo e água.	- Consumo de agrotóxicos - Domicílios atendidos por rede geral de água
Social: Caracteriza-se por medidas referentes a condições de renda da população com indicadores que contemplam distribuição de renda e emprego.	- Índice de Gini - Pessoal ocupado no setor Agropecuário
Econômica: Caracteriza as condições da produção das microrregiões no processo de desenvolvimento.	- PIB <i>per capita</i> - Saldo da Balança Comercial

Fonte: Guimarães et al. (2010).

Por sua vez, Cardoso (2013) indica também mais dimensões e indicadores que podem ser utilizados pelo setor sucroenergético (Quadro 6).

Quadro 7 – Indicadores de Sustentabilidade utilizados no setor sucroenergético.

Dimensões	Indicadores
Agrícola / Industrial : Esta dimensão visa analisar o sistema canavieiro sob uma perspectiva agroindustrial. Melhorar indicadores como modernização da produção, aumento da produção, tipos de plantio, políticas de resíduos sólidos, tecnologia de produção, infraestrutura, mecanização e custos de produção.	- Rotação de culturas - Distância usina / produção de cana - Cana queimada manual - Adoção do plantio direto - Variedades melhoradas para condições eco regionais mais específicas
Produtos / Subprodutos: Nesta dimensão, os indicadores são baseados em: processo tecnológico, valor do produto/subproduto, relação com outros produtos, barreiras comerciais, comercialização, distribuição etc.	- Relação preço gasolina/ etanol - Regulação de comércio de distribuição - Inclusão do etanol como <i>commodity</i> - Número de contrato para fornecer bioeletricidade
Tecnologia: Nesta dimensão objetiva-se por avaliar as inovações e investimentos no setor sucroenergético. São levantados indicadores de investimento em pesquisa e desenvolvimento em fermentação extrativa.	- Investimentos no desenvolvimento dos biocombustíveis de 2ª e 3ª gerações - Desenvolvimento de leveduras mais resistentes a concentrações mais elevadas de álcool (Fermentação Extrativa)
Política: A dimensão política visa avaliar o alcance das tomadas de decisão, acordos governamentais e	- Iniciativas do poder público com a proteção ao ambiente

demais políticas envolvendo o sistema produtivo canavieiro.	- Número de produtores / usinas que aderiram/ renovam o Protocolo Agroambiental – Projeto Etanol Verde
---	--

Fonte: Cardoso (2013).

Ao todo o autor menciona 62 indicadores em seu estudo sobre o setor e a agroindústria para avaliar a sustentabilidade em toda a cadeia produtiva, deste modo, para cada estudo a ser aplicado cabe ao avaliador indicar e escolher os que melhor representam, tendo em vista que cada região possui suas particularidades.

Edwards (2013) conclui que os indicadores são ferramentas analíticas muito úteis, porque fornecem a compreensão mais ampla da situação geral. E são divididos em duas categorias: a) aqueles que categorizam até que ponto as metas são alcançadas e b) aqueles que apontam para flutuações sistêmicas.

5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Objetivou-se identificar os impactos socioambientais do setor sucroenergético e o uso de indicadores para avaliação da sustentabilidade no setor.

Em um panorama geral, pode-se afirmar que os impactos socioeconômicos e ambientais acometidos desde o transporte até o processamento da cana-de-açúcar no Estado de Goiás podem ser considerados de média ou alta relevância, de maneira que a agroindústria apresenta baixos investimentos para a mitigar os impactos negativos da atividade sucroenergética. Deste modo, essas indústrias estão se adaptando ao adotar programas apropriados às demandas ambientais.

Assim, indicadores de sustentabilidade globais, devem ser adotados e a certificação de processos de forma clara e eficiente, que estejam alinhados às responsabilidades ambiental, social e econômica, desde a produção até o processamento e comercialização da cana-de-açúcar, seus produtos e subprodutos. Para esse propósito, são necessários investimentos dos setores público e privado e conseqüentemente aumento de pesquisas, voltadas para o desenvolvimento sustentável, conciliando os interesses de obtenção de receita, com zelo ambiental e ações sociais.

Recomenda-se futuros estudos empregando as ferramentas disponíveis para avaliar o segmento, utilizando metodologias que fazem uso de indicadores de sustentabilidade como forma de contribuir com o setor sucroenergético e a sociedade.

CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO EM GOIÁS

Resumo

A expansão da cultura da cana-de-açúcar, bem como o desenvolvimento e modernização do setor sucroenergético, contribuíram para o fortalecimento do agronegócio brasileiro, cooperando para o crescimento da economia do país. As preocupações ambientais e de equidade social têm se intensificado principalmente por causa da globalização do mercado, que impõe maiores exigências a produção de produtos comercializados. Devido a consciência socioambiental decorrente dessa nova posição global, deste modo, é necessário adequar as atividades agrícolas ou agroindustriais para que todo o sistema produtivo tenha impacto positivo no meio ambiente e na sociedade. Neste sentido, objetivou-se avaliar a sustentabilidade da expansão e dos sistemas produtivos da cultura da cana-de-açúcar no Estado de Goiás. A metodologia deu-se a partir da aplicação de dois métodos de avaliação: Método do Barômetro de Sustentabilidade e Método Sustenta-Cana. Desta forma, são fornecidos subsídios para criar um retrato da sustentabilidade da expansão e do sistema produtivo cana-de-açúcar no Estado. Os resultados indicam que o setor ocupa uma posição médio / intermediário em relação a Sustentabilidade de acordo com o Barômetro de Sustentabilidade e uma posição de alterações positivas no Índice Sustenta-Cana com a aplicação do Método Sustenta-Cana. Deste modo, os métodos são importantes ferramentas na avaliação da sustentabilidade do setor sucroenergético em Goiás.

Palavras-chave: Indicadores de Sustentabilidade, Barômetro de Sustentabilidade, Sustenta-Cana.

Abstract

The expansion of sugarcane cultivation, as well as the development and modernization of the sugar-energy sector, contributed to the strengthening of Brazilian agribusiness, cooperating with the growth of the country's economy. Environmental and social equity concerns have intensified mainly because of the globalization of the market, which imposes greater demands on the production of commercialized products. Due to the socio-environmental awareness arising from this new global position, it is therefore necessary to adapt agricultural or agro-industrial activities so that the entire production

system has a positive impact on the environment and society. In this sense, the objective was to evaluate the sustainability of the expansion and of the productive systems of the sugarcane culture in the State of Goiás. The methodology was based on the application of two evaluation methods: the Sustainability Barometer Method and the Sustenta-Cana Method. In this way, subsidies are provided to create a picture of the sustainability of the expansion and of the sugarcane production system in the State. The results indicate that the sector occupies a medium / intermediate position in relation to Sustainability according to the Sustainability Barometer and a position of positive changes in the Sustenta-Cana Index with the application of the Sustenta-Cana Method. Thus, the methods are important tools in assessing the sustainability of the sugar-energy sector in Goiás.

Keywords: Sustainability Indicators, Sustainability Barometer, Sustenta-Cana Method.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar representa umas das mais antigas culturas do Brasil. De acordo com a safra de 2020, o cultivo de cana refere à produção 715.659.212 toneladas no país, sendo 72.012.198 toneladas produzidas somente no Estado de Goiás, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE, segundo o último censo de 2021 (IBGE, 2022).

Entretanto, lidar com a sustentabilidade de um setor tão diversificado é um desafio, e o trabalho vem sendo discutido e desenvolvido em diversos programas de pesquisa - desde o melhoramento genético da cana-de-açúcar à diversos interesses (maior teor de açúcar, maior durabilidade, otimização do corte mecânico etc.), desenvolver processos industriais que aproveitem melhor os insumos e produzam mais produtos.

Além disso, o sistema de produção da cana-de-açúcar e seu processamento é bastante complexo e abrangente, devido a longa e diversificada ocupação do território brasileiro existente. Para tornar o cultivo da cana-de-açúcar sustentável, é necessário planejamento de médio e longo prazo.

Portanto, é necessário avaliar e mensurar os impactos ambientais, sociais e econômicos, além dos impactos agrícola / industrial, tecnologia, política e produtos /

subprodutos, tanto da expansão da cultura da cana-de-açúcar, quanto o sistema de produção, de forma integrada para verificar se o desenvolvimento do setor sucroenergético está ocorrendo de forma sustentável.

Para ajudar nessa análise, uma ferramenta muito interessante é o uso de métricas para avaliações complexas. Há riqueza de dados, tanto em trabalhos científicos quanto na própria indústria, que contribuem para melhor compreensão dos sistemas de produção e avanços no setor sucroenergético.

Desta forma, objetivou-se fazer a avaliação da sustentabilidade no setor sucroenergético em Goiás. Para tal, foram utilizados dois métodos: o primeiro, método do Barômetro de Sustentabilidade, aplicado por Guimarães, Turetta e Coutinho (2010), com o uso de indicadores de sustentabilidade; e o segundo intitulado “Método Sustenta-Cana” desenvolvido por Cardoso (2013) para avaliar a sustentabilidade nas dimensões ambiental, agrícola/industrial, social, produtos/subprodutos, tecnológica e política do sistema de produção de cana-de-açúcar.

A estrutura deste artigo é composta de Introdução onde se aborda o problema e se expõe o objetivo. Em seguida, faz-se a revisão de literatura subdividida em tópicos. Na metodologia faz-se a caracterização da área de estudo e os métodos empregados. Dando sequência aos Resultados e Discussão, divididos em dois subtítulos: a) Avaliação da Sustentabilidade da Expansão da Cana-de-açúcar no Estado de Goiás e; b) Avaliação da Sustentabilidade de Sistemas de Produção da Cana-de-açúcar no Estado de Goiás. E por fim, são feitas as Considerações finais e Referências.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O uso de indicadores de sustentabilidade no setor sucroenergético

A partir da década de 1980 inicia-se de forma intensa a discussão sobre a sustentabilidade, dando enfoque sobre o modelo de agricultura industrial e o desenvolvimento rural.

Sendo assim, as atuais práticas de produção agrícola passaram a ser observadas quanto a sustentabilidade. Nota-se, que o uso intenso de agrotóxicos e fertilizantes solúveis, além de poluir o meio ambiente e gerar desequilíbrios ecológicos, também torna a agricultura atividade energeticamente negativa, pois esses insumos são produzidos a partir de combustíveis fósseis. A agricultura moderna consome mais energia na forma de

máquinas, agroquímicos e fertilizantes do que na forma de produtos agrícolas (GLIESSMAN, 2001).

As abordagens tradicionais nem sempre são as mais adequadas na análise da sustentabilidade da agricultura, pois dão ênfase à análise econômica, com pouca ou nenhuma avaliação dos aspectos ecológicos e socioculturais (LÓPEZ-RIDAURA et al., 2001). Para adicionar elementos práticos, além da retórica discussão da sustentabilidade, é necessário, desenvolver estruturas conceituais e ferramentas, que possam ser facilmente aplicadas a avaliação da sustentabilidade, bem como ao planejamento de agroecossistemas de alta complexidade (GAVIOLI, 2011).

A aplicação de indicadores não indica somente o grau de sustentabilidade desses agroecossistemas, mas também detecta pontos críticos e fracos em sua estrutura e função, incentivando recomendações de intervenções para melhorar o nível de sustentabilidade (FERRAZ, 2003).

Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas compostas por uma ou mais variáveis que se relacionam de diferentes maneiras, revelando as implicações mais amplas dos fenômenos a que se referem. São ferramentas importantes para orientar a ação e apoiar o monitoramento e a avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável (IBGE, 2008).

O conhecimento aprofundado desses métodos que possam ser aplicados, levando em consideração suas principais características, vantagens e limitações, promovendo resultados legítimos e confiáveis (VAN BELLEN, 2002). Deste modo, Van Bellen (2002) afirma que o principal objetivo dos indicadores é agregar e quantificar as informações para que sua importância fique mais aparente. Os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos, na tentativa de melhorar o processo de comunicação. Os indicadores podem ser quantitativos ou qualitativos, sendo que os mais adequados para avaliar a experiência de sustentabilidade devem os qualitativos, devido às limitações explícitas ou implícitas associadas a indicadores numéricos simples.

Em seu raciocínio Van Bellen (2002) sugere que dependendo dos casos “avaliações qualitativas podem ser transformadas numa notação quantitativa.” Por outro lado, Gallopín (1996) afirma que os indicadores qualitativos são mais adequados aos quantitativos em pelo menos três cenários específicos: i) quando a informação quantitativa não for disponível; ii) quando o objeto de interesse for substancialmente não quantificável; e iii) quando a determinação dos custos assim o exigir.

Em suma, Gallopín (1996) assegura que, embora as métricas sejam geralmente apresentadas em forma gráfica ou estatística, elas são fundamentalmente diferentes dos dados brutos. No caso de dados qualitativos, os dados são medições ou observações de valores variáveis em diferentes épocas, lugares, populações ou uma combinação desses fatores.

Fazendo um contraponto Meadows (1998) afirma que o uso de indicadores é uma forma intuitiva de monitorar sistemas complexos que a sociedade considera importante e necessário controlar. A autora também usou a analogia de um termômetro, que é usado para medir a temperatura de um paciente, capaz de transmitir informações sobre sua saúde mesmo sem medir o sistema específico do corpo.

Deste modo, Van Bellen (2002, p.32) conclui que os indicadores são empregados para “simplificar informações sobre fenômenos complexos e para tornar a comunicação acerca destes fenômenos mais compreensível e quantificável”.

2.2 Principais métodos para avaliação de sustentabilidade

Durante algum tempo, as avaliações de sustentabilidade agrícola focaram principalmente em questões ambientais e técnicas, deixando de lado as questões econômicas e sociais, a versatilidade da agricultura e a aplicabilidade dos resultados. Assim, como forma de integrar essas dimensões, surgiram diversos métodos integrados de avaliação da sustentabilidade, voltados ao atendimento dos ambientes rurais (SEIDLER et al., 2018).

No Quadro 1 apresenta-se alguns métodos conhecidos internacionalmente para avaliação de sustentabilidade (descrição e características).

Quadro 1 – Principais métodos de avaliação de sustentabilidade

Método	Descrição
MESMIS	<p>O método MESMIS de avaliação de sustentabilidade, cuja estrutura, utiliza os Indicadores de Sustentabilidade. Sua característica possui algumas especificidades, primeiramente, a proposta aborda um processo que permite adaptações de acordo com as necessidades específicas dos agroecossistemas que serão avaliados. É evidente ainda, que é um exercício onde sua essência valoriza a participação de todos os atores e é, certamente, um trabalho interdisciplinar. Por fim, destaca-se pelo requisito da abordagem das dimensões ambientais e socioeconômicas, cujo destaque são avaliações qualitativas e quantitativas (VERONA, 2010).</p> <p>Comumente utilizado como uma das ferramentas para a avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas. O método oferece bases conceituais e metodológicas para operacionalizar a sustentabilidade de agroecossistemas em contexto local por meio da definição, medição e monitoramento de indicadores, partindo de uma abordagem sistêmica, interdisciplinar e participativa (MASERA et al., 2000; SPEELMAN et al., 2007).</p> <p>Considerado uma das metodologias mais completas, visto que ela parte da definição do objeto de análise, seleciona indicadores, realiza a avaliação e o monitoramento e,</p>

	além de recomendar mudanças e ajustes quando necessário for (PEREIRA; MARTINS, 2010).
PER (Pressão- Estado- Resposta)	<p>O método de Pressão-Estado-Resposta foi concebido com base no conceito de causalidade, as atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente, alterando a qualidade e a quantidade dos recursos naturais, ou seja, alterando seu estado, e as sociedades respondem a essas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas ou setoriais (KEMERICH et al., 2014).</p> <p>O método possibilita uma visão comum dos diversos componentes de um problema ambiental, o que é uma grande vantagem para o diagnóstico do problema e para a formulação de políticas públicas correspondentes, pois vai além da mera observação da degradação ambiental e revela seus efeitos, suas causas, as razões por trás daquelas causas e as ações que estão sendo tomadas para melhorar a situação (CARVALHO, 2007).</p> <p>O modelo reduz a pressão ambiental àquele causado por ações humanas e ignora o estresse gerado por atividades naturais, que também sabidamente afetam o meio ambiente e se tornam uma fonte de pressão (FERREIRA et al., 2010).</p>
<i>Ecological Footprint Method</i>	<p>O Ecological Footprint Method baseia-se basicamente no conceito de capacidade de carga. Para fins computacionais, a capacidade de carga de um sistema corresponde à população máxima que o sistema pode suportar indefinidamente, no entanto, essa definição não parece se adequar às sociedades, pois os humanos têm a capacidade de aumentar muito seu espaço usando a tecnologia, eliminando espécies concorrentes, importar recursos escassos etc. para melhorar o ecossistema. O método mostra numericamente até que ponto a capacidade de carga local é excedida, pois expressa a alocação de recursos em função do uso per capita. A ferramenta fornece um índice composto simples, apropriado para área de terra ou água, refletindo o impacto ecológico do uso de diferentes tipos de culturas e tecnologias (VAN BELLEN, 2002). Sendo assim, ele “calcula a área necessária de terra para manter a produção de bens requeridos por um certo sistema e para assimilar os dejetos produzidos pelo mesmo sistema” (VAN BELLEN, 2002, p.97).</p>
<i>Dashboard of Sustainability</i>	<p>As pesquisas sobre o método <i>Dashboard of Sustainability</i> tiveram início na segunda metade da década de 1990, com o esforço conjunto de diversas instituições na construção de uma ferramenta robusta de indicadores de desenvolvimento sustentável reconhecidos internacionalmente. Conceitualmente, o método é um índice composto dos diversos indicadores em cada um dos displays acima; a partir do cálculo desses índices, deve-se obter o resultado final para cada display. Uma função adicional calcula a média dessas exibições para que um índice geral de sustentabilidade possa ser derivado (VAN BELLEN, 2002).</p>

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Ainda, pode-se indicar outros métodos de avaliação da sustentabilidade que estão relacionados à esfera dos agrossistemas, são eles: *Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles* (IDEA), *Indicator of Sustainable Agricultural Practice* (ISAP), *Response-Inducing Sustainability Evaluation* (RISE), *Framework for the Evaluation of Sustainable Land Management* (FESLM), *Multiscale Methodological Framework* (MMF), *Sustainability Assessment of Farming and the Environment* (SAFE) e *Sustainability Solution Space for Decision Making* (SSP) (BINDER et al., 2010).

Dentre esses inúmeros métodos disponíveis, abranger-se-á, a seguir, os dois que foram aplicados neste trabalho: o Método do Barômetro de Sustentabilidade e o Método Sustenta-Cana.

2.2.1 Método do Barômetro de Sustentabilidade

O Barômetro de Sustentabilidade foi desenvolvido por um grupo de especialistas vinculados à *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) e ao *International Development Research Center* (IDRC). Cujo objetivo principal do método é auxiliar na análise da sustentabilidade; destina-se a agências governamentais e não governamentais e formuladores de políticas (VAN BELLEN, 2002).

A suposição subjacente do Barômetro de Sustentabilidade é que o desenvolvimento sustentável é uma combinação de bem-estar humano e bem-estar do ecossistema. Nesta abordagem, as duas dimensões são consideradas juntas, mas medidas separadamente. A informação é dividida em dois subsistemas: pessoas (comunidades, economias e outros elementos) e ecossistemas (serviços ecossistêmicos, processos e recursos) (PRESCOTT-ALLEN, 2001).

Prescott-Allen (2001), um dos principais pesquisadores envolvidos no desenvolvimento da ferramenta, afirma que a característica importante do Barômetro de Sustentabilidade é a capacidade de combinar indicadores, permitindo que os usuários tirem conclusões a partir de uma grande quantidade de dados, por vezes, considerados contraditórios.

Cada indicador enuncia um sinal, e quanto mais indicadores usados, mais sinais podem ser observados. Indicadores isolados não podem refletir a situação geral e, somente combinando indicadores, pode-se entender completamente o estado da sociedade e do meio ambiente. Os indicadores podem ser combinados de duas maneiras: convertendo para a mesma escala ou usando escalas de desempenho (VAN BELLEN, 2002).

O Barômetro de Sustentabilidade é uma ferramenta para combinar indicadores e exibir seus resultados por meio de índices, apresentados graficamente para ajudar a entender e fornecer uma visão geral das condições ambientais e sociais (AMORIM et al., 2014).

Assim, o método propõe uma abordagem sistemática que combina diferentes indicadores que, quando apresentados individualmente, mostram apenas a situação dos sujeitos que representam, enquanto o Barômetro de Sustentabilidade revela a situação de locais relevantes para o desenvolvimento sustentável, permitindo a comparação de condições socioeconômicas e ambientes físico-biológicos (KRONEMBERGER et al., 2008).

Devido a sua natureza holística, este é o método mais relevante para analisar a sustentabilidade local. Abrange áreas relacionadas ao meio ambiente, economia e sociedade, com indicadores adaptados à realidade local e componentes para avaliação das desigualdades entre as populações. Desta forma, a importância da relação entre indicadores e sustentabilidade, o que permite demonstrar a relação entre saúde ambiental, bem-estar humano e sustentabilidade (GRAYMORE et al., 2008).

2.2.2 Método Sustenta-Cana

O método “Sustenta-Cana” foi desenvolvido para avaliar a sustentabilidade dos sistemas produtivos de cana-de-açúcar, com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão. O intuito é apenas direcionar as políticas e o planejamento para que se encaminhem para um sistema menos impactante e, portanto, mais sustentável (CARDOSO, 2013).

Os indicadores formulados pelo autor para a criação de seu método conceitual foram extraídos de literaturas especializadas, resultante de análise crítica dos resultados da pesquisa bibliográfica e documental, apoiada de fontes primárias e secundárias (CARDOSO, 2013). O autor apresenta seis dimensões, são elas: ambiental, agrícola/industrial, social, produtos/subprodutos, tecnológica e política do sistema de produção de cana-de-açúcar, onde cada uma apresenta seus indicadores correspondentes.

A escolha de cada indicador, justificativa, bem como a medida de manejo e os valores dos limiares encontra-se na íntegra em Cardoso (2013).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O Estado de Goiás tem superfície de 340.106 km² e população de 7.206.589 habitantes (IBGE; PNUD, 2021) distribuídos em 246 municípios (Figura 1).

Figura 1 - Estado de Goiás



Fonte: Bases Cartográficas, IBGE, 2021.

Goiás está localizado na região Centro-Oeste e se encontra numa posição privilegiada, sendo o sétimo estado em extensão territorial, das 27 unidades da Federação. Além disso, o Estado apresenta boa infraestrutura viária o que o qualifica como centro distribuidor, pois limita-se ao Norte com o estado do Tocantins, ao Sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a Leste com a Bahia e Minas Gerais e a Oeste com Mato Grosso (Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos - IMB, 2022).

O crescimento econômico do Estado apresenta amplas oportunidades o que é atrativo para muitos imigrantes. Apesar de ter parque industrial, o setor de serviços é a espinha dorsal de sua economia. O resultado expressivo se deve ao desenvolvimento do agronegócio goiano, ao comércio, ao crescimento e diversificação do setor industrial. Os principais destaques do setor incluem a indústria de alimentos e bebidas, a indústria automotiva, a indústria farmacêutica, o processamento de minerais e, mais recentemente, a cadeia produtiva da cana-de-açúcar (IMB, 2022).

Em relação ao cultivo da cana-de-açúcar, segundo o IBGE (2021), o Estado apresenta a seguinte situação (Quadro 2):

Quadro 2 – Cana-de-açúcar: quantidade produzida, valor da produção, área plantada e colhida e rendimento médio.

Características	Quantidade
Quantidade produzida (Ton)	72.012.198
Valor da produção (R\$)	7.084.432,00
Área plantada (ha)	930.954
Área colhida (ha)	926.609

Rendimento médio (Kg/ha)	77.716
--------------------------	--------

Fonte: adaptado pelo autor de IBGE (2021).

Com os dados descritos para 2021, a projeção é de que para o ciclo de 2022/2023 ocorra acréscimo de 2,8%, consolidando, assim, o estado como o segundo maior da cultura (CONAB, 2022).

3. 2 Métodos de avaliação de indicadores de sustentabilidade

Foram escolhidos dois métodos de avaliação de indicadores de sustentabilidade, sendo um que avaliação a expansão da cultura e outro que avalia o sistema de produção.

3. 2.1 Método do Barômetro de Sustentabilidade

Desenvolvido por Guimarães et al. (2010), através de indicadores de sustentabilidade, onde os autores utilizaram o Estado do Mato Grosso do Sul, sendo o produto deste estudo, o artigo “Uma proposta para avaliar a sustentabilidade da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul”, publicado no periódico Sociedade & Natureza.

Em nossa pesquisa, o método foi aplicado para o Estado de Goiás, considerando a seleção de indicadores de sustentabilidade, no qual estabeleceu-se o critério de multidisciplinaridade em suas três dimensões: ambiental, econômica e social. Os indicadores de sustentabilidade encontram-se listados no Quadro 3.

Quadro 3 – Descrição das Dimensões para avaliação no método do Barômetro de Sustentabilidade.

Dimensões	Descrição	Nº. de Indicadores
Ambiental	Refere-se a informações sobre as mudanças nos recursos naturais como solo e água.	2
Social	Caracteriza-se por medidas referentes a condições de renda da população com indicadores que contemplam distribuição de renda e emprego.	2
Econômica	Caracteriza as condições da produção das microrregiões no processo de desenvolvimento.	2
Total:		6

Fonte: adaptado de Guimarães et al. (2010)

O Quadro 4 apresenta a descrição e as fontes onde foram obtidos os indicadores.

Quadro 4 – Descrições dos indicadores e fontes de pesquisa para obtenção dos dados do método Barômetro de Sustentabilidade no setor sucroenergético em Goiás.

Dimensão	Indicador	Descrição	Fonte
Ambiental	Consumo de agrotóxicos	Agrotóxicos ou pesticidas são substâncias químicas utilizadas para destruir ou controlar pragas em	IBGE – Indicadores de

		culturas agrícolas. Estão divididos em classes de herbicidas, fungicidas, acaricidas, entre outros. Cada grupo apresenta um componente ativo com grau de toxicidade e periculosidade específicos, tanto para o meio ambiente quanto para o ser humano. Esse indicador apresenta o total de toneladas de pesticidas consumidos na microrregião em um determinado período.	Desenvolvimento Sustentável IBAMA
	Acesso ao sistema de abastecimento de água	Percentual de domicílios com acesso a abastecimento de água por rede geral. O indicador se constitui na razão em percentual, entre a população com acesso a água por rede geral e o total da população em domicílios particulares permanentes. Por conta da legislação brasileira, toda água fornecida à população por rede de abastecimento geral tem de ser tratada e apresentar boa qualidade.	IBGE – Censo demográfico
Social	Índice de Gini	Expressa o grau de concentração na distribuição do rendimento da população em um determinado período. O Índice de Gini é expresso por um valor que varia de 0 (zero), situação de perfeita igualdade a 1 (um), situação de desigualdade máxima.	Atlas do Desenvolvimento Humano – PNUD
	Pessoal ocupado no setor Agropecuário	Percentual de pessoas ocupadas, nos diversos setores econômicos.	IBGE – Cadastro Central de Empresas
Econômica	PIB <i>per capita</i>	O Produto Interno Bruto <i>per capita</i> indica a renda média da população em um país ou território. As variáveis utilizadas para a construção deste indicador são o Produto Interno Bruto – PIB, a preços constantes, e a população residente estimada. O indicador expressa a razão entre o PIB e a população residente. O Produto Interno Bruto <i>per capita</i> é normalmente utilizado como um indicador do ritmo de crescimento econômico do território analisado.	IBGE – Censo demográfico IBGE – Produto Interno Bruto dos Municípios IBGE – Estimativa da População
	Balança Comercial	Apresenta o saldo entre as exportações e as importações de bens de um determinado território, em um determinado período. Seu valor é expresso em U\$ FOB.	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior, Secex

Fonte: adaptado de Guimarães et al. (2010).

Deste modo, a coleta de dados foi realizada nas fontes de pesquisas citadas no Quadro 4, tendo como referência dados de 2020. E, para os indicadores que não tem dados disponíveis nesse ano, foram utilizados dados do último ano disponível, para posteriormente, fazer a utilização do Barômetro de Sustentabilidade. Sendo assim, primeiramente deve-se normalizar os valores dos indicadores, que são feitos da seguinte forma:

- (a) cálculo da relação entre o limite superior menos o limite inferior do indicador e limite superior menos o limite inferior do Barômetro, onde considera a faixa que o valor do indicador se encontra;
- (b) cálculo da relação entre o valor do indicador menos o limite inferior do indicador e o valor obtido em (a);
- (c) o resultado obtido em (b) é somado ao limite inferior da escala do Barômetro onde o valor do indicador se encontra.

Outro ponto a ser levado em consideração é a definição dos limites de sustentabilidade de cada indicador. Assim, para reduzir a subjetividade para estabelecer os limites, são utilizados valores baseados na literatura referente ao assunto (GUIMARÃES et al., 2010).

A escala utilizada no Barômetro de Sustentabilidade, variando de 0 a 100 para cada eixo, composta por pontos 100 e base 0. É dividido em cinco seções de 20 pontos cada uma com base igual a 0. Cada setor é representado por uma cor, que varia do vermelho até o verde (Quadro 5):

Quadro 5 – Escalas do Barômetro de Sustentabilidade.

Setor	Pontos da Escala	Cor
Ótimo	81 – 100	Verde
Bom	61 – 80	Azul
Médio	41 – 60	Amarelo
Ruim	21 – 40	Rosa
Péssimo	1 – 20	Vermelho

Fonte: adaptado pelo autor de Van Bellen (2002).

O escalonamento deve ser ajustado para cada métrica, o que envolve a definição dos melhores e piores valores para determinada métrica. Os pontos finais são críticos em tamanho e importância (VAN BELLEN, 2002).

Prescott-Allen (2001), argumentou que uma boa maneira de ajustar o início e o fim da escala é usar valores históricos, apropriados para esses pontos, e olhar para o futuro previsível. O objetivo a ser alcançado pode ser um fator importante, mas não deve ser usado como um valor ótimo.

Dessa maneira a ferramenta é de fácil compreensão porque gera um gráfico bidimensional no qual o estado de bem-estar humano e ecossistêmico é colocado em uma escala relativa de 0 a 100, mostrando de ruim a bom em relação à sustentabilidade. A localização dos pontos definidos por esses dois eixos fornece uma medida da sustentabilidade ou insustentabilidade do sistema (AMORIM et al., 2014).

3.2.2 Método Sustenta-Cana

O “Método Sustenta-Cana” foi desenvolvido por Cardoso (2013) para avaliar a sustentabilidade nas dimensões ambiental, agrícola/industrial, social, produtos/subprodutos, tecnológica e política do sistema de produção de cana-de-açúcar, aplicado no Estado de São Paulo. Sendo este método o fruto de sua Dissertação de Mestrado, intitulada: “Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma proposta metodológica e de modelo conceitual”, pela Universidade Federal de São Carlos, SP.

Adotou-se para o Estado de Goiás, foco da pesquisa, o modelo desenvolvido por Cardoso (2013). Para a consolidação do método, o autor trilhou os seguintes passos:

- Seleção dos indicadores de sustentabilidade do Método Sustenta-Cana;
- Desenvolvimento das etapas metodológicas do Método Sustenta-Cana para Avaliação no estado. A análise dos dados compreenderá a sistematização dos resultados obtidos do emprego do método proposto.
- Validação dos indicadores de sustentabilidade e limiares de sustentabilidade, através de consulta com especialistas, responsáveis pelas agroindústrias.

A estrutura do método “Sustenta-Cana”, tendo como base a sustentabilidade, é dividido nas seguintes etapas:

- 1 – Formulação dos indicadores de sustentabilidade e limiares de sustentabilidade, através da revisão de literatura científica;
- 2- Validação dos indicadores de sustentabilidade e limiares de sustentabilidade, através de consulta remota aos especialistas;
- 3- Formulação das etapas metodológicas do método “Sustenta-Cana”:
 - 1ª etapa: Seleção dos indicadores;
 - 2ª etapa: Ponderação dos indicadores por meio de limiares de sustentabilidade;

Para esta etapa, Cardoso (2013), fica assim atribuído a cada número na escala Likert um fator de ponderação. Desta forma, para as respostas 1, 2, 3, 4 e 5 da escala Likert, aplica-se respectivamente os valores: -0,5; -0,25; 0; 0,25; e 0,5 (Quadro 6). O intervalo 3 foi avaliado como neutro, bem como na validação dos indicadores e limiares de sustentabilidade.

Quadro 6 - Escala Likert e seus respectivos fatores de ponderação atribuídos.

Escala Likert	1	2	3	4	5
---------------	---	---	---	---	---

Valores	-0,5	-0,25	0	0,25	0,5
----------------	------	-------	---	------	-----

Fonte: elaborado pelo autor de Cardoso (2013).

- 3ª etapa: Cálculo do resultado da ponderação dos indicadores;

Para encontrar o resultado dos valores, foi realizada a multiplicação do número de respostas obtidas em cada intervalo da escala pelo valor de atribuição, e em seguida feito a somatória de todos os resultados de todos os intervalos, para obter os valores reais do indicador e do limiar. Esse processo foi feito para todos os indicadores e respectivos limiares validados de todas as dimensões.

Sendo assim, é encontrado o “Valor Real do Indicador” (Vr_{indn}) e o “Valor Real do Limiar” (Vr_{limin}). Em seguida fora realizada a multiplicação de Vr_{indn} por Vr_{limin} , dividido pela soma de Vr_{indn} com Vr_{limin} . Deste modo fora encontrado o “Peso Real do Indicador” (Pr_n).

$$Pr_n = \frac{(Vr_{indn} \times Vr_{limin})}{(Vr_{indn} + Vr_{limin})}$$

Depois da elaboração do “Peso Real” (Pr_n) foi feito o “Peso Potencial” (Pp_n). Desta maneira, fora calculado o “Valor Potencial”, tanto para o indicador quanto para o limiar, em um contexto de que houvessem sido avaliados como “muito importantes” por todos os respondentes. Isso significa, que se calculou o total de respondentes da questão vezes 0,50 que é o valor que representa ao intervalo 5 na Escala Likert. Sendo o cálculo para chegar ao valor foi realizado com a mesma operação acima.

Seguidamente, com o resultado do “Peso Real do indicador n” e com o do “Peso Potencial do indicador n”, foi efetuado o seguinte cálculo para se chegar ao “Peso Final do indicador n”:

$$Pf_n = \frac{Pr_n}{Pp_n}$$

Portanto, os limiares podem expressar os valores de +1 (mais um) e -1 (menos um), onde +1 é classificado como mais sustentável e -1 é considerado como não sustentável. Esses valores serão multiplicados pelos Pf_n de cada indicador.

- 4ª etapa: Construção e Aplicação no Índice Sustenta-Cana (ISCana);

O “Índice de Sustentabilidade Sustenta-Cana” (ISCana) é o resultado da somatória de todas as dimensões avaliadas, que por sua vez é a soma de todos os indicadores

validados utilizados vezes (multiplicado) uma constante (CARDOSO, 2013). Assim, essa constante foi calculada da seguinte maneira:

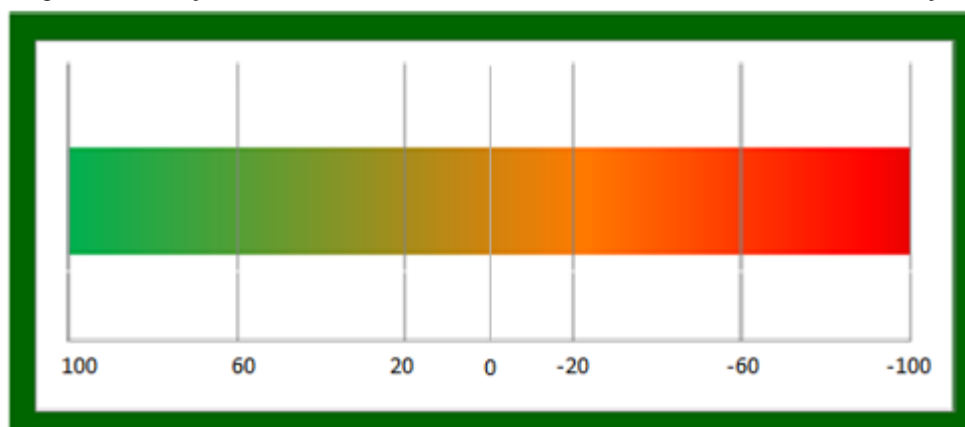
$$Constante = \frac{\text{Valor max. do ISCana}}{\Sigma \text{Dimensões}}$$

Portanto, o “Índice Sustenta-Cana” varia de +100 (mais sustentável) até -100 (menos sustentável) (Figura 2). Ou seja:

$$D_{soc} = \sum (ind1 + ind2 + \dots + indn)$$

$$ISCana = (D_{amb} + D_{soc} + D_{agrind} + D_{prodsob} + D_{tec} + D_{pol}) \times Constante$$

Figura 2 - Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando os níveis da avaliação.



Fonte: Cardoso (2013).

Entretanto, para a avaliação do ISCana é proposta a escala, conforme se observa no Quadro 7.

Quadro 7 - Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando os níveis da avaliação.

Índice Sustenta-Cana				
100 à 60	59 à 20	19 à (-19)	(-20) à (-59)	(-60) à (-100)
Mais Sustentável	Alterações positivas	Sem alteração	Alterações negativas	Menos sustentável

Fonte: Cardoso (2013).

A escala está dividida em 5 faixas de avaliação. Quando o resultado final da avaliação estiver entre 100 e 60, considera-se que o sistema caminha para um quadro mais sustentável. Quando a avaliação está entre 59 e 20, considera-se que foram observadas mudanças positivas, mas são necessárias intervenções para se tornar 'mais sustentável'.

Na escala de 19 a (-19), este é um estágio de transição, seja para um sistema que está "evoluindo" em uma direção mais sustentável, ou para um sistema que está "evoluindo" em uma direção menos sustentável. No intervalo de (-20) a (-59), as características negativas são registradas no sistema e consideradas como casos de alarme. Na última faixa, entre (-60) e (-100), o sistema é considerado menos sustentável e medidas urgentes devem ser tomadas (CARDOSO, 2013).

- 5ª etapa: Apresentação da tabela de gerenciamento de manejo sustentável.

A pesquisa qualitativa se ajusta plenamente a esta investigação, pois assim, será possível atingir os objetivos iniciais propostos. Através de questionário semiestruturado com responsáveis técnicos das usinas de cana-de-açúcar e da análise de dados referentes à sustentabilidade em seu sistema de produção. Foram realizados levantamentos e a organização das informações sobre métodos e ferramentas de avaliação de sustentabilidade, já existentes, e indicadores de sustentabilidade agrícola (Quadro 8) contidos em cada dimensão, com atenção ao sistema de produção de cana-de-açúcar (CARDOSO, 2013).

Quadro 8 – Descrição das Dimensões para avaliação no Método Sustenta-Cana

Dimensão	Descrição	Indicadores (nº)
Ambiental	Analisar a interação do sistema produtivo de cana-de-açúcar com o ambiente e os recursos ambientais. Os indicadores selecionados estão relacionados ao solo, à atmosfera, à água, à conservação, à fauna, à flora e aos recursos naturais.	16
Social	Para esta dimensão são selecionados indicadores em relação às questões de saúde, justiça, direitos trabalhistas, condições de vida e trabalho dos empregados e da população próxima ao sistema produtivo.	8
Agrícola/ Industrial	O objetivo desta dimensão é analisar o sistema sob a perspectiva agroindustrial. Os indicadores adotados são referentes à modernização da produção, aumento do rendimento, tipos de plantio, política de resíduos sólidos, técnicas de produção, infraestrutura, mecanização, custos de produção etc. Sendo esta dimensão ligada diretamente às questões econômicas.	26
Produtos/ Subprodutos	Levando em consideração a gama de produtos derivados do processo, os indicadores desta dimensão foram fundamentados nos pontos: procedimentos técnicos, valores de produtos/subprodutos, relação com outros produtos, barreiras comerciais, comercialização, distribuição etc.	6
Tecnologia	Nesta dimensão analisa-se as inovações e investimentos no setor sucroenergético. Os indicadores são referentes à investimentos em pesquisa e desenvolvimento em fermentação extrativa.	2
Política	O Objetivo desta dimensão é avaliar a esfera de tomadas de decisão, os acordos governamentais e outras políticas que envolvem o sistema produtivo da cana-de-açúcar.	4
Total:		62

Fonte: elaborado pelo autor de Cardoso (2013).

O total de agroindústrias sucroenergéticas em funcionamento no estado de Goiás é de 37 empresas. Cadastradas no Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás - SIFAEG (2021) são 33, sendo esta, a amostra selecionada.

Quanto ao instrumento de pesquisa, foi elaborado questionário (Apêndice II), dividido em seis dimensões: dimensão ambiental, dimensão social, dimensão agrícola-industrial, dimensão produtos/subprodutos, dimensão tecnológica, dimensão política. Em cada dimensão procurou-se compreender o grau de conhecimento do gestor o qual escolhe dentre as alternativas: () Conheço pouco () Conhecimento médio () Conhecimento considerável, bem como há perguntas com respostas em escala: () 1 () 2 () 3 () 4 () 5, numeração que corresponde respectivamente a péssimo, ruim, regular, bom e ótimo. O questionário confeccionado na plataforma Google *Forms* foi enviado por e-mail para cada agroindústria da cana-de-açúcar de Goiás.

O projeto e o instrumento de pesquisa foram aprovados no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da PUC Goiás sob o número CAAE 52647821.2.0000.0037. Posteriormente enviados aos técnicos das agroindústrias, entre dezembro de 2021 e maio de 2022, feito assim, a aplicação em cinco rodadas, em intervalos quinzenais, para obter a adesão necessária à pesquisa.

A análise dos dados compreendeu a sistematização dos resultados obtidos do emprego do método proposto, o “Sustenta-Cana”, desenvolvido para avaliar a sustentabilidade dos sistemas produtivos de cana-de-açúcar. Portanto, a ideia do “Índice de Sustentabilidade Sustenta-Cana” é direcionar o “tomador de decisões”, tendo como base a sustentabilidade (CARDOSO, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da Sustentabilidade da Expansão da Cana-de-Açúcar no Estado de Goiás

Para avaliar a sustentabilidade da expansão da cultura da cana-de-açúcar em Goiás, adotou-se os critérios recomendados por Guimarães, Turetta & Coutinho (2010). Deste modo, no Quadro 9 são apresentados os valores normalizados para o Estado de Goiás, utilizando-se as escalas definidas aos indicadores pelo método do Barômetro de Sustentabilidade.

Quadro 9 – Escalas definidas para os indicadores e escala do Barômetro de Sustentabilidade para avaliação da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar no Estado de Goiás.

			Escala do Barômetro de Sustentabilidade				
			0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Indicadores	Valor Indicador	Valores Normalizados	Péssimo	Ruim	Médio	Bom	Ótimo
Consumo de Agrotóxicos (área plantada de cana-de-açúcar)	3.261	76	> 836.110	836.109-30.099	30.099-15.001	15.000-2.129	2.128-0
Acesso água	86,8	57	0,69,9	70-79,9	80-89,9	90-94,9	95-100
Índice Gini	0,46	56	1,00-0,80	0,79-0,50	0,49-0,40	0,39-0,20	0,19-0
Pessoal Ocupado	28,7	67	<3	3-6,5	6,5-13	13-34	>34
PIB per capita	29.732	74	<1.999	2.000-5.999	6.000-11.999	12.000-14.000	>40.000
Balança Comercial (%) participação no PIB	3,15	38	<0	0-1,9	2-4,9	5-10	>10
Nota Final	62		Bom / potencialmente sustentável				

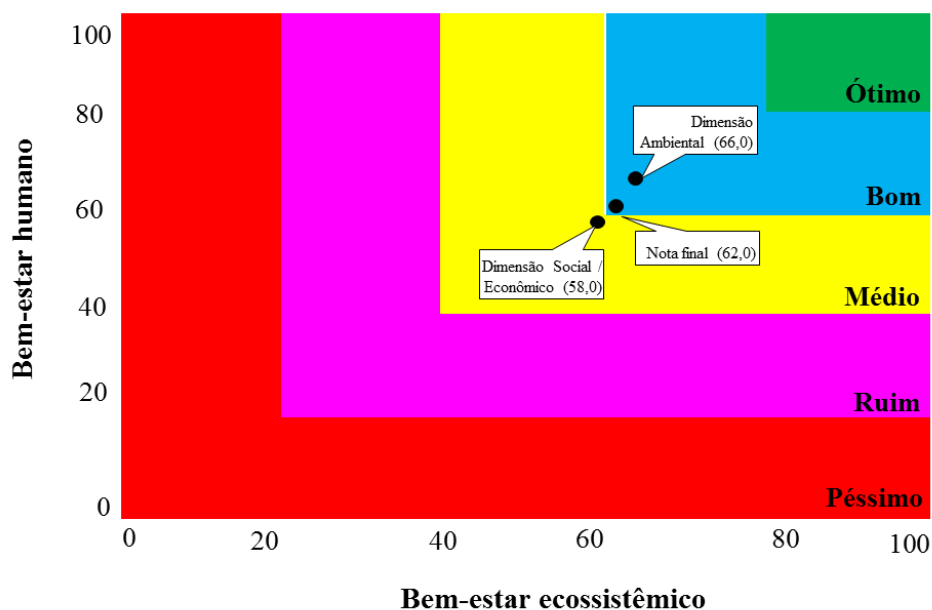
Fonte: adaptado de Guimarães et al. (2010).

Os dados sugerem a necessidade de medidas de controle da atividade no Estado de Goiás para que a expansão da cultura da cana-de-açúcar possa trazer melhorias para a população que se reflitam nos valores dos indicadores de forma positiva.

No final do Quadro 9 apresenta a classificação final do Estado, segundo o Barômetro de Sustentabilidade, totalizando (62,0), o que resulta em uma classificação da sustentabilidade da expansão do setor sucroenergético de bom / potencialmente sustentável (Figura 3).

Esse resultado pode direcionar a formulação de políticas públicas que tenham a sustentabilidade da cultura no estado e, também ao país. Entretanto, é esperado que a produção da cana de açúcar siga as indicações das legislações ambientais – federais e estaduais – e que seu plantio seja feito de maneira a evitar a “competição em áreas de produção de grãos e em áreas com restrições ambientais antrópicas (Bioma Amazônico, Pantanal, áreas de proteção, áreas indígenas, etc.) ” (GUIMARÃES; TURETTA; COUTINHO, 2010).

Figura 3 – Posição de Goiás no Barômetro de Sustentabilidade em relação a expansão da cana-de-açúcar.



Fonte: elaborado pelo autor (2022) adaptado de Prescott-Allen (2001).

Deste modo, o índice de bem-estar ecológico teve sua nota pela representação da média aritmética da dimensão ambiental, sendo esta, de (66,0), sendo configurado como bom/ potencialmente sustentável. E para obter o índice de bem-estar humano foi realizada a média aritmética dos índices social e econômico, tendo a nota de (58,0), o que configura uma situação de médio/ intermediário.

O bem-estar de um ecossistema é a condição que mantém sua diversidade e qualidade; sua capacidade de sustentar as pessoas e o resto de suas vidas, e seu potencial para se adaptar à mudança e oferecer oportunidades para o futuro (PRESCOTT-ALLEN, 2001).

Todavia, a qualidade do ecossistema inclui sua capacidade de manter o ciclo de crescimento, produtividade e a integridade físico-química do solo, da água e da atmosfera. Conseqüentemente, atividades que estressam os ecossistemas, como conversão e ocupação, e extração de recursos além de sua capacidade natural de recuperação, levam a um declínio em sua diversidade e qualidade, reduzindo sua capacidade de sustentar a vida (MACHADO et al., 2014).

4.2 Avaliação da Sustentabilidade de Sistemas de Produção da Cana-de-Açúcar no Estado de Goiás

4.2.1 Aplicação do Método Sustenta-Cana

Seguindo a metodologia indicada para esta etapa, após o envio dos questionários para as 33 agroindústrias associadas ao SIFAEG, foram obtidos 8 retornos, sendo apenas 6 que prosseguiram até o final. Deste modo, a porcentagem de retorno foi aproximadamente de 18%. Antes dos respondentes iniciarem a avaliação de cada dimensão, eles tiveram que realizar sua autoavaliação do grau de conhecimento sobre cada esfera da sustentabilidade agrícola.

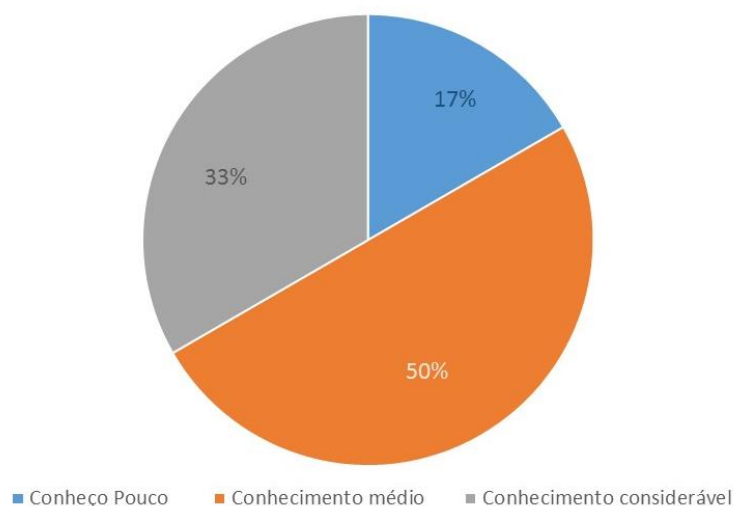
Nos questionários, no formato Google *Forms*, apresentados aos respondentes de cada agroindústria, os 62 indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade foram organizados em 6 dimensões. Foi avaliada a importância do indicador em conjunto com o limiar. Só foram considerados validados os indicadores e seus respectivos limiares quando a aprovação dos respondentes superava a marca de 18% para ambos. Assim, se obtivesse um número maior de retornos a marca de aprovação teria sido proporcional.

Posteriormente, com o intuito de ponderar os indicadores de forma técnica, utilizaram-se os dados fornecidos pelo questionário na 1ª rodada, sendo esse resultado o valor do limiar. Ou seja, tanto os indicadores quanto os limiares foram avaliados pelos respondentes.

Indicadores da Dimensão Ambiental

Nesta dimensão, referente ao grau de conhecimento dos respondentes, 50% consideram possuir grau de conhecimento médio sobre o assunto. Aos que consideram ter conhecimento considerável foram 33% e 17% que acreditam ter pouco conhecimento sobre esta dimensão (Figura 4).

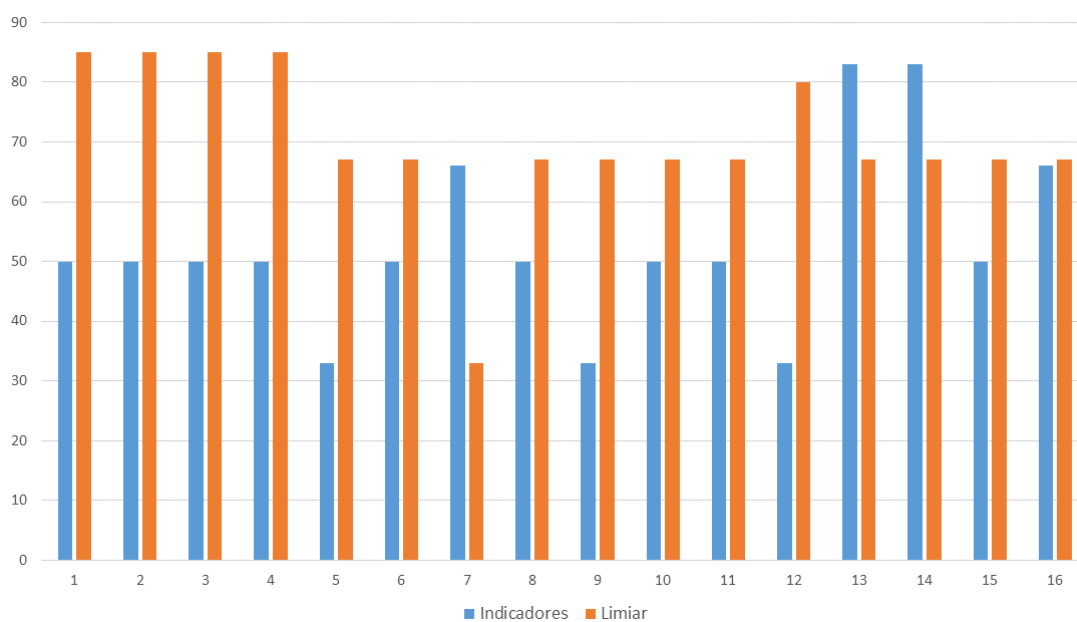
Figura 4 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Ambiental.



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Na Figura 5 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Ambiental.

Figura 5 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Ambiental do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

No Quadro 10 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 10 - Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Ambiental do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador	% indicador	% limiar	Validado
Indicador 1: Quantidade de vinhaça/área aplicada com relação ao Potássio (K) e Nitrogênio (N).	50	85	Sim
Indicador 2: Quantificação da erosão potencial segundo a Equação Universal de Perda de Solo (<i>USLE – Universal Soil Loss Equation</i>).	50	85	Sim
Indicador 3: Balanço de Carbono (C) e Nitrogênio (N) no solo.	50	85	Sim
Indicador 4: Compactação do solo	50	85	Sim
Indicador 5: Balanço de gases como CO, HC, NOX e material particulado em veículos pesados.	34	67	Sim
Indicador 6: Ocorrência de queimada de palha no campo.	50	67	Sim
Indicador 7: Emissão de Ozônio.	67	33	Sim
Indicador 8: Emissão e suspensão de micropartículas (fuligem).	50	67	Sim
Indicador 9: Ocorrência de odor desagradável.	34	67	Sim
Indicador 10: Localização geográfica da cultura em relação à aptidão agroclimática.	50	67	Sim
Indicador 11: Localização geográfica da cultura em relação à aptidão edáfica.	50	67	Sim
Indicador 12: Localização geográfica da cultura em relação à aptidão edafoclimática.	34	80	Sim
Indicador 13: Áreas de Preservação Permanente (APP) recuperadas/conservadas.	83	67	Sim
Indicador 14: Comprovação de Averbação da área de Reserva Legal.	84	67	Sim
Indicador 15: Número de autuações nos últimos anos.	50	67	Sim
Indicador 16: Cumprimento com os Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRAs).	67	67	Sim

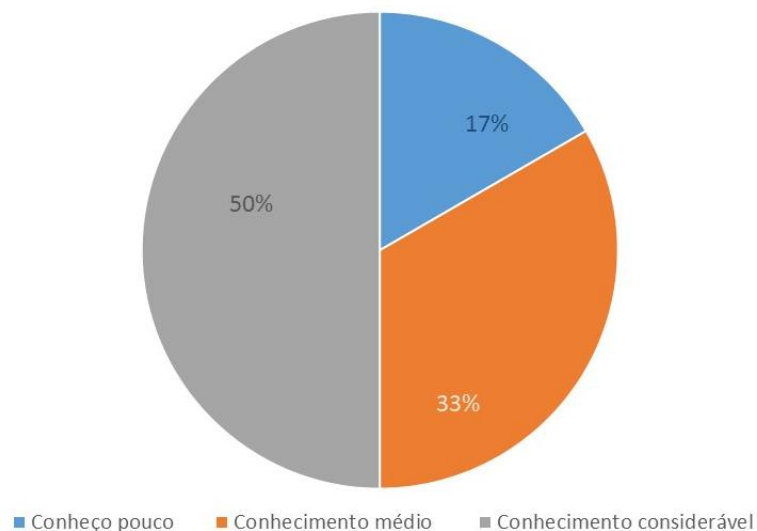
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Os indicadores melhores avaliados foram o 13 e 14. Já os indicadores que foram piores avaliados foram 5, 9 e 12. Dentre os 16 indicadores essa fora a dimensão que teve mais indicadores bem avaliados.

Indicadores da Dimensão Social

Com relação a esta dimensão observa-se entre os respondentes que 50% consideraram ter conhecimento considerável sobre a dimensão, enquanto 33% consideraram ter um conhecimento médio e os que acreditam ter pouco conhecimento com 17% (Figura 6). Neste caso, é possível observar um aumento considerável da porcentagem dos respondentes que consideraram ter um conhecimento considerável sobre esta dimensão.

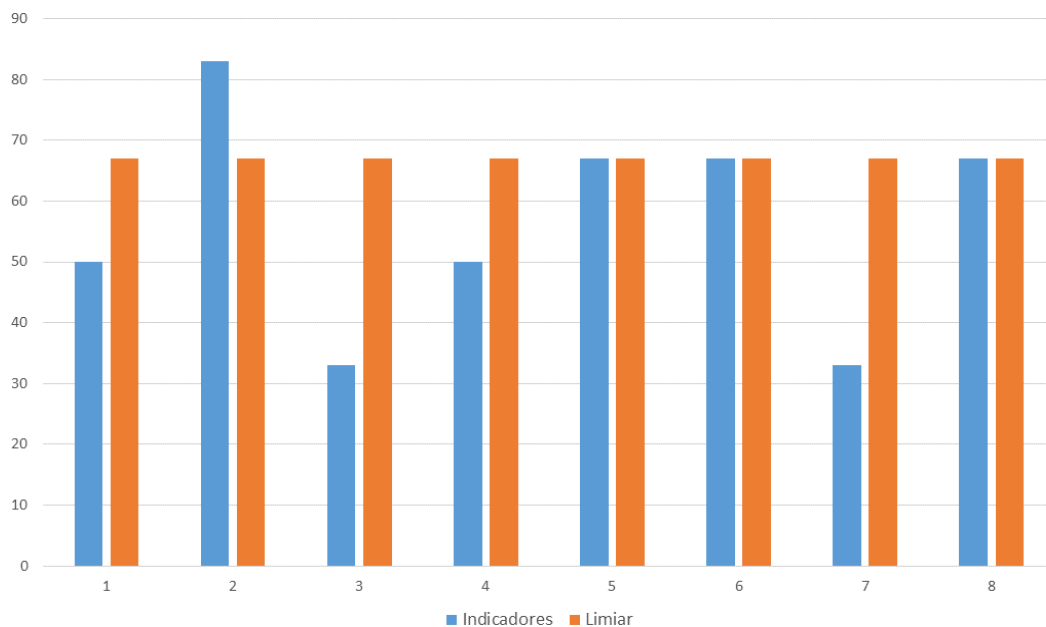
Figura 6 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Social do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 7 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Social.

Figura 7 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Social do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

No Quadro 11 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 11 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Social do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador	% indicador	% limiar	Validado
Indicador 1: Poder de Compra do Trabalhador.	50	67	Sim
Indicador 2: Taxa de formalidade do emprego.	83	67	Sim
Indicador 3: Índice Parcial de Educação.	33	67	Sim
Indicador 4: Presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) na urina dos cortadores.	50	67	Sim
Indicador 5: Índice de internações decorrentes de problemas respiratórios.	67	67	Sim
Indicador 6: Registro de treinamentos, capacitação ou requalificação de trabalhadores.	67	67	Sim
Indicador 7: Índice de Gini da distribuição de rendimento.	33	67	Sim
Indicador 8: Índice parcial de auxílios recebidos.	67	67	Sim

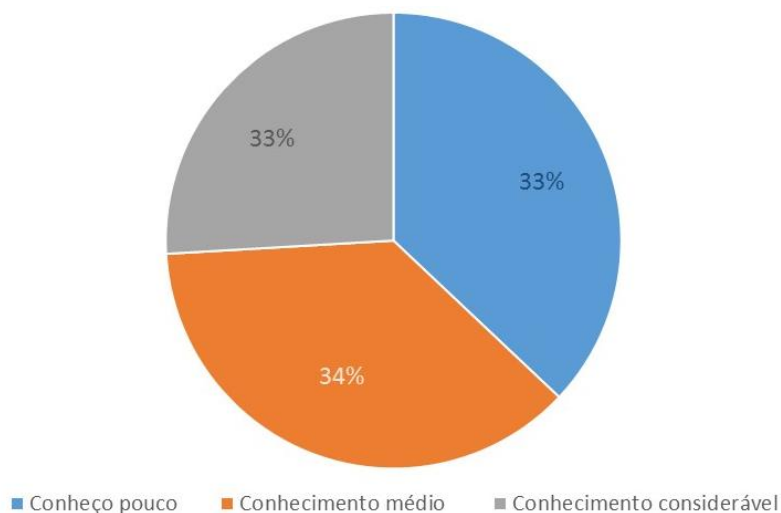
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

O indicador que teve a melhor avaliação foi o 2. Já os indicadores que foram piores avaliados foram 3 e 7.

Indicadores da Dimensão Agrícola / Industrial

Nesta dimensão, observa-se um equilíbrio entre os três graus de conhecimento dos correspondentes. Assim, 33% dos respondentes consideraram possuir grau de conhecimento considerável. Os que consideram ter um grau médio foram 33%, e os que acreditam ter pouco conhecimento foram 34% (Figura 8).

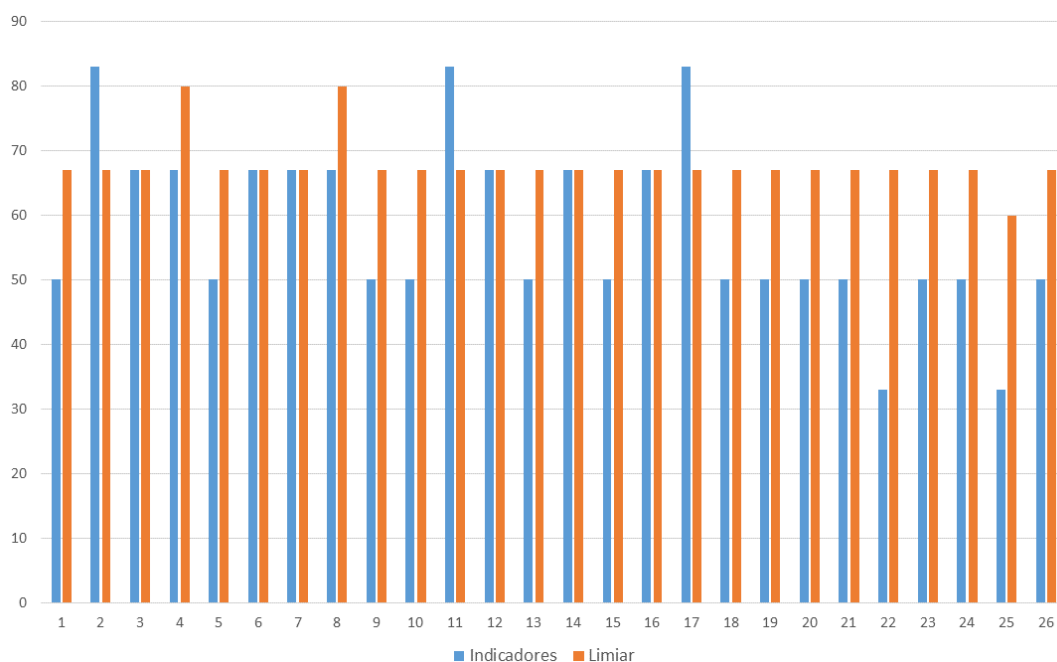
Figura 8 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Agrícola/Industrial do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 9 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Agrícola/Industrial.

Figura 9 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Agrícola/Industrial do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

No Quadro 12 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 12 –Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Agrícola/Industrial do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador	% indicador	% limiar	Validado
Indicador 1: Implantação de biorrefinarias.	50	67	Sim
Indicador 2: Rotação de cultura (soja).	83	67	Sim
Indicador 3: Consórcio com outras culturas (Macaúba).	67	67	Sim
Indicador 4: Rendimento do plantio.	67	80	Sim
Indicador 5: Lavagem a seco da cana.	50	67	Sim
Indicador 6: Índice de ATR (Kg/t colmos).	67	67	Sim
Indicador 7: Atender à Norma Regulamentadora (NR-31).	67	67	Sim
Indicador 8: Longevidade da cana.	67	80	Sim
Indicador 9: Distância Usina/Produção de cana.	50	67	Sim
Indicador 10: Controle de pragas favorecidas pela não-queima.	50	67	Sim
Indicador 11: Queima da cana-de-açúcar para colheita manual.	83	67	Sim
Indicador 12: Adoção do plantio direto.	67	67	Sim
Indicador 13: Predominância da conversão de pastagem em cana-de-açúcar, sobre culturas/florestas.	50	67	
Indicador 14: Ocorrência de reutilização de recursos hídricos.	67	67	Sim
Indicador 15: Número de Certificações.	50	67	Sim
Indicador 16: Condições favoráveis à mecanização.	67	67	Sim
Indicador 17: Número de colheitadeiras.	83	67	Sim
Indicador 18: Custo de manutenção.	50	67	Sim
Indicador 19: Otimização do transporte da cana.	50	67	Sim

Indicador 20: Coeficiente entre expansão total e reforma total da cana.	50	67	Sim
Indicador 21: Consumo de diesel.	50	67	Sim
Indicador 22: Substituição do diesel na frota pesada por etanol.	33	67	Sim
Indicador 23: Estrutura para o fluxo de caminhões.	50	67	Sim
Indicador 24: Seguir as exigências do “Novo Mercado”.	50	67	Sim
Indicador 25: Índice de Sustentabilidade Empresarial - ISE (BOVESPA).	33	60	Sim
Indicador 26: Variedades melhoradas para condições eco-regionais mais específicas.	50	67	Sim

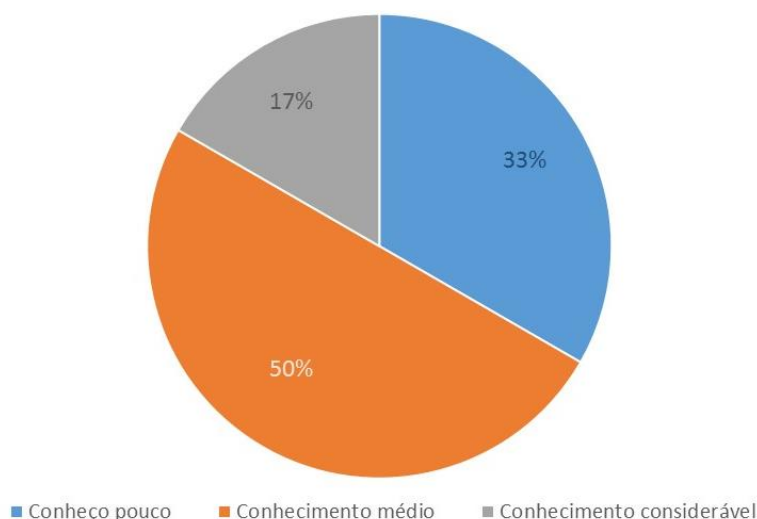
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Seguindo as dimensões anteriores, esta foi a que teve a melhor avaliação de seus indicadores em relação as demais, a levar em consideração a relação do grau de conhecimento dos respondentes. Portanto, os indicadores que tiveram as melhores avaliações foram o 2, 11 e 17. Por vez, os indicadores que foram piores avaliados foram 22 e 25.

Indicadores da Dimensão Produtos / Subprodutos

Com relação a esta dimensão, 50% consideram possuir grau de conhecimento médio sobre o assunto. Já os que consideram ter grau considerável foram 17%, e os que consideraram ter pouco conhecimento foram 33% (Figura 10).

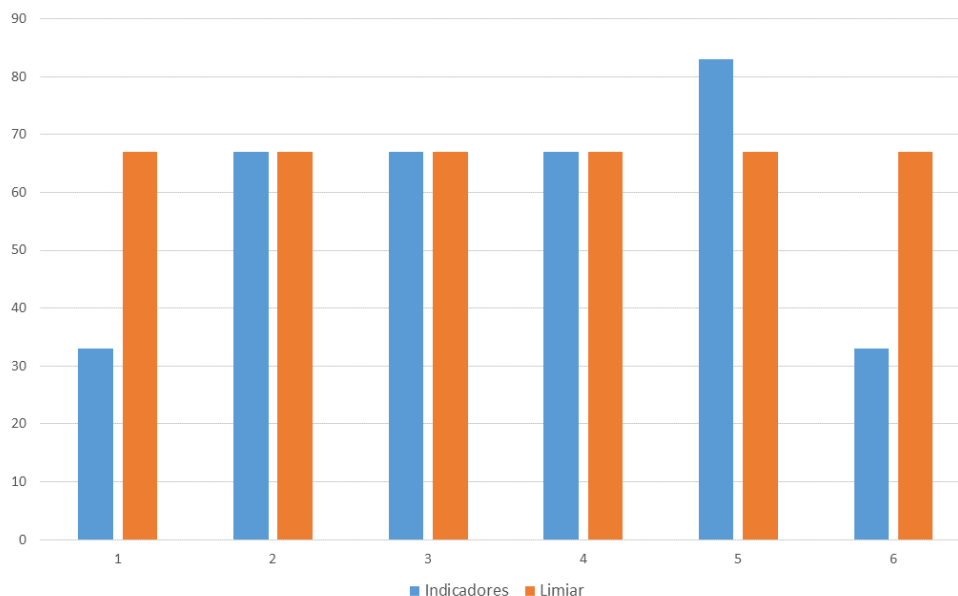
Figura 10 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Produtos/Subprodutos do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 11 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Produtos/Subprodutos.

Figura 11 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Produtos/Subprodutos do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

No Quadro 13 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 13 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Produtos/Subprodutos do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador	% indicador	% limiar	Validado
Indicador 1: Relação preço gasolina/etanol.	33	67	Sim
Indicador 2: Inclusão do Etanol como <i>commodity</i> .	67	67	Sim
Indicador 3: Adoção da tecnologia <i>flex-fuel</i> por outros países.	67	67	Sim
Indicador 4: Regulação de comércio de distribuição.	67	67	Sim
Indicador 5: Número de contrato para fornecer bioeletricidade.	83	67	Sim
Indicador 6: Infraestrutura para a produção de biocombustíveis de 2 ^a . e 3 ^a . gerações.	33	67	Sim

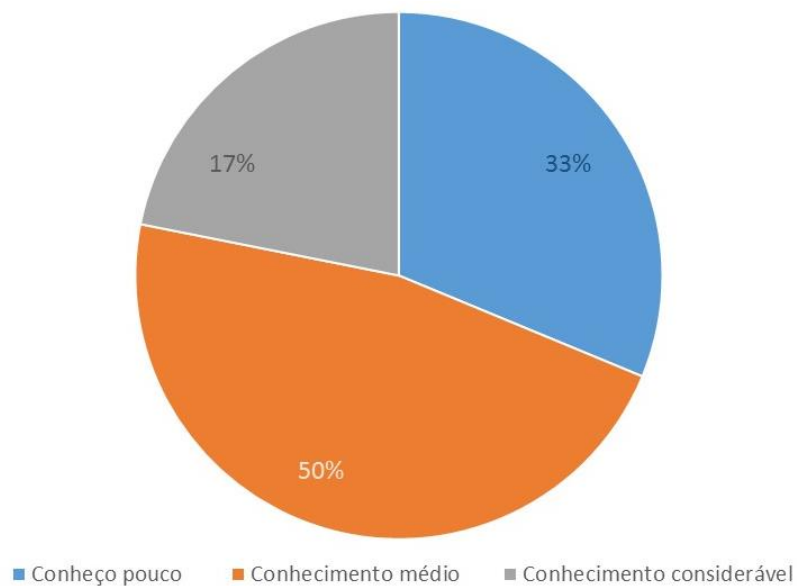
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Nesta dimensão, o indicador que teve a melhor avaliação foi o 5. Já os indicadores que foram piores avaliados foram 1 e 6.

Indicadores da Dimensão Tecnológica

Com relação a esta dimensão, 50% consideram ter grau de conhecimento médio sobre o assunto. Os que consideram ter grau considerável foram 17%, e os respondentes que acreditam ter pouco conhecimento sobre o assunto foram de 33% (Figura 12).

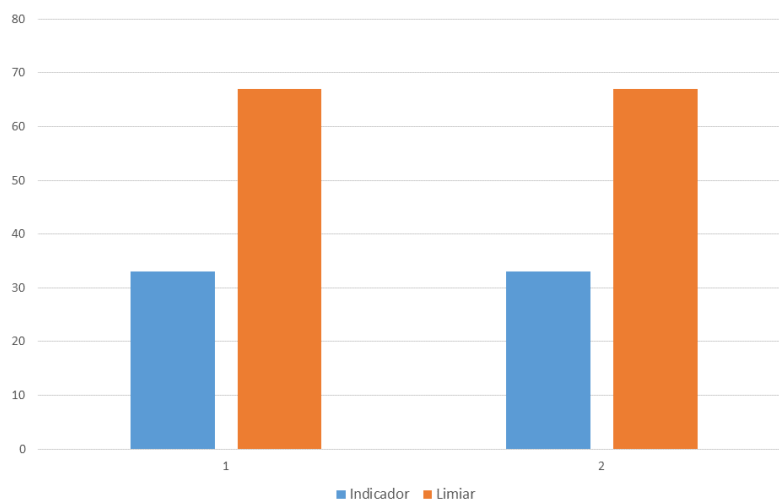
Figura 12 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Tecnológica do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 13 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Tecnológica.

Figura 13 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Tecnológica do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

No Quadro 14 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 14 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Tecnológica do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador	% indicador	% limiar	Validado
Indicador 1: Investimentos no desenvolvimento dos biocombustíveis de 2ª. e 3ª. gerações.	33	67	Sim
Indicador 2: Desenvolvimento de leveduras mais resistentes a concentrações elevadas de álcool (Fermentação Extrativa).	33	67	Sim

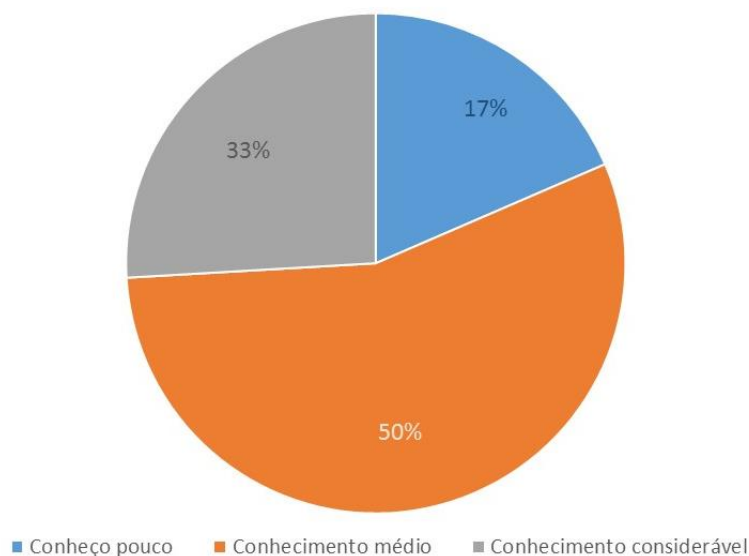
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Observa-se que todos os indicadores desta dimensão foram piores avaliados. Deste modo, é válido levar em consideração esta dimensão para que possa ser feito algo para mudar o cenário atual, podendo ser considerado investimentos na área de tecnologia para o desenvolvimento desses produtos.

Indicadores da Dimensão Política

Com relação a esta dimensão, 50% consideram ter grau de conhecimento médio sobre o assunto. Os que consideram ter grau considerável foram 33%, e os respondentes que acreditam ter pouco conhecimento sobre o assunto foram de 17% (Figura 14).

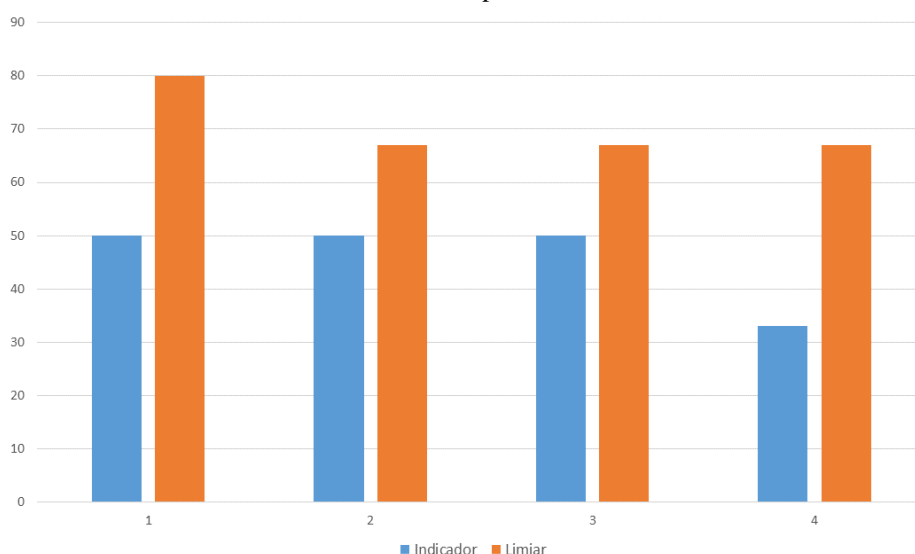
Figura 14 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre a Dimensão Política do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 15 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Política.

Figura 15 – Validação dos Indicadores e seus respectivos limiares de sustentabilidade da Dimensão Política do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

No Quadro 15 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 15 – Lista dos indicadores avaliados, limiares e validação da Dimensão Política do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador	% indicador	% limiar	Validado
Indicador 1: Ratificação de acordos globais.	50	80	Sim
Indicador 2: Iniciativas do poder público com a proteção ao ambiente.	50	67	Sim
Indicador 3: Número de produtores/usinas que aderiram/renovaram o Protocolo Agroambiental - Projeto Etanol Verde.	50	67	Sim
Indicador 4: Coeficiente de produtores atendidos pelo Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) com relação aos que solicitaram o financiamento.	50	67	Sim

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Os indicadores desta dimensão tiveram o desempenho abaixo do esperado, sendo assim o indicador 4 com a pior avaliação.

Indicadores finais

Dos 62 indicadores inicialmente formulados e propostos por Cardoso (2013), todos foram aceitos e validados com seus respectivos indicadores, com a porcentagem maior ou igual a 18% de convergência, juntamente com os limiares de sustentabilidade do Método Sustenta-Cana.

Peso dos indicadores para o Método “Sustenta-Cana”

De acordo com a metodologia proposta, para seguir com a avaliação dos indicadores, realizou-se a ponderação deles como base nos resultados fornecidos pelos respondentes do questionário. Assim, segundo os cálculos sugeridos, seguem os Quadros 16 a 21, com os resultados dos indicadores avaliados.

Quadro 16 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Ambiental, multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador Validado	Dimensão Ambiental										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Peso final	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46	0,54	0,37	0,20	0,21	0,40	0,38
1	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46	0,54	0,37	0,20	0,21	0,40	0,38
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	-0,56	-0,56	-0,56	-0,56	-0,46	-0,54	-0,37	-0,20	-0,21	-0,40	-0,38

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Quadro 17 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Ambiental e Social multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador Validado	Dimensão Ambiental					Dimensão Social					
	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6
Peso final	0,21	0,85	0,71	0,20	0,83	0,40	0,71	0,20	0,21	0,71	0,56
1	0,21	0,85	0,71	0,20	0,83	0,40	0,71	0,20	0,21	0,71	0,56
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	-0,21	-0,85	-0,71	-0,20	-0,83	-0,40	-0,71	-0,20	-0,21	-0,71	-0,56

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Quadro 18 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Social e Agrícola / Industrial multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador Validado	Dimensão Social		Dimensão Agrícola / Industrial								
	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso final	0,21	0,56	0,35	0,40	0,38	0,71	0,20	0,56	0,69	0,71	0,52
1	0,21	0,56	0,35	0,40	0,38	0,71	0,20	0,56	0,69	0,71	0,52
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	-0,21	-0,56	-0,35	-0,40	-0,38	-0,71	-0,20	-0,56	-0,69	-0,71	-0,52

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Quadro 19 - Pesos finais dos indicadores das Dimensão Agrícola / Industrial multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador Validado	Dimensão Agrícola / Industrial										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Peso final	0,38	0,40	0,72	0,50	0,21	0,50	0,69	0,85	0,54	0,54	0,38
1	0,38	0,40	0,72	0,50	0,21	0,50	0,69	0,85	0,54	0,54	0,38
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	-0,38	-0,40	-0,72	-0,50	-0,21	-0,50	-0,69	-0,85	-0,54	-0,54	-0,38

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Quadro 20 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Agrícola / Industrial e Produtos / Subprodutos multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador Validado	Dimensão Agrícola / Industrial						Dimensão Produtos / Subprodutos			
	21	22	23	24	25	26	1	2	3	4
Peso final	0,38	0,20	0,54	0,54	0,37	0,38	0,37	0,56	0,56	0,66
1	0,38	0,20	0,54	0,54	0,37	0,38	0,37	0,56	0,56	0,66
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	-0,38	-0,20	-0,54	-0,54	-0,37	-0,38	-0,37	-0,56	-0,56	-0,66

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Quadro 21 - Pesos finais dos indicadores das Dimensões Produtos / Subprodutos, Tecnológica e Política multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Indicador Validado	Dimensão Produtos / Subprodutos		Dimensão Tecnológica		Dimensão Política			
	5	6	1	2	1	2	3	4
Peso final	0,71	0,37	0,46	0,21	0,38	0,54	0,52	0,54
1	0,71	0,37	0,46	0,21	0,38	0,54	0,52	0,54
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	-0,71	-0,37	-0,46	-0,21	-0,38	-0,54	-0,52	-0,54

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Sendo assim, cada dimensão analisada possui um valor máximo e um mínimo, como mostra o Quadro 22.

Quadro 22 - Variação dos valores das dimensões do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

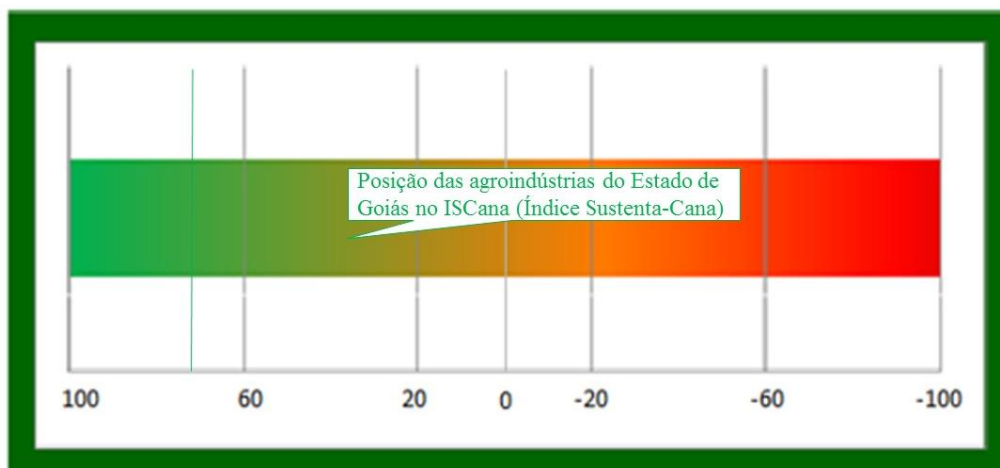
Dimensões		Sustentável	Não Sustentável
Ambiental	7,60	25,53	-25,53
Social	3,56	11,96	-11,96
Agrícola/Industrial	12,64	42,47	-42,47
Produtos/Subprodutos	3,23	10,85	-10,85
Tecnologia	0,67	2,25	-2,25
Política	1,98	6,65	-6,65

Índice Sustenta-Cana	29,68	100	-100
-----------------------------	--------------	-----	------

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

A somatória desses valores correspondentes a cada dimensão é o resultado: o Índice Sustenta-Cana (ISCana), sendo o valor máximo de 100 e -100. O “Índice de Sustentabilidade Sustenta-Cana” (ISCana) é resultante da somatória de todas as dimensões aplicadas, que, no entanto, é a somatória de todos os indicadores validados vezes (multiplicado) uma constante de valor igual a 3,36, onde a mesma fora calculada conforme fórmula descrita na metodologia.

Figura 16 - Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando a posição das agroindústrias do Estado de Goiás em relação a sustentabilidade do sistema produtivo.



Fonte: adaptado pelo autor (2022) de Cardoso (2013).

Assim, o resultado final da avaliação é de 29,68, sendo que a variação entre o intervalo 59 a 20, é alterações positivas, considerado que o sistema está em direção a um quadro sustentável. Vale ressaltar que pela adesão da pesquisa nas agroindústrias do Estado esse valor é considerado apenas um recorte do cenário atual.

Para auxiliar as agroindústrias nos indicadores que forem avaliados de forma negativa, recomenda-se medidas de manejos para mitigação e/ou sanar tais problemas. Deste modo, no Quadro 23, segue todos os indicadores validados nesta avaliação, com seu respectivo limiar de sustentabilidade e medidas de manejo:

Quadro 23 - Indicadores validados e avaliados nas respectivas dimensões com o limiar de sustentabilidade e com a medida de manejo do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

Dimensão Ambiental		
Indicadores	Limiar de Sustentabilidade	Medidas de Manejo
Quantidade de vinhaça/área aplicada com relação ao Potássio (K) e Nitrogênio (N).	A concentração máxima de potássio no solo não deve ultrapassar 5% da capacidade de troca catiônica - CTC. Quando esse limite for atingido, já que a lavoura extrai em média 185 kg K ₂ O, ou seja, 185 kg K ₂ O por hectare por corte, a aplicação de grãos de destilaria ficará limitada à reposição desse nutriente (PIRES; FERREIRA, 2008).	Atender à Norma P4.231/06 da CETESB, que institui os critérios e procedimentos para armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça.
Quantificação da erosão potencial segundo a Equação Universal de Perda de Solo (USLE – <i>Universal Soil Loss Equation</i>).	Possuem 5 classes de erosão com relação a Perda de Solo (PS): Muito baixa/baixa (PS < 5): Mais sustentável (+1); Moderada (PS 5 – 10): Sustentável (0); Alta/Severa (PS > 10): Menos sustentável (-1).	Conservação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e consórcio com outros cultivos para evitar a exposição do solo.
Balanco de Carbono (C) e Nitrogênio (N) no solo.	-	Execução do plantio direto.
Compactação do solo.	-	Plantio direto ou utilizar maquinário que acarrete menor compactação do solo, como o que vem sendo desenvolvido pelo CTBE.
Balanco de gases como CO, HC, NOX e material particulado em veículos pesados.	-	Conservação e inspeção constante da frota.
Ocorrência de queimada de palha no campo.	- Queimada no campo: menos sustentável (-1); - Queimada nas caldeiras: mais sustentável (+1).	Adoção de caldeiras e controle das queimadas.
Emissão de Ozônio.	- Abaixo de 80ppb: mais sustentável (+1); - Acima de 80ppb: menos sustentável (-1)	Monitoramento do campo para controlar possíveis focos de incêndios.
Emissão e suspensão de micropartículas (fuligem).	-	Implementar política nacional de suspensão da queimada da cana-de-açúcar e da palha.
Ocorrência de odor desagradável.	- Mais de 1000 metros de centros urbanos: mais sustentável (+1); - Menos de 1000 metros de centros urbanos: menos sustentável (-1).	Fiscalizar e aplicar multa para as usinas que não cumprirem a medida.
Localização geográfica da cultura em relação à aptidão agroclimática.	A) Temperatura média anual superior a 21°C, deficiência hídrica anual superior a 10 e inferior a 250 mm e índice hídrico entre 60 e superior a -20: Mais sustentável (+1); B) Temperatura média anual entre 20 e 21°C, deficiência hídrica anual entre 5 e 10 mm e índice hídrico entre 60 e 80: Sustentável (0); C) Temperatura média anual de 20°C, deficiência hídrica anual inferior a 5 mm e índice hídrico anual superior a 80: Menos Sustentável (-1).	Preparação prévia da ocupação da cultura.
Localização geográfica da cultura em relação à aptidão edáfica.	1) Fertilidade natural alta (solos eutróficos), profundidade favorável e ausência de pedregosidade (Latosolos, Argissolos, Luvisolos, Nitossolos, Cambissolos e	Planejamento prévio da ocupação da cultura.

	Neossolos quartzarênicos): Mais sustentável (+1); 2) Fertilidade natural média (solos distróficos), e/ou profundidade desfavorável (Neossolos litólicos e Plintossolos): Sustentável (0); 3) Fertilidade natural baixa (solos ácricos, álicos, alumínicos e alíticos) e/ou solos com grande limitação física ao crescimento radicular em profundidade: Menos Sustentável (-1).	
Localização geográfica da cultura em relação à aptidão edafoclimática.	-	Preparação prévia para o uso e ocupação do solo.
Áreas de Preservação Permanente (APP) recuperadas/conservadas.	-Mais do que 70% recuperadas/conservadas: Mais sustentável (+1); -Menos do que 70% recuperadas/conservadas: Menos sustentáveis (-1).	Desocupação das APP ocupadas através do plantio de cana e recuperação dessas áreas com o plantio de árvores nativas (CARDOSO, 2013).
Comprovação de Averbação da área de Reserva Legal.	-Anexação de documentos de comprovação da averbação em cartório: mais sustentável (+1); -Ausência de documentos de comprovação: menos sustentável (-1).	Ajustar ao Código Florestal.
Número de autuações nos últimos anos.	- Mais do que 70% recuperadas/conservadas: Mais sustentável (+1); - Menos do que 70% recuperadas/conservadas: Menos sustentáveis (-1).	Desocupar as APP ocupadas com plantio de cana e recuperar as mesmas através de plantios de árvores nativas.
Cumprimento com os Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRAs).	-Ausência de passivo ambiental: mais sustentável (+1); -Existência de passivo ambiental e em processo de cumprimento: Menos sustentável (0); -Presença de 1 ou mais passivos ambientais: não sustentável (-1).	-
Dimensão Social		
Indicadores	Limiar de Sustentabilidade	Medidas de Manejo
Poder de Compra do Trabalhador.	-	Manter a taxa média mensal de crescimento da renda.
Taxa de formalidade do emprego.	-Acima de 87,8% (EP) e 84,0% (ET): mais sustentável (+1); -Abaixo de 87,8% (EP) e 84,0% (ET): menos sustentável (-1).	Sustentação da taxa de crescimento da formalidade de 94,4% (EP) e 82,1% (ET) no período (BALSADI, 2008).
Índice Parcial de Educação.	- Maior que 38,2% (EP) e 33,7% (ET): mais sustentável (+1); - Menos que 38,2% (EP) e 33,7% (ET): menos sustentável (-1).	A motivação e promoção dos trabalhadores, a taxa de educação continua a aumentar.
Presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) na urina dos cortadores.	- Ausência de HPA: mais sustentável (+1); - Presença de HPA: menos sustentável (-1).	O uso, pelos cortadores, de roupas de proteção, como máscaras e luvas, para minimizar a absorção dos compostos.
Índice de internações decorrentes de problemas respiratórios.	-Diminuição das internações relacionadas à suspensão das queimas: Mais sustentável (+1);	Aplicação do protocolo Etanol Verde.

	-Inalteração da taxa de crescimento das internações: Menos sustentável (-1).	
Registro de treinamentos, capacitação ou requalificação de trabalhadores.	-Existência de 1 ou mais: Mais sustentável (+1); -Ausência: Menos sustentável (-1).	Consistir no fortalecimento das ações sociais e de apoio à agricultura familiar nas regiões de origem dos migrantes sazonais que se dirigem ao corte de cana-de-açúcar em decorrência da carência de renda obtida nessas regiões (BACCARIN; ALVES, 2008).
Índice de Gini da distribuição de rendimento.	- Valor próximo de 0: Mais sustentável (+1); - Valor próximo de 1: Menos sustentável (-1).	Programas de distribuição de renda.
Índice parcial de auxílios recebidos.	-Maior que 28,5% (EP) e 16,1% (ET): Mais sustentável (+1); -Menor que 28,5% (EP) e 16,1% (ET): Menos sustentável (-1).	-
Dimensão Agrícola / Industrial		
Indicadores	Limiar de Sustentabilidade	Medidas de Manejo
Implantação de biorrefinarias.	-	Produção de cana-de-açúcar em outros países e continentes como África e Austrália, e/ou surgimento de outra matéria-prima.
Rotação de cultura (soja).	-Após 1 ou 2 anos do plantio da soja recomenda-se plantar cana-de-açúcar: Mais sustentável (+1); -Somente cana-de-açúcar e adubação N mineral: Menos sustentável (-1).	Incorporar a soja em rotações de culturas, sucessão ou planos de consórcio (CARDOSO, 2013).
Consórcio com outras culturas (Macaúba).	-Plantio de Macaúba nas áreas de pedologia inaptas: Mais sustentável (+1); -Ausência de consórcio: Menos sustentável (-1).	Em regiões com solos pedregosos, a Macaúba é um bom substituto para a produção de biodiesel (CARDOSO, 2013).
Rendimento do plantio.	-Valor acima de 85,50 ton/ha: Mais sustentável (+1); -Valor abaixo de 85,50 ton/ha: Menos sustentável (-1).	Invista em melhores técnicas de cultivo e colheita, novas variedades de maior rendimento e resistentes a doenças (CARDOSO, 2013).
Lavagem a seco da cana.	-	-
Índice de ATR (Kg/t colmos).	-	-
Atender à Norma Regulamentadora (NR-31).	-Atendimento à NR-31: Mais sustentável (+1); -Não atendimento à NR-31: Menos sustentável (-1).	Ajustar à NR-31.
Longevidade da cana.	-A partir de 3 anos de plantio: Mais sustentável (+1); -Abaixo de 3 anos de plantio: Menos sustentável (-1).	-

Distância Usina/Produção de cana.	- Distância de até 20 km: Mais sustentável (+1); - Distância de mais de 20 km: Menos sustentável (-1).	Planejamento e implantação de novos prédios fabris e áreas de plantio.
Controle de pragas favorecidas pela não-queima.	- Emprego de controle biológico: Mais sustentável (+1); - Não utilização de controle biológico: Menos sustentável (-1).	-
Queima da cana-de-açúcar para colheita manual.	-Suspensão da queima desde 2002: Mais sustentável (+1); -Utilização de queima: Menos sustentável (-1).	-
Adoção do plantio direto.	-Adoção do plantio direto: Mais sustentável (+1); -Não adoção do plantio direto: Menos sustentável (-1).	A cana-de-açúcar cultivada em sistema de plantio direto sobre leguminosas apresenta maior produtividade do que o cultivo convencional e garante melhor proteção ao meio ambiente devido à colheita da cana crua não queimada (CARDOSO, 2013).
Predominância da conversão de pastagem em cana-de-açúcar, sobre culturas/florestas.	- Maior porcentagem de conversão de pasto em cana: Mais sustentável (+1); - Maior porcentagem de conversão de outras culturas em cana: Menos sustentável (-1).	-
Ocorrência de reutilização de recursos hídricos.	-Captação de água de 1,83 m ³ /t cana ou menos: Mais sustentável (+1); -Captação de água acima de 1,83m ³ /t cana: Menos sustentável (-1).	-
Número de Certificações.	- Uma ou mais certificações: Mais sustentável (+1); - Nenhuma certificação: Menos sustentável (-1).	-
Condições favoráveis à mecanização.	-Mais de 500 Ha de área com declividade inferior a 12% e talhões maiores que 800 metros: Mais sustentável (+1); -Menos de 500 ha de área com declividade inferior a 12% e talhões menores que 800 metros: Menos sustentável (-1).	Uso de colheitadeiras em cooperativa. Portanto, a soma das áreas dos produtores próximos dará a menor área possível (CARDOSO,2013).
Número de colheitadeiras.	-Entre 3 e 5 colheitadeiras: Mais sustentável (+1); -Menos de 3 colheitadeiras: Menos sustentável (-1).	-
Custo de manutenção.	-	Inspeções de máquinas e manutenção contínua são realizadas para evitar grandes variações no valor de custo.
Otimização do transporte da cana.	- Transporte de cana picada: Mais sustentável (+1); - Transporte de cana inteira: Menos sustentável (-1).	-
Coefficiente entre expansão total e reforma total da cana.	- Coeficiente abaixo de 1,0: Mais sustentável (+1);	Embora caro, a reforma dos campos pode melhorar a agricultura,

	- Coeficiente acima de 1,0: Menos sustentável (-1).	além da colheita mecânica.
Consumo de diesel.	- Consumo de óleo diesel abaixo de 5,3 litros/ton: Mais sustentável (+1); - Consumo de óleo diesel acima de 5,3 litros/ton: Menos sustentável (-1).	Otimizar a logística e utilização, de preferência, de biodiesel.
Substituição do diesel na frota pesada por etanol.	-	-
Estrutura para o fluxo de caminhões.	- Mais de 1000 metros de centros urbanos: mais sustentável (+1); - Menos de 1000 metros de centros urbanos: menos sustentável (-1).	Coordenar com o governo municipal a elaboração do plano de transporte e logística no plano diretor urbano.
Seguir as exigências do “Novo Mercado”.	- Até 49% das ações ligadas a uma única pessoa: Mais sustentável (+1); - Mais de 60% das ações ligadas a uma única pessoa: Menos sustentável (-1)	As agências competentes apresentaram requisitos mais elevados para a transparência e profissionalismo da gestão.
Índice de Sustentabilidade Empresarial - ISE (BOVESPA).	- Possui o ISE: Mais sustentável (+1); - Não possui o ISE: Menos sustentável (-1).	O ISE é obrigado a obter financiamentos, autorizações e outorgas de órgãos públicos.
Variedades melhoradas para condições eco-regionais mais específicas.	- Estudo para escolha da melhor variedade para o local: Mais sustentável (+1); - Sem estudo ou não utilização de variedades: Menos sustentável (-1).	Uma contratação especializada para avaliar e indicar as melhores variedades.
Dimensão Produtos / Subprodutos		
Indicadores	Indicadores	Medidas de Manejo
Relação preço gasolina/etanol.	- Preço/litro do etanol até 70% abaixo da gasolina: Mais sustentável (+1); - Preço/litro do etanol 70% acima da gasolina: Menos sustentável (-1).	Ajustes na gasolina, reservas obrigatórias de etanol para controlar a oferta e a demanda, impostos mais altos sobre o petróleo.
Inclusão do Etanol como <i>commodity</i> .	-Inclusão do etanol como <i>commodity</i> : Mais sustentável (+1); -Não inclusão do etanol como <i>commodity</i> : Menos sustentável (-1).	-
Adoção da tecnologia <i>flex-fuel</i> por outros países.	-Adoção da tecnologia <i>flex-fuel</i> : Mais sustentável (+1); -Não adoção da tecnologia <i>flex-fuel</i> : Menos sustentável (-1).	-
Regulação de comércio de distribuição.	-Negociação aberta dos contratos futuros: Mais sustentável (+1); -Continuidade do modelo atual: Menos sustentável (-1).	-
Número de contrato para fornecer bioeletricidade.	- Capacidade de fornecer bioeletricidade: Mais sustentável (+1); - Não possui infraestrutura para fornecer bioeletricidade: Menos sustentável (-1).	Reorganizar a fábrica para atender às necessidades de bioeletricidade.
Infraestrutura para a produção de biocombustíveis de 2ª. e 3ª. gerações.	- Investimento em modernização da usina: Mais sustentável (+1); - Ausência de Investimento na modernização: Menos sustentável (-1).	Melhorar a infraestrutura e produzir mais produtos tecnológicos.
Dimensão Tecnológica		
Indicadores	Indicadores	Medidas de Manejo

Investimentos no desenvolvimento dos biocombustíveis de 2ª. e 3ª. gerações.	-	-
Desenvolvimento de leveduras mais resistentes a concentrações elevadas de álcool (Fermentação Extrativa).	- Leveduras resistentes a concentrações alcoólicas acima de 11° GL: mais sustentável: (+1); - Leveduras não resistentes a concentrações alcoólicas acima de 11° GL: menos sustentável: (-1).	-
Dimensão Política		
Indicadores	Indicadores	Medidas de Manejo
Ratificação de acordos globais.	-	-
Iniciativas do poder público com a proteção ao ambiente.	- Produtor incentivado a produção sustentável: Mais sustentável (+1); - Produtor não incentivado: Menos sustentável (-1).	-
Número de produtores/usinas que aderiram/renovaram o Protocolo Agroambiental - Projeto Etanol Verde.	- Adesão ao Protocolo: Mais sustentável (+1); - Não adesão ao Protocolo: Menos sustentável (-1).	-
Coefficiente de produtores atendidos pelo Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) com relação aos que solicitaram o financiamento.	- Valor próximo a 1: Mais sustentável (+1); - Valor próximo a 0: Menos sustentável (-1).	-

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Como a finalidade do método é a avaliação para a tomada de decisão e não a certificação, o índice no formato proposto são indicadores suficientes para avaliar a evolução da sustentabilidade do sistema ao longo do tempo, não havendo problema como índice único. Aliás, o método permite avaliar apenas uma dimensão, que pode ser estudada com mais detalhes se desejar (CARDOSO, 2013).

4.2.2 Aplicação do Método Barômetro de Sustentabilidade

Utilizando-se do questionário e dos indicadores de sustentabilidade formulados por Cardoso (2013), aplicados nas 6 dimensões (ambiental; social; agrícola/ industrial; produtos/ subprodutos; tecnológica e política) foi aproveitada para esta outra avaliação através do Método do Barômetro de Sustentabilidade, pois a metodologia para construção do Barômetro de Sustentabilidade é flexível, não há um número fixo de indicadores em sua composição e a escolha dos indicadores a serem utilizados é feita pelo analista com base na possibilidade de construção de escalas de desempenho, pesquisa de domínio e

disponibilidade de informações. O método pode ser aplicado localmente ou globalmente, permitindo comparações entre diferentes localidades e um determinado recorte temporal (KRONEMBERGER et al., 2008).

Para facilitar o entendimento dos resultados adquiridos, estes foram organizados em quadros apresentados na aplicação anterior os indicadores foram combinados nas 6 dimensões (Quadros 11 ao 15). Vale ressaltar que nesta avaliação só foram considerados os valores dos indicadores, sendo desconsiderado o valor do limiar.

Portanto, com os resultados dos indicadores e dos cálculos dos graus individuais, os indicadores foram agregados hierarquicamente, por média aritmética, da dimensão para o subsistema (natureza ou sociedade). Os indicadores receberam pesos iguais na obtenção do índice por tema por serem considerados nesta avaliação como igualmente importantes na caracterização da situação em cada dimensão. Ou seja, todos os indicadores foram considerados válidos. Desta forma, o índice é o resultado da média da pontuação dos indicadores que compõem a temática das respectivas dimensões.

Para obter o índice de bem-estar humano foi realizada a média aritmética dos índices sociais e econômicos (social; agrícola/industrial; produtos/subprodutos; tecnológica e política). O índice de bem-estar ecológico está representado pela média aritmética da dimensão ambiental.

E, finalmente, para a divisão da escala foi feita em cinco intervalos definidos por Prescott-Allen (2001) através de valores que representam condições, variando de insustentável à sustentável.

Dimensão Ambiental

A média aritmética da Dimensão Ambiental foi de 52,9 graus que classifica como médio/ intermediário a situação da sustentabilidade.

Dimensão Social

A média aritmética da Dimensão Social foi de 55,8 graus, o que classifica em médio / intermediário com relação a sustentabilidade.

Dimensão Agrícola / Industrial

A média aritmética da Dimensão Agrícola/ Industrial foi de 57,4 graus, que classifica como médio / intermediário em relação a sustentabilidade.

Dimensão Produtos / Subprodutos

A média aritmética da Dimensão Produtos/ subprodutos foi de 57,8 graus, configurando como médio / intermediário.

Dimensão Tecnológica

A média aritmética da Dimensão Tecnológica foi de 33 graus, o que deixa numa posição de potencialmente insustentável.

Dimensão Política

A média aritmética da Dimensão Política foi de 45,7 graus, resultando na situação final de médio / intermediário. Assim, no Quadro 24 pode observar o panorama de todas as dimensões avaliadas.

Quadro 24 - Classificação final das dimensões avaliadas segundo o Barômetro de Sustentabilidade para o Estado de Goiás.

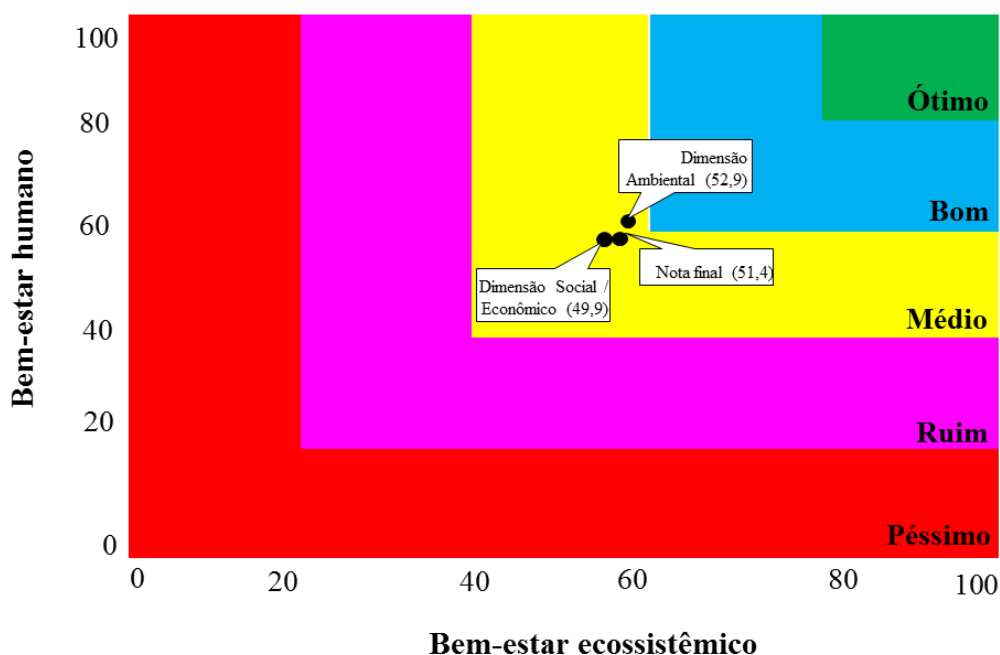
Dimensões	Indicador	Classificação do Barômetro
Dimensão Ambiental	52,9	Médio / intermediário
Dimensão Social	55,8	Médio / intermediário
Dimensão Agrícola/ Industrial	57,4	Médio / intermediário
Dimensão Produtos/ Subprodutos	57,8	Médio / intermediário
Dimensão Tecnológica	33	Potencialmente insustentável
Dimensão Política	45,7	Médio / intermediário
Nota final		51,4 (Médio / intermediário)

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Para se obter o índice de bem-estar humano foi realizada a média aritmética dos índices sociais e econômicos (social; agrícola/industrial; produtos/subprodutos; tecnológica e política), resultando na média (49,9), sendo configurado no BS como médio / intermediário. Por vez, o índice de bem-estar ecológico está representado pela média aritmética da dimensão ambiental, que foi totalizado a média de (52,9) configurando a condição de médio / intermediário.

O resultado da aplicação do Barômetro de Sustentabilidade (Figura 17) obtido nesta etapa foi de (51,4), sendo classificado como médio / intermediário a situação da sustentabilidade do sistema de produção da cana-de-açúcar no Estado de Goiás.

Figura 17 – Posição do Estado de Goiás em relação a sustentabilidade do sistema de produção da cana-de-açúcar no Barômetro de Sustentabilidade.



Fonte: elaborado pelo autor (2022) adaptado de Prescott-Allen (2001).

No caso do estado, em comparação a outros trabalhos acadêmicos, como os de Amorim, Araújo e Cândido (2014) e Kronemberger et al. (2008), que estudam outros estados brasileiros, possui um “índice de bem-estar ecológico” mais bem avaliado do que o “índice de bem-estar humano”.

Todavia, segundo a metodologia do Barômetro de Sustentabilidade, uma dimensão sempre representa a média dos indicadores que a compõem. Portanto, se todos os indicadores forem ruins, o resultado final será insustentável ou quase insustentável. Se houver indicadores "ruins" e "bons", a situação será intermediária. Se todos, ou quase todos, se comportarem bem, os resultados serão sustentáveis. Mesmo com essas questões, o Barômetro de Sustentabilidade continua sendo um método rápido, simples e barato de avaliar o nível de desenvolvimento sustentável de um território e acompanhar sua evolução ao longo do tempo (KRONEMBERGER et al., 2008).

5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O presente estudo se propôs a avaliar a sustentabilidade do setor sucroenergético no Estado de Goiás através de métodos de avaliação, tendo sido assim, indicadas questões importantes a serem consideradas em estudos dessa natureza.

Ao avaliar a sustentabilidade da expansão da cultura da cana-de-açúcar através do Método Barômetro de Sustentabilidade resultou na classificação da sustentabilidade como “bom/ potencialmente sustentável”.

Para avaliar a sustentabilidade do sistema de produção da cana-de-açúcar através do Método Sustenta-Cana apresentou o resultado no Índice Sustenta-Cana a classificação de “alterações positivas”. E utilizando o Método do Barômetro de Sustentabilidade obteve uma classificação de “médio/ intermediário”. Ou seja, nesta avaliação os resultados demonstraram que as agroindústrias estão trilhando um caminho em direção à um quadro mais sustentável.

O Barômetro da Sustentabilidade demonstrou ser uma ferramenta robusta, capaz de satisfazer a proposta de avaliar a sustentabilidade. Apesar disto, para aplicar esse método houve uma dificuldade na obtenção dos dados disponíveis referente aos indicadores específicos para microrregiões, o que ajudaria a investigar melhor esse processo em espaço territorial menor. Assim, a aplicação do método nos mostra como é difícil alcançar resultados positivos nas diferentes dimensões simultaneamente, o que revelaria um estado de “equilíbrio” que alguns veem como o estado ideal para alcançar o desenvolvimento sustentável. Na prática, esta condição é difícil de alcançar devido aos compromissos necessários e às contradições entre as dimensões.

Por outro lado, o Método Sustenta-Cana, pode ser considerado um método complexo, bem como o sistema produtivo da cana-de-açúcar. Mas também pode ser um importante aliado na tomada de decisão. Dessa maneira, as métricas aplicadas, ou seja, os indicadores e limiares de sustentabilidade da cana, podem servir de guia para avaliações informadas frente aos princípios e padrões internacionais de sustentabilidade, reduzindo a subjetividade das avaliações e dando maior transparência ao processo.

Muito embora, tenha havido a coparticipação do SIFAEG na pesquisa, a adesão dos técnicos das empresas do setor ao questionário formulado ficou aquém das expectativas para o método Sustenta-Cana. Deste modo, recomenda-se outros estudos necessários, considerando-se também outros indicadores, para avaliação mais detalhada da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs fazer a avaliação da sustentabilidade do setor sucroenergético no Estado de Goiás. Para isto necessitou estudar os principais pontos da cultura da cana-de-açúcar, bem como, entender como objetivou a expansão dela no país e no estado.

É importante destacar que tanto a comunidade científica como a sociedade têm se mostrado a preocupação com as questões ambientais e com a preservação da biosfera, o que tem resultado a adequação dos produtores com a atividade agrícola, de modo, que essa ação seja ambientalmente adequada e economicamente viável.

Observou-se que com a expansão da cultura da cana-de-açúcar, quando é efetuada de maneira mais sustentável, quando ocorre o uso racional dos resíduos gerados pelas usinas, com a utilização de novas tecnologias, tendo o foco no aprimoramento do rendimento e da produção, pode não impactar diretamente de maneira significativa a produção de alimentos, dado que os rendimentos com a produtividade colaboram para equilibrar a ocupação de novas áreas pelo cultivo da cana-de-açúcar.

Ao avaliar a sustentabilidade do setor sucroenergético no estado de Goiás, levando em consideração a complexidade de todo o sistema produtivo de cana-de-açúcar, assim como a complexidade conceitual do Método Sustenta-Cana idealizado por Cardoso (2013), resulta em um cenário da sustentabilidade com “alterações positivas”, e que com isso possa auxiliar no processo de tomadas de decisões para as agroindústrias. Já ao avaliar a sustentabilidade da expansão da cultura da cana, pode-se observar um resultado de um cenário de “bom/ potencialmente sustentável”. Embora os resultados dessa avaliação não correspondam a totalidade das agroindústrias do estado de Goiás, o que representa apenas uma parcela, e não a generalização dos resultados. Deste modo, a pesquisa permite aos gestores e pesquisadores da área uma percepção do momento atual em relação à instauração das estratégias ambientais, ou seja, cada vez mais as agroindústrias estão trilhando caminhos mais sustentáveis. Mas há muito o que melhorar para chegar a um resultado completamente sustentável.

Portanto, recomenda-se outros estudos necessários, considerando-se também outros indicadores, para avaliação mais detalhada da sustentabilidade do sistema produtivo e da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás, como um todo.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001 - Sistemas de gestão ambiental**: Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT. 2015

AGROPÓS. **Cana-de-açúcar a cultura que potencializou o Brasil**. Disponível em: <https://agropos.com.br/cana-de-acucar/> . Acesso em: 29 mar 2021.

AMORIM, A. S.; ARAÚJO, M. F. F.; CÂNDIDO, G. A. Uso do Barômetro da Sustentabilidade Para Avaliação de um Município Localizado em Região Semiárida do Nordeste Brasileiro. **Desenvolvimento em Questão**, Editora Unijuí, v.12, n. 25, p.189-217, jan./mar. 2014.

AMORIM, F. R.; PATINO, M. T. O.; MARCOMINI, G. R. "Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em usinas no estado de São Paulo." **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 133-1145, 2018.

ALVES, L. Q.; FRANCO, P. N.; ZANETTI, W. A. L.; GÓES, B. C. Performance of sugarcane culture production in the main producing states. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, São Paulo, Brazil, v. 15, n. 2, p. 303–317, out. 2021.

ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; PINTO, H. P. **Sustentabilidade no agronegócio brasileiro**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. 2012.

BACCARIN, J. G.; ALVES, F. J. da C. Etanol da cana-de-açúcar: considerações sobre o meio ambiente e a ocupação agrícola. Energia e Biomassa. **Cadernos do Ceam - Núcleo de Estudos Agrários**, Brasília, ano VIII, n. 33, p. 111-147, dez. 2008.

BALSADI, O. V. Mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar no Brasil no período 1992-2004. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 38-54, fev. 2007.

BARBIERI, J. C.; LAGE, A. C. Conceitos, Problemas e Pontos de Partidas Para Políticas de Desenvolvimento Sustentável. *In*: Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, 25. 2001, (Campinas). **Anais [...]**. Campinas: ANPAD, 2001.

BARDALHO, M. G da SILVA; SILVA, A. A; CASTRO, S. S. de. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 29, p. 98-110, São Paulo. Setembro, 2013.

BINDER, C. R.; FEOLA, G.; STEINBERGER, J. K. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. **Environmental Impact Assessment Review**, v.30, n.2, p.71-81, 2010.

BITTENCOURT, G. M.; GOMES, M. F. M. Fontes de crescimento da produção de cana-de-açúcar no Sudeste e centro-oeste do Brasil. **Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 2, p. 182-201, maio/ago. 2014.

BRITTS, T. H. C.; SILVA, W. G.; ABRITA, M. B. O crescimento canavieiro no município de Rio Brillhante-MS e os impactos ambientais causados pela queima da palha da cana-de-açúcar (2001 a 2010). **Revista Cerrados**, v. 14, n. 1, p. 58–76, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n° 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Seção 1, p. 2548-2549.

BRAY, S. C.; FERREIRA, E. R.; RUAS, D. G. G. **As políticas da agroindústria canavieira e o PROÁLCOOL no Brasil**. Marília: Unesp – Marília- Publicações, 2000.

CARDOSO, B. O. **Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção da cana-de-açúcar no estado de São Paulo**: uma proposta metodológica e de modelo conceitual. (Dissertação de Mestrado). São Carlos: UFSCar, 2013.

CARVALHO, P. G. M. de; BARCELLOS, F. C; MOREIRA, C. G. Políticas públicas para meio ambiente na visão do gestor ambiental– Uma aplicação do modelo PER para o Semi-Árido. “VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica” – Fortaleza, 28 a 30 de novembro de 2007.

CASTRO, S. S. de; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BÔRGES, S. V. M. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, vol. 30, n. 1, jan./jun., p. 171-191, 2010.

CHIARAVALLOTI, R. M.; SANTANA, S.; MORAIS M. S.; ROCHA, L. M. V.; FREITAS, D. M. Efeitos da expansão da cana de açúcar no sudeste do Mato Grosso do Sul e possíveis caminhos para uma agenda sustentável. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n.1, p.117-135, 2014.

CHIEPPE JÚNIOR, J. B. Impacto do Crescimento do Setor Sucroalcooleiro na Expansão da Fronteira Agrícola no Estado de Goiás. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS-Campus Porto Alegre**, Porto Alegre, v.2 n.3, p. 19-34, jul/dez. 2015.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**. 2022. Disponível em <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 out 2022.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 7 – Safra 2020/2021, n. 4 – Quarto levantamento, Brasília, p.1-57, 2021.

CORREIA, J. E.; MARCATO, A. C. C.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; SOTO, M. A.; FONTANETTI, C. S. Toxicidade e genotoxicidade da vinhaça de cana-de-açúcar em peixes em bioensaios laboratoriais. *In: Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. Bauru, SP: Canal 6, p.251-264, 2017.

- CRISTÓBAL, J., et al., 2016. Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chains. **Biomass Bioenergy**. v. 89, jun., p.159–171, 2016.
- CUNHA, G. N.; PASQUALETTO, A. Impactos socioeconômicos e ambientais do transporte ao processamento da cana-de-açúcar na Região Norte de Goiás. **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional** – Faccat: Taquara/RS - v. 18, n. 4, p.301-322, out./dez. 2021.
- DUARTE, C. G.; MALHEIROS, T. F. "Sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados." **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 122-138, 2015.
- EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Editora Gustavo Gili, 1ª ed. 2ª impressão, 2013.
- FERRAZ, J. M. G. Indicadores de Sustentabilidade: Aspectos Teóricos. MARQUES, J.F.; SKOURUPA, L.A.; FERRAZ, J, M, G. (Org.). *In: Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. 2003. p.15-73.
- FERRAZ, R.; SIMÕES, M.; DUBREUIL, V. Indicadores para a avaliação do processo de expansão da cultura canavieira no sul do estado de Goiás. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v. 29, p. 76-86, 2013.
- FERREIRA, E. da S.; LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. Sustentabilidade no setor de mineração: uma aplicação do Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 74 - 91, 2010.
- FERREIRA, M. C. Gestão Ambiental: Um Estudo em Empresas do Setor Sucroalcooleiro em Goiás. **RPCA – Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 58-80, jul. /set. 2013.
- FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. (org). **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal 6, 2017.
- FRANCO, I. O. Expansão da cana-de-açúcar na microrregião sudoeste de Goiás: análise espacial das mudanças do uso e cobertura do solo nos anos de 2001, 2006 e 2011. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 481–499, 2015. set./dez. 2014.
- GALLOPÍN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modeling & Assessment**. v. 1, p. 101-117, set 1996.
- GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n.1, p. 183-184, jan./mar. 2014.
- GAVIOLI, F. R. Avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas através de indicadores em um assentamento rural em São Paulo. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v. 6, n. 5, p. 99-110, 2011.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. 2ª edição. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.

GOMES, C. S. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. **Caderno do Leste**. Belo Horizonte, v. 19, n.19, p. 63-78, 2019.

GRAYMORE, M. L. M.; SIPE, N. G.; ROCKSON, R. E. Regional sustainability: How useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale?. **Ecological Economics**, Victoria, n. 67, p.362-372, jul. 2008.

GUIMARÃES, L. T.; TURETTA, A. P. D; COUTINHO, H. L. C. Uma proposta para avaliar a sustentabilidade da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.22, n.2, p. 313-327, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>

IMB – INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/>

JESUS, K. R. E.; TORQUATO, S. A.; MACHADO, P. G.; ZORZO, C. R. B; CARDOSO, B. O.; LEAL, M. R. L.V.; PICOLI, M. C. A.; RAMOS, R. C.; DALMAGO, G. A.; CAPITANI, D. H. D.; DUFT, D.G.; SUÁREZ, J. F. G.; PIEROZZI Jr. I.; TREVELIN, L. C.; MOREIRA, D. A. Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Decision Support System. **Environmental Development**, v. 32, p. 1-16, 2019.

KEATING, B. A.; ROBERTSON, M. J.; MUCHOW, R. C.; HUTH, N. I. Modelling sugarcane production systems I: development and performance of the sugarcane module. **Field Crops Research**, Aberdeenshire, v. 61, n. 3, p. 253-271, maio 1999.

KEMERICH, P. D. C; RITTER, L. G.; BORBA, W.F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **REMOA/ UFMS**. Edição Especial LPMA/UFMS, v. 13, n. 5, p. 3723-3736, 2014.

KIANG, C. H.; SOTO, M. A.; BASSO, J. B. A cultura da cana-de-açúcar à luz da sustentabilidade. *In: Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. Bauru, SP: Canal 6, p.267-275, 2017.

KLINE, K. L.; MSANGI, S.; DALE, V. H.; WOODS, J.; SOUZA, G. M.; OSSEWEIJER, P.; CLANCY, J. S.; HILBERT, J. A.; JOHNSON, F. X.; MCDONNELL, P. C.; MUGERA, H. K. Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. **GCB Bioenergy**. v. 9, n. 3, p. 557–576, 2017.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CLEVELÁRIO JUNIOR, J. C.; NASCIMENTO, J. A. S.; COLLARES, J. E. R.; SILVA, L. C. D. Desenvolvimento sustentável no Brasil: uma

análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.1, p.25-50, jun. 2008.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos - CEBRAP**, São Paulo, v. 78, p. 15-21, jul. 2007.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. "Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar." **Future Studies Research Journal**. v. 4, n. 1, p. 201-230, 2012.

LIMA, S. S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**. v.35, n.1, p.51-60, 2011.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: el marco MESMIS. **Boletín de ILEIA**, v. 16, n.4, p.25-27, 2010.

LUCENA, R. A. F.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; PRESTON, W.; FEITOSA, S. dos. S. F.; FERREIRA, A. dos. S.; SILVA, H. F. da; SANTOS, J. J. M. dos. **Brazilian Journal of Development**. v.6, n.9, p. 64881-64892, 2020.

MATOS, P. F. de; MARAFON, G. J. Dinâmica territorial do setor sucroenergético em Santa Vitória, Minas Gerais. **Revista Campo-Território**, v.15, n.37, p.1-18, 2020.

MACHADO, P. G.; DUFT, D. G.; PICOLI, M. C. A; WALTER, A. Diagnóstico da expansão da cana-de-açúcar. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n. 1, p. 13-28, 2014.

MEADOWS, D. **Indicators and Informations Systems for Sustainable Development**. Hartland Four Corners: The Sustainability Institute, 1998.

MESQUITA, F. C. Evolução do aprendizado na expansão da cana-de-açúcar para Goiás: o papel dos centros de pesquisa. **Revista Campo-Território**, vol. 11, n. 22, abr. 2016.

MESQUITA, F. C.; FURTADO, A. T. Globalização e relações territoriais na agricultura: particularidades na expansão da soja e da cana-de-açúcar no Estado de Goiás. **GEOgraphia**, vol. 20, n. 43, p. 71-85, mai./ago., 2018.

MEYER, M. A.; PRIESS, J. A. Indicators of bioenergy-related certification schemes – an analysis of the quality and comprehensiveness for assessing local/regional environmental impacts. **Biomass Bioenergy**. v. 65, jun., p. 151–169, 2014.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Conhecendo o Brasil em Números – Knowing Brazil in Numbers, Brasília. 2021.

NEVES, P. D. M.; MENDONÇA, M. R. Expansão do agronegócio canavieiro no sul goiano e os efeitos na produção de alimento. Confins: **Revue Franco-brésilienne De Géographie**, n.44, mar. 2020.

NOCELLI, R. C. F.; ZAMBON, V. et al. Histórico da cana-de-açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica. In: FONTANETTI, C. S. & BUENO, O. C. (org.). **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal 6, 2017. 275 p.

NOVACANA. **Aspectos do plantio da cana de açúcar**. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/aspectos-plantio-cana-de-acucar>. Acesso em: 08 mar 2021.

PACCA, S.; MOREIRA, J. R. Historical carbon budget of the Brazilian ethanol program. **Energy Policy**, v. 37, n.11, p. 4863-4873, 2009.

PEREIRA, L. A. G.; BARRETO, J. B. Geografia das exportações de açúcar e de etanol no estado de Minas Gerais. **Revista Campo-Territorial**, v.15, n.36, p.230-258, 2020.

PEREIRA, V. S.; MARTINS, S. R. Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC) mediante aplicação da metodologia MESMIS. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.15, 2010.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PIRES, R. A. P.; FERREIRA, O. M. **Utilização da vinhaça na bio-fertirrigação da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso em Goiás**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, 2008.

PRESCOTT-ALLEN, R. **The well-being of nations: A country-by-Country Index of Quality of Life and the Environment**. Island Press, Washington, DC. 342 p. 2001.

RIBEIRO, A. R. B.; SILVA, F. F.; MEIRELES, Y. S.; MELO, F. L.; RODRIGUES, R. P. Gestão da sustentabilidade no cultivo da cana-de-açúcar: um estudo de caso no Nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n.3, p. 843-861, 2018.

RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C. Avaliação da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no bioma cerrado por meio de modelagem dinâmica da paisagem. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 1, 2016.

RODRIGUES FILHO, S.; JULIANI, A. J. Sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 78, p. 195-212, 2013.

RODRIGUES, D. M.; NAJBERG, E. "Indicadores de sustentabilidade das políticas públicas decorrentes da expansão do setor sucroalcooleiro em Carmo do Rio Verde (GO)." **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 61-77, 2013.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra, 2006. 37p.

RODRIGUES, H. S. M. C.; CASTRO, S. S. A expansão da cana-de-açúcar e a aptidão agrícola das terras da microrregião do Vale do Rio dos Bois - GO. **Geografia**. vol. 43, n. 2, p. 237-253, mai./ago. 2018.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um pequeno planeta**. Editora Gustavo Gili, 1ª ed. 6ª impressão, 2013.

SAAD, L. P.; IWASAKI, M. T.; SILVA, N. S.; SOUZA-CAMPANA, D. R.; BUENO, O. C.; MORINI, M. S. C. Diversidade da fauna edáfica em cultivos de cana-de-açúcar. *In: Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. Bauru, SP: Canal 6, pg.125-147, 2017.

SAMBUICHI, R. H. R; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. A **sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafio**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA. 2012.

SEIDLER, E. P.; ANDREATTA, T.; CIECHOWICZ, I. F.S.; SPANEVELLO, R.M. A temática da sustentabilidade no meio rural a partir de uma abordagem científica. **Revista Verde** (Pombal - PB) v. 13, n.5, p.572-580, 2018.

SIFAEG - SINDICATO DA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE ETANOL DO ESTADO DE GOIÁS. Disponível em: [https:// https://sifaeg.com.br/](https://sifaeg.com.br/). Acesso em: 16 dez. 2022.

SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Transformações no uso da terra e na estrutura de solos no Cerrado em áreas de expansão da cana-de-açúcar: o caso da microrregião de Quirinópolis, Goiás. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 9, n. 2, p. 114–135, ago. 2015.

SILVA, A. A.; MIZIARA, F. Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.3, p.399-407, jul./set. 2011.

SILVA, D. G. L.; BATISTI, D. L. S.; FERREIRA, M. J. G.; MERLINI, F. B.; CAMARGO, R. B.; BARROS, B. C. B. Cana-de-açúcar: aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, pg.1-17, 2021.

SILVA, E.S. **A expansão do setor sucroenergético goiano no século XXI: Evolução e perspectivas futuras**. (Dissertação de Mestrado). Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

SILVA, G. M. C. D.; PÉRICO, A. E. Eficiência e sustentabilidade: uma análise econômica, social, ambiental e sustentável das usinas paulistas de cana-de-açúcar. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 3, p. 1-22, 2022.

SILVA, L. I. da; LEÃO, C.; PASQUALETTO, A. Área de ocupação da cana-de-açúcar no estado de Goiás e o efeito substituição em relação a outras culturas de abastecimento alimentar (2003-2012). **Baru**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 21-35, jul. /dez. 2015.

SOUZA-CAMPANA, D. R.; SAAD, L. P.; SILVA, O. G. M.; BUENO, O. C.; MORINI, M. S. C. Comunidades de formigas em cultivos de cana-de-açúcar. *In: Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. Bauru, SP: Canal 6, p.149-178, 2017.

SOUZA, R. B.; MOREIRA-DE-SOUSA, C.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; SOUZA, C. P.; FONTANETTI, C.S. Impacto de resíduos (vinhaça e biossólido) lançados no cultivo de cana-de-açúcar em representantes da fauna edáfica. *In: Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. Bauru, SP: Canal 6, p.197-214, 2017.

SPEELMANN, E. N.; LÓPEZ-RIDAURÍ, S.; COLOMER, N. A.; ASTIER, M.; MASERA, O. R. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v.14, n.4, p.345-361, 2007.

STONE, P. J.; SORENSEN, I. B.; JAMIESON, P. D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate. **Field Crops Research**, Aberdeenshire, v. 63, n. 2, p. 169-178, set. 1999.

STUPIELLO, J. P. A expansão canavieira no Brasil. *In: II Simpósio de tecnologia de produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba, SP, 2005.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA - UDOP. **A história da cana-de-açúcar - da antiguidade aos dias atuais**. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de-acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html>. Acesso em: 29 mar. 2021.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA, **Observatório da Cana. Histórico de produção e moagem**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em: 08 mar. 2021.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA, **Observatório da Cana. Histórico da área de cultivo de cana-de-açúcar, moagem e produção de açúcar e etanol**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em: 08 mar. 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE - USDA Brazil. Disponível em: https://usdabrazil.org.br/. Acesso em: 02 nov. 2022.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma análise comparativa**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

VERONA, L. A. F. A real sustentabilidade dos modelos de produção da agricultura: Indicadores de sustentabilidade na agricultura. **Horticultura brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD Rom), julho 2010.

The Agribusiness of Sugarcane and Its Expansion in the State of Goiás

Mateus R. Oliveira¹, Antônio Pasqualetto^{1,2}, Jeferson de C. Vieira¹ & Sergio D. de Castro¹

¹ School of Law, Business and Communication, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brazil

² Federal Institute of Goiás [IFG], Goiânia, Goiás, Brazil

Correspondence: Antônio Pasqualetto, School of Law, Business and Communication, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Av. Fued José Sebba, 1184. Jardim Goiás. C EP 74805-100, Brazil. Tel:55-62-3946-3086. E-mail: profpasqualetto@gmail.com

Received: August 30, 2022

Accepted: September 30, 2022

Online Published: October 9, 2022

doi:10.5430/ijba.v13n5p61

URL: <https://doi.org/10.5430/ijba.v13n5p61>

The research is financed by Research Support Foundation of the State of Goiás [FAPEG]

Abstract

Sugarcane is an important crop in Brazil. The objective of this work was to evaluate the expansion areas, especially in the state of Goiás, in order to contribute to the understanding of sugarcane agribusiness. In the methodology used, data were obtained from IBGE and from ÚNICA and other sources, from 1980 to 2020. The results showed that in the *Cerrado*, especially in the states of Goiás and Mato Grosso do Sul, there has been an expansion of sugarcane areas since the end of the last century, but that it was optimized in the mid-2000s. These are located predominantly in the southern region of Goiás, particularly in the southwest micro regions; Quirinópolis, Meia Ponte and Vale do Rio dos Bois. One fact to highlight is that the expansion occurs preferably in areas of grain cultivation and supplementary pasture, in fertile soils and with the use of technology.

Keywords: sugarcane sector, occupation, Midwest

1. Introduction

In Brazil, the production of sugarcane is mainly intended for its conversion to sugar and ethanol, but other products and by-products are also obtained (artisanal cachaça, sweets and fodder to feed animals), and are largely produced by small producers.

In terms of planted area, the state of Goiás is second in the ranking with 971,600 hectares of the largest sugarcane producers in the country, behind the state of São Paulo in first place, Minas Gerais in third and the state of Mato Grosso do Sul, fourth. Monocrop production in these four states totals more than 547.8 million tons, with the state of Goiás alone responsible for the production of 74.1 million tons (*Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]*, 2021).

The areas of expansion of sugarcane as the only crop in the *Cerrado* of Goiás encompasses a mobility

paradigm formed by the flows of goods, capital and workers.

The objective of this study was to analyze the expansion of sugarcane cultivation in Brazil, with special emphasis on the agroindustry of sugarcane production in the state of Goiás during the period between 1980 and 2020.

The methodology is based on data surveys and qualitative and quantitative information. For this reason, the advance of sugarcane cultivation areas was analyzed, as well as the installation of mills and sugarcane production.

The structure of this article is composed of an Introduction where the problem is addressed and the objectives are defined, a **Literature** review with the “**Contextualization of sugarcane expansion in Brazil**”, **Methodology** where the research procedures are defined. Finally, the chapter on **Results and Discussion** is divided into topics, the first addressing the “**Screening of scientific articles**” and the second “**Expansion of sugarcane in the state of Goiás**” while the third concerns “**Sugarcane and grain crops in Goiás**”. Finally, the **Conclusion and References** consulted for the development of this study are provided.

1.1 Literature Review

Contextualization of sugarcane expansion in Brazil

Much of Brazil's history intersects with the history of sugarcane (*Saccharum spp*) in the country, marked by relevant facts about the expansion of the sugar-energy sector (Matos & Marafon, 2020). The emergence of the crop begins practically with the colonial history of the country. It was disseminated from the year 1532 in the captaincies of São Vicente (today São Paulo), Pernambuco, Paraíba do Sul (today northern Fluminense) and then to the other states. By the sixteenth and seventeenth centuries, it was considered the main wealth of the country (Cardoso, 2006).

The combination of climate, soil for sugarcane cultivation determines crop productivity. In Brazil, sugarcane is produced in almost the entire country, with quantities reaching thousands of reais, mainly in the southeast region. In addition to resistance to herbivores and diseases, productivity is directly related to the selection of suitable varieties, precipitation, temperature and physical, chemical and biological soil properties; but agricultural planning is ultimately fundamental for high crop productivity (Nocelli, Zambon, Silva & Morini, 2017).

To achieve maximum productivity, it is necessary to adapt crop management with the knowledge of the growth patterns of each variety and environmental characteristics so that the maximum development stage coincides with periods of greater water availability and solar radiation (Keating, Robertson, Michow & Huth, 1999; Stone, Sorensen & Jamieson, 1999).

Brazil has two different harvests, from April to November in the Central-South region and from September to March in the Northeast region, enabling the production of ethanol for most of the year (Nocelli et al., 2017).

In Brazil, sugarcane is mainly intended for the production of sugar and ethanol, but other products are also obtained, such as artisanal cachaça, sweets and fodder to feed animals, which are largely produced by small farmers (Pereira & Barreto, 2020).

The affirmation of the alcohol industry as of national interest occurred in 1942, being accompanied by demands for government incentives, which were attended to only in 1975, with the institution of the National Alcohol Program – *PROÁLCOOL*, as a response in 1975 by the Brazilian government to the 1973 oil and sugar crisis. This was a federal program to encourage the production of alcohol for use as automotive fuel, which generated the expansion of sugarcane cultivation in the form of monoculture (Bardalho, Silva & Castro, 2013).

While the expansion of the consequent agricultural frontier in the South-Southeast towards the center of the country, the Southeast region, in particular the state of São Paulo, transformed agricultural and livestock areas, already consolidated with the production of grains, cotton and livestock, to the monoculture of sugarcane. This conversion was only plausible because of the application of substantial incentives through the federal program called *Proálcool* (1975-1979) (Castro, Abdala, Silva & Bôrges, 2010).

Table 1 shows the data on sugarcane milling and sugar and alcohol production in the Central-South Region, North-Northeast Region and the sum showing the evolution between the 1980 and 2020 harvests in Brazil.

Table 1. Sugarcane milling and sugar and ethanol production in the main producing regions of Brazil.

Harvest		Sugarcane (thousand tons)	Sugar (thousand tons)	Ethanol (m ³)		Total
				Anhydrous	Hydrated	
1980/1981	Central-South Region	83,432	5,253	1,823	1,233	3,056
	North - Northeast Region	40,248	3,001	283	368	650
	Brazil	123,681	8,254	2,105	1,601	3,706
1985 / 1986	Central-South Region	163,37	4,834	2,813	6,986	9,799
	North - Northeast Region	59,804	3,199	383	1,647	2,030
	Brazil	223,178	8,033	3,196	8,633	11,829
1990-1991	Central-South Region	170,195	4,509	1,088	8,620	9,708
	North - Northeast Region	52,235	2,857	199	1,608	1,807
	Brazil	222,429	7,365	1,287	10,229	11,515
1995/1996	Central-South Region	204,383	10,185	2,588	8,256	10,844
	North - Northeast Region	44,547	3,328	421	1,346	1,767
	Brazil	248,930	13,513	3,009	9,602	12,611
2000/2001	Central-South Region	207,099	12,643	4,802	4,262	9,064
	North - Northeast Region	49,718	3,554	818	709	1,527
	Brazil	256,818	16,198	5,621	4,971	10,592
2005/2006	Central-South Region	336,783	22,015	7,275	7,036	14,311
	North - Northeast Region	48,345	3,808	791	718	1,509
	Brazil	385,129	25,823	8,067	7,754	15,821
2010 / 2011	Central-South Region	556,945	33,501	7,413	17,971	25,385
	North - Northeast Region	63,464	4,505	910	1,082	1,992
	Brazil	620,409	38,006	8,323	19,053	27,370
2015/2016	Central-South Region	617,709	31,221.	10,643	17,581	28,225
	North - Northeast Region	49,115	2,616	1,017	991	2,008
	Brazil	666,824	33,837	11,661	18,572	30,232
2020/2021	Central-South Region	605,462	38,465	9,688	20,675	30,363
	North - Northeast Region	51,970	3,038	959	1,181	2,140
	Brazil	657,433	41,503	10,647	21,856	32,503

Description: Data obtained by ÚNICA related to sugarcane milling and sugar and ethanol production in the main producing regions of Brazil (Central-South Region and North-Northeast Region) in the periods 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020.

Table 2 shows the data for planted areas and harvested areas of sugarcane in the Central-South Region, North-Northeast Region and the total for the country, showing the evolution between the 1980 harvests when expansion began, until the year 2018. Unlike Table 1, it was not possible to obtain the date for the 2020 harvest. However, the increase is evident in the areas of cane culture over the decades, where remarkable progress has occurred since the turn of the century.

Table 2. Planted area X Sugarcane harvested area in the main producing regions of Brazil.

Harvest		Cultivated Area	Harvested area.
		(hectare)	(hectare)
1980	Central-South Region	1,725,728	1,725,728
	North - Northeast Region	1,042,786	1,042,786
	Brazil	2,768,514	2,768,514
1985	Central-South Region	2,735,042	2,735,042
	North - Northeast Region	1,349,816	1,349,816
	Brazil	4,084,858	4,084,858
1990	Central-South Region	2,810,895	2,780,054
	North - Northeast Region	1,511,404	1,492,548
	Brazil	4,322,299	4,272,602
1995	Central-South Region	3,309,951	3,298,415
	North - Northeast Region	1,328,330	1,260,647
	Brazil	4,638,281	4,559,062
2000	Central-South Region	3,729,995	3,727,228
	North - Northeast Region	1,149,846	1,077,283
	Brazil	4,879,841	4,804,511
2005	Central-South Region	4,663,630	4,660,039
	North - Northeast Region	1,151,521	1,145,479
	Brazil	5,815,151	5,805,518
2010	Central-South Region	7,895,289	7,810,665
	North - Northeast Region	1,269,467	1,266,041
	Brazil	9,164,756	9,076,706
2015	Central-South Region	9,072,407	9,013,536
	North - Northeast Region	1,107,420	1,097,840
	Brazil	10,179,827	10,111,376
2018	Central-South Region	9,131,832	9,116,563
	North - Northeast Region	931.907	925.636
	Brazil	10,063,739	10,042,199

Description: Data obtained by UNICA related to the harvested areas and planted areas (hectares) of sugarcane in the main producing regions of Brazil (Central-South Region and North-Northeast Region) in the periods of 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2018.

In the Central-South region, production expansion occurs mainly through the increase in cultivated area (area factor), "*since in this region there is a large area of degraded pasture that can be converted for use in sugarcane cultivation*" (Bittencourt & Gomes, 2014).

Noting that for the Central-South region there was a greater expansion both in planted area and in sugarcane production, the factors related to favoring the relief for mechanization, availability of land, credits for the implementation of plants/distilleries mainly in the state of Goiás, may be related to this growth. Thus, the production of sugarcane in the country, stimulated mainly by the four states with the highest productivity presents an evolution anchored mainly by "*public policies of incentives for investments, technological development, contribution to production and export that ensure an important role in the development of a national agribusiness*" (Alves, Franco, Zanetti & Góes, 2021).

Traditionally the industry was centralized in the Northeast of Brazil, which has supported the tradition of large sugar mills since the colonial period, but now the sugarcane culture has expanded to the Center-South of the country. With the obtaining of State subsidies, and the support of institutions such as the

Institute of Sugar and Alcohol (IAA), and with a political base together with the federal government, the sugarcane agribusiness has developed substantially since the mid-1980s (Castro et al., 2010).

At the end of the 1980s, the *Proálcool* Program began to lose its effectiveness and consequently the programs of incentives and tax benefits for producers no longer had the importance or the relevance they had when they were first created (Silva, Leão & Pasqualetto, 2015).

The expansion is primarily based on the model of incorporation of areas by leasing and acquiring land by the mills, the use of intermediaries that induced the expansion, and by suppliers, inserted in a radius of action that highlights the cost-benefit ratio of the transportation of the harvested sugarcane to the mills. This relationship differs from one state to another, depending on the logistics. This model, initially a vertical integration model, gradually became horizontal during the two subsequent decades, with the development of industrial complexes (Castro et al., 2010).

Thus, it was, until the advent of a new crisis in the late 1980s, called neoliberalism. This new world order progressed throughout the 1990s, demanding a global macroeconomic adjustment, leading to the deregulation of the

sugar-energy sector (Bray, Ferreira & Ruas, 2000).

This period was responsible for the extinction of public regulatory institutions, such as the Sugar and Alcohol Institute (IAA) in March 1990, determining the end of tax and credit subsidies, dismantling the public policies designated for the sector. *Proálcool* was finally extinguished in 1991, but other policies remained, disjointed and conflicting with each other, becoming the source of conflicts between the production centers, while the search for solutions to recover economic stability continued. These issues characterized this period (Castro et al., 2010).

This program had been created to reduce dependence on oil imports (Kohlhepp, 2010) and brought important innovations to the country's bioethanol production, the production of plant genetics and adapted seeds, technologies used by plants and wineries and the development of the automotive industry (Rodrigues & Ortiz, 2006).

In addition, the confrontation became evident, either between the producers within the same geographical block or between the two blocks that became consolidated in the process: the Northeast and the Center-South. The state of Goiás did not demonstrate visible development in the sector during this phase of expansion of *Proálcool* and even later, to the detriment of certain factors, it became the target of agricultural frontier extensions, especially in grains, cotton, rice and cattle (Castro et al., 2010).

However, from the 1980s on, sugarcane production began to expand in the state, but it was only after the end of the 1990s that the expansion became evident. It intensified at the beginning of the present century, due to the need for diversification in the energy matrix. This was caused by environmental impacts resulting from the model previously adopted, based on fossil fuels (Castro et al., 2010).

Since the 1980s, most scientists around the world have issued a new warning: global warming is closely related to issues such as the burning of fossil fuels. At the same time, oil prices have risen sharply, contributing to the introduction of biofuels worldwide - bioethanol among them, which has had at least two main consequences: helping to reduce greenhouse gas emissions and partially replacing oil (Leite & Leal, 2007).

2. Method

The State of Goiás occupies an area of 340,106 km² and is located in the Midwest region of the country. The state has a privileged geographical position, bordered to the north with the state of Tocantins, to the south with Minas Gerais and Mato Grosso do Sul, to the east with Bahia and Minas Gerais and to the west with Mato Grosso (Figure 1). The state has 246 municipalities and a population of 6.921 million inhabitants (Instituto Mauro Borges [IMB], 2022). 2022).

Figure 1. Location of the State of Goiás on the map of Brazil



Description: Map of Brazil highlighting the State of Goiás and next to it, the map of the State.

The methodology for this study comprised qualitative and quantitative research of an exploratory nature. Initially, the method used was a literature review. Therefore, questions of interest, databases to be analyzed, combinations of keywords, and inclusion and exclusion criteria of articles were previously determined for further evaluation, synthesis and interpretation of the data. Thus, quality research was sought, or in other words, knowledge was sought on a given subject but which is only possible when studies that are relevant and available (Galvão & Pereira, 2014), support it.

The question of interest was - How to understand the transformations resulting from the expansion of sugarcane agribusiness over the years in Brazil and Goiás. To answer this question, a search was carried out in January 2022 and the data was updated in July 2022, in order to contemplate all articles published so far, on two scientific research platforms: SciELO and in the journals of *Capes* (The Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education).

The review was directed to research in Brazil; therefore, the platforms used aimed to ensure that studies published in regional journals were included in the analysis. In addition, in order to obtain a significant number of articles and thus provide a better diagnosis, a specific period was delimited for the search, to between the years 2000 and 2020 and in the updating of the data a new period was delimited between 2010 and 2021.

For the localization of articles, the following combination of keywords linked by Boolean operators “AND” and “OR” was used: (“sugarcane” OR “expansion” OR “sugarcane occupation” OR agriculture) AND (“sugarcane expansion” OR “Goiás”) AND (Brazil). The combination of keywords, Boolean operators, quotation marks and parentheses were used as a search process in order to limit information and ensure greater search accuracy.

Subsequently, the articles were sorted and registered in a spreadsheet for analysis. The aspects observed in this section were: year of publication, author, journal, field of research and reasons for inclusion or exclusion of the article. The titles, abstracts and keywords were read and analyzed from the record of the most general information in the articles. This first step aimed to ensure that the articles met the inclusion criteria. These criteria were defined to refine the search for articles dedicated to clearly discussing the relationship between the expansion of sugarcane agribusiness and territorial occupation. As for the exclusion criteria, studies conducted outside Brazil, review articles and articles that were not available in full text in PDF format were not evaluated. After the first screening, the articles were read in full, which meant that certain studies could not be included because they did not meet the inclusion criteria. Thus, the list of checks was based on the following points: (i) the expansion of sugarcane in Brazil and; (ii) the expansion of sugarcane in Goiás.

At the same time, quantitative research was carried out, with data collection in agencies such as IBGE, IMB and UNICA for the following variables: production (tons) and productivity (tons/ha), planted areas (ha), thus analyzing the expansion of sugarcane in the state of Goiás and in Brazil, through a survey of the main agroindustries in the state of Goiás.

1. IBGE – The Brazilian Institute for Geography and Statistics – Available at <https://ibge.gov.br/>

2. IMB – The Mauro Borges Institute for Statistics and Socio-economic Studies. Available at <https://www.imb.go.gov.br/>

3. UNICA - Union of the Sugarcane Industry, cane observatory. Available at: <https://observatoriocana.com.br/>.

The research was carried out in 2022, but the data for the period from 1980 to 2020 (total period) were analyzed every five years: 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020. This analysis was completed from the 1980s when the explosion of coproduction occurred in the country. It is worth highlighting, as it was done during the research, that the 1990s was the period that witnessed the opening of Brazilian commerce and a period where the availability of rural credit was low. The middle of that decade saw the process of dismantling of the interventionist government institutions and instruments that had guided Brazilian agricultural policy. It was also the time of the implementation of the Real Plan. The first decade of the new millennium was marked by the arrival of large projects in the sugar-energy sector and the arrival of flex-fuel cars in the national market. This has boosted production in the sector, and by the abundance of cheap capital and new entrants in the sector, who have managed to invest driven by the prospect of good profit margins for ethanol within the country and abroad (Bittencourt & Gomes, 2014).

3. Results and Discussion

3.1 Screening of Scientific Articles

Of the total articles that made up the final database (Figure 2), 16 articles were included in the SciELO database and 28 articles from the Capes journals database, making a total of 44 scientific articles taken from different journals.

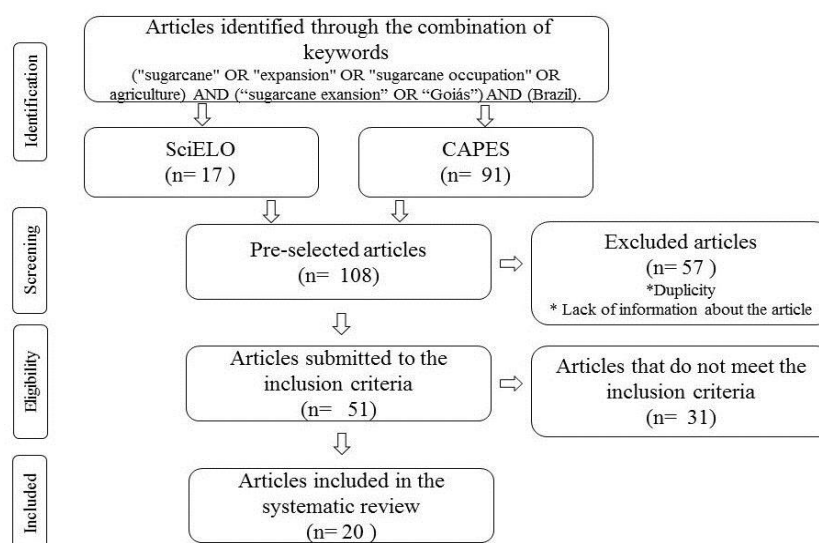


Figure 2. Flowchart with the research methodology used

Description: Flowchart of research and screening of articles obtained in SciELO research platforms and Capes journals until 2022.

The periodical *Campo-Território* presented the largest number of publications (13%) followed by *Boletim Goiano de Geografia* (9%), Field Crops Research (9%) and others with (4%) only one publication (Figure 3).

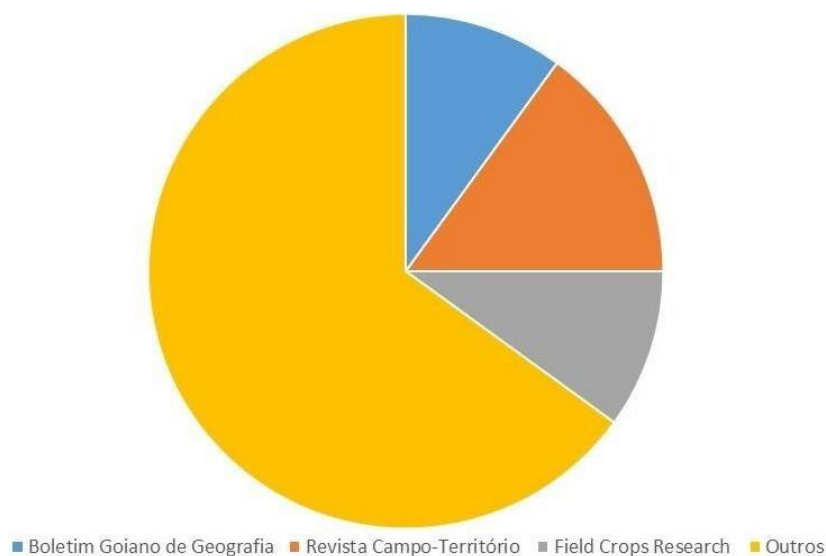


Figure 3. Periodicals of publications of selected articles – Database

Description: Among the journals selected from the SciELO research platforms and *Capes* journals, we noticed a division among the scientific journals that most appear in the database.

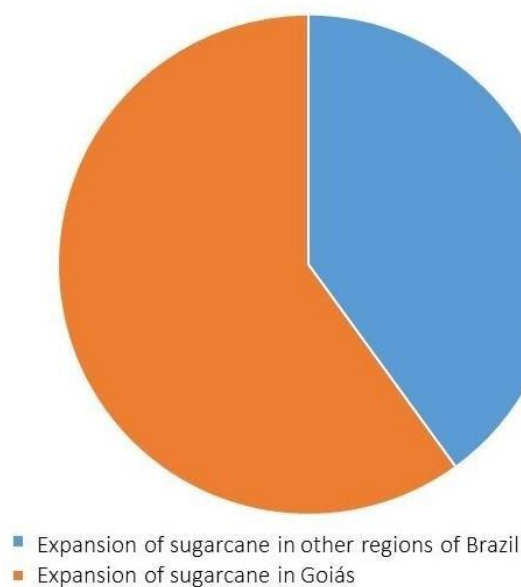


Figure 4. Periodicals of selected articles published – division of themes.

Description: Among the journals selected from the SciELO research platforms and *Capes* journals, there is a division between articles that address the themes of sugarcane expansion in Brazil and Goiás according to searches in the databases.

Among the articles that are part of the database, only 20 are part of the discussion found in this research (Table 3), considering 77% address the expansion of sugarcane in the state of Goiás and 23% address the expansion of sugarcane in other Brazilian regions (Figure 4).

Table 3. Database used for the formulation of the discussion.

Year	Author	Periodical
------	--------	------------

2021	ALVES, L. Q.; FRANCO, P. N.; ZANETTI, W. A. L.; GÓES, B. C.	<i>Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas</i>
2020	LUCENA, R. A. F.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; PRESTON, W.; FEITOSA, S. dos. S. F.; FERREIRA, A. dos. S.; SILVA, H. F. da; SANTOS, J. J. M. dos.	Brazilian Journal of Development
2020	MATOS, P.F. de; MARAFON, G. J.	<i>Revista Campo-Território</i>
2020	NEVES, P. D. M.; MENDONÇA, M. R.	<i>Revue Franco-brésilienne De Géographie</i>
2020	PEREIRA, L.A.G.; BARRETO, J.B.	<i>Revista Campo-Territorial</i>
2018	MESQUITA, F. C.; FURTADO, A. T.	<i>GEOgraphia</i>
2018	RODRIGUES, H. S. M. C; CASTRO. S.S.	<i>Geografia</i>
2016	MESQUITA, F. C.	<i>Revista Campo-Território</i>
2016	RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.	<i>Revista Brasileira de Cartografia</i>
2015	SILVA, A. A.; CASTRO, S. S.	<i>Ateliê Geográfico</i>
2015	SILVA, L. I. da; LEÃO, C.; PASQUALETTO, A.	<i>Baru</i>
2014	BITTENCOURT, G. M.; GOMES, M. F. M.	<i>Redes</i>
2014	FRANCO, I. O.	<i>Boletim Goiano de Geografia,</i>
2013	BARDALHO, M. G da Silva; SILVA, A.A; CASTRO, S. S.	<i>Revista Brasileira de Ciências Ambientais</i>
2011	SILVA, A. A.; MIZIARA, F.	<i>Pesquisa Agropecuária Tropical</i>
2010	CASTRO, S. S. de; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BÓRGES, S. V. M.	<i>Boletim Goiano de Geografia</i>
2010	KOHLHEPP, G.	<i>Estudos Avançados</i>
2007	LEITE, R.C.C.; LEAL, M.R.L.V.	<i>Novos Estudos – CEBRAP</i>
1999	KEATING, B.A.; ROBERTSON, M.J.; MUCHOW, R.C.; HUTH, N.I.	Field Crops Research
1999	STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D.	Field Crops Research

Description: Data bank created for research methodology with the periodicals used in producing this article, divided by year, authors and scientific periodical

3.2 Sugar Cane Expansion in State of Goiás

In the *Cerrado* of Goiás, the lands became the target of expansion of the agricultural frontier in the 1970s, based on the change in the technical basis of agriculture, commonly known as the modernization of agriculture, inspired by the Green Revolution, which was based on the intensive use of agricultural inputs and machinery. This transformation favored the change in the paradigm of the potential use of *Cerrado* soils, hitherto considered poor and unsuitable for cultivation (Rodrigues & Castro, 2018).

The expansion in the state of Goiás, according to Silva & Miziara (2011) would have occurred at two different times. At first, on a smaller scale, it started in the areas historically occupied by grain crops, located on the south-north axis, and still very much associated with *Proálcool*, which covered the central mesoregions and part of the south of the state. In a second moment, more recently and intensely, it occurred specifically in the southern region of the state, which reproduced the Agricultural Border Expansion itinerary of the 1980s, when the soybean commodity was introduced.

Table 4 lists the agro-industries registered with the Syndicate for the Ethanol Manufacturing Industry of the State of Goiás – SIFAEG.

Table 4. Agroindustry's registered with the Syndicate for the Fabrication of Ethanol in the state of Goiás in 2020

Power Plant	Address	Municipality
-------------	---------	--------------

1	Aguapeí Agroenergia S.A	Rod. GO 164, Km 02, Gleba B da Faz. Pateiros - Zona Rural	São Simão
2	BOM Sucesso Agroindústrias S.A	Rodovia GO 210, Km 335.1 - Zona Rural	Goiatuba
3	BP Bioenergia Tropical S.A	Takayuki Maeda Highway (GO 410) – Km 51 – Zona Rural	Edéia
4	BP Bioenergia Itumbiara S.A	Rodovia Municipal Itumbiara/Cachoeira Dourada, Km 18, Fazenda Jandaia (Gleba B) - Zona Rural	Itumbiara
5	BRENCO - Usina Morro Vermelho	Rod. GO 341 – Km 67, right 13 Km - Zona Rural	Mineiros
6	BRENCO - Usina Pearolândia	Rodovia BR 364, Km 256 - Zona Rural	Perolândia
7	Caçu Comércio E Ind. De Açúcar E Alcool Ltda	Rod. Municipality Vicentinópolis/Porteirão, Km 10 - Zona Rural	Vicentinópolis
8	CBB - Companhia Bioenergética Brasileira Ltda	Rodovia BR 020, Km 160, Fazenda preludo - Zona Rural	Vila Boa
9	CEM - Central Energética Morrinhos S.A	Rod. BR 153 – Km 646 – Faz. Samambaia - Zona Rural	Morrinhos
10	Centroálcool S.A	Rodovia GO 222, Km 3 - Zona Rural	INHUMAS
11	Cerradinho Bioenergia S.A	Rod. GO 050 – Km 11 + 950 mts – Faz. Âncora - Zona Rural	Chapadão do Céu
12	Cooperativa Agroindustrial De Rubiataba Ltda	Rodovia GO 434 – Km 24 - Zona Rural	Rubiataba
13	Crv Industrial Ltda	Rodovia Carmo do Rio Verde/Rubiataba – Km 2,5 - Zona Rural	Carmo do rio verde
14	Denusa Destilaria Nova União S.A	Rodovia BR 060 – Km 274 - Zona Rural	Jandaia
15	Eber Bio-Energia E Agricultura Ltda	Rod. GO 070, Km 030, 3 Km à esquerda - Zona Rural	MONTES CLAROS, GOIÁS - GO
16	Energética Serranópolis Ltda	Rodovia GO 184 – Km 65 – Fazenda Bonito - Zona Rural	Serranópolis
17	Goiás Bioenergia S.A	Rodovia GO 210 – Km 99 – Acesso à esquerda – Fazenda Ouro Fino - Zona Rural	Porteirão
18	Goiasa Goiatuba Alcool Ltda	Rodovia GO 040 – Km 194 – Acesso 7 km à direita - Zona Rural	Goiatuba
19	JALLES MACHADO S/A	Rodovia GO 080 – km 185 – Faz. São Pedro - Rural Area	GOIANÉSIA
20	Jalles Machado S.A - Otávio Lage Unit	: Rodovia GO 338 – Km 33 à esquerda 3 Km - Zona Rural	GOIANÉSIA
21	Lasa Lago Azul S.A	BR 050 – Km 148- Fazenda Lago Azul - Zona Rural	Ipameri
22	Nardini Agroindustrial Ltda	Rodovia GO 184 – Km 133 – Fazenda S. Francisco - Zona Rural	Aporé
23	Raizen Centroeste Açúcar E Alcool Ltda	Rodovia GO 050, Km 328.5 - Zona Rural	Jataí
24	RIO CLARO AGROINDUSTRIAL S/A	Rod. BR 364 – Km 61, Fazenda Santo Antônio - Zona Rural	Caçú
25	São Martinho S.A	Rod. GO 164, Km 131.5, Faz. Boa Vista - Rural Area	Quirinópolis
26	SJC Bioenergia S.A – Rio Dourado Unit	Rod. GO 206, Km 25, Faz. Boa Vista - Rural Area	EGP Cachoeira Dourada

27	SJC Bioenergia S.A – Unidade São Francisco	GO 206, Km 18, Faz. São Francisco - Zona Rural	Quirinópolis
28.	Uruaçu Açúcar E Álcool Ltda	Estrada UR-4, s/n – Km 13 – Distrito de Água Branca - Zona Rural	Uruaçu
29	Usina Goianésia S.A	Rod. GO 428 – Km 12 – Faz. São Carlos - Zona Rural	GOIANÉSIA
30	Usina Nova Gália Ltda	Rod. GO 333 – Km 79, Sentido Rio Verde - Jandaia – Zona Rural	Paraúna
31	Usina Rio Verde Ltda - Decal	Rodovia GO 174, Km 32 – Faz. Alvorada - Zona Rural	Rio Verde
32	Usina Santa Helena De Açúcar E Álcool S.A	Rod. Municipality Turvelândia, GO 210, Km 06 - Zona Rural	Santa Helena de Goiás

Description: Data obtained by the Syndicate for the Ethanol Manufacturing Industry of the State of Goiás – SIFAEG with the list of registered agroindustries. Table divided with the name of the plant and location (address and city).

Figure 5 shows the micro regions of the State of Goiás, according to the classification of the Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE. The micro regions are formed by a group of municipalities that corresponds to the lowest administrative level in Brazil. The location of each agribusiness listed above and belonging to SIFAEG were inserted in them.

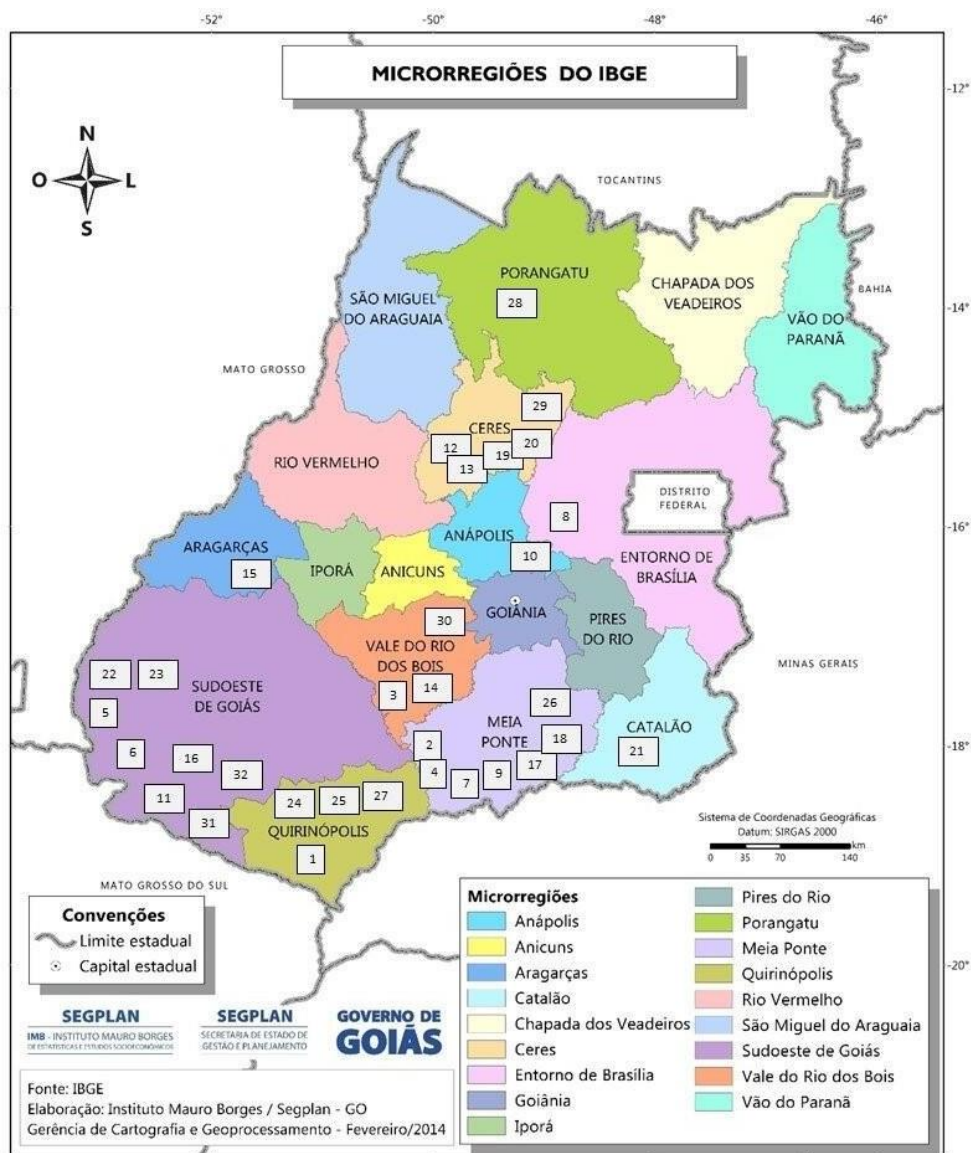


Figure 5. Map of the State of Goiás with the subdivisions of the micro regions

Description: Obtained by IBGE and prepared by the IMB. The map of the State of Goiás and its micro -regions, locating the agro-industries registered in the Syndicate for the Ethanol Manufacturing Industry of the State of Goiás – SIFAEG.

In the state of Goiás, sugarcane cultivation areas are widespread in 112 municipalities, which are comprised of the Geographical micro regions defined by IBGE, according to the last census (IBGE, 2020).

In Goiás, the need for investment in this area is high, as many factories were installed in areas of the interior of the state with little traffic and, in some cases, with unpaved roads. In this case, the role of the state government, through the Highway program, created in 2011, for the improvement of road sections in municipalities with mills and

sugarcane production is notorious. This relationship is seen, for example, in the reconstruction of 65 km of the GO-164 section connecting Quirinópolis and Paranaiguara and 68.2 km of the GO -206 section between Quirinópolis and Caçu, and finally the paving of the GO -206 highway, 60 km long, which connects Chapadão do Céu to the GO-184 highway (Mesquita & Furtado, 2018).

Thus, with these high investments in technology and infrastructure, the harvesting of sugarcane is carried out mechanically. Thus, sugarcane has become one of the main segments within the state's economy, and

its culture has contributed to the entry of several processing industries, which has generated new jobs and adds value to primary production (Silva et al., 2015).

Table 5 shows the area cultivated with sugarcane by micro region in Goiás, 2014/2015 and 2019/2020 harvests, exemplifying the areas available for harvest, divided into sugar cane stalks, renovation, expansion and areas under renovation, totalling the cultivated area. Unfortunately, it was not possible to obtain segmented data every five years from 1980 to 2020.

Table 5. Area cultivated with sugarcane by micro region of the State of Goiás – 2014/2015 and 2019/2020 harvests

Micro region	Available for harvest										Total Cultivated (hectares)	
	Stalks (hectare)		Renovation (hectares)		Expansion (hectares)		Total Hectares		Renovation (hectares)			
	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020
Anápolis	11,912	8,542	2,243	731	1,044	206	15,199	9,479	1,304	2,823	16,503	12,301
Anicuns	15,623	11,183	2,525	520	272	332	18,420	12,036	1,919	2,482	20,338	14,517
Aragarças	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Catalão	5,120	7,905	722	467	460	29	6,302	8,400	368	600	6,670	9,001
Ceres.	103,253	96,720	13,660	12,987	6,056	3,738	122,968	113,446	5,837	15,971	128,805	129,419
Chapada Dos Veaderos	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Entorno DeBrasília	22,715	25,968	3,651	2,455	2,250	615	28,616	29,037	4,935	3,970	33,550	33,007
Goiânia	669	553	239	38	203	0	1,111	591	0	748	1,111	1,339
Iporá	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Ituiutaba	9,817	0	187	0	3,221	0	13,225	360	488	0	13,713	0
Meia Ponte	146,979	192,915	17,033	19,921	24,349	13,173	188,1	226,008	25,174	47,232	213,535	273,238
Pires Do Rio	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Porangatu	5,028	0	36	0	1,575	0	6,639	0	151	0	6,789	0
Quirinópolis	145,061	179,528	13,750	15,870	31,656	6,692	190,466	202,089	16,738	34,457	207,204	236,546
Ribeirão Preto	5,578	0	562	0	1,121	0	7,262	0	896	0	8,158	0
Rio Vermelho	694	306	0	4	0	0	694	310	0	417	694	726
São MiguelDo Araguaia	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Serra Do Pereiro	0	0	0	0	604	0	604	0	0	0	604	0
Southwestof Goiás	213,235	239,881	14,978	18,930	28,167	23,003	256,380	281,813	17,278	40,978	273,659	322,792
Vale Do Rio Dos Bois	77,813	\$94,608	9,125	11,826	10,501	10,674	97,439	117,111	9,305	19,338	106,744	136,448
Vao Do Paraná	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
Total	660,262	858,109	78,711	81,294	111,479	58,462	953,686	1,000,320	84,393	169,016	1,038,095	1,169,334

Description: Data obtained by ÚNICA relative to the area cultivated (hectares) with sugarcane by micro

region in Goiás, in the 2014/2015 and 2019/2020 harvests, in the areas available for harvest, divided into: Stalks, renovation, expansion and areas under renovation.

The expansion of the sugarcane planting area is due to the increase in the capacity of the production units and the installation of new units. As such, there is a strong tendency to value land prices in regions close to the mills and, consequently, in addition to the expansion trend in sugarcane production into traditional pasture areas, it means that the displacement of grain production, such as soybeans and corn and permanent crops may be affected (Stupiello, 2005).

Table 6 shows data on sugarcane milling and sugar and ethanol production in the State of Goiás, thus demonstrating the increase in crop production between the 1980 and 2020 harvests.

Table 6. Milling of sugarcane and production of sugar and ethanol in the State of Goiás

Ethanol (m ³)					
Harvest	Sugarcane (thousand tons)	Sugar (thousand tons)	Anhydrous	Hydrated	Total
1980/1981	311	21	4	6	9
1985 / 1986	4,188	12	50.	256	307
1990-1991	4,258	42.	17	274	291
1995/1996	6,330	226	38	328	366
2000/2001	7.208	397	143	176	318
2005/2006	14,560	750	375	354	729
2010 / 2011	46,613	1,805	662	2,233	2,895
2015/2016	73,522	1,892	1,314	3,375	4,689
2020/2021	74,011	2,319	1,186	4,055	5,241

Description: Data obtained by ÚNICA related to sugarcane milling and sugar production (tons) and ethanol (cubic meters) in the State of Goiás during the 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020 harvests.

In the state of Goiás, as the crops are newer than those of the state of São Paulo, the mills are supplied especially with these for the production of ethanol and cogeneration of electricity. This explains the large ethanol production between the 1995/1996 and 2014/2015 harvests (Neves & Mendonça, 2020).

The *Cerrado* biome contains extensive areas under geo-environmental conditions suitable for intensive agriculture and livestock, which is historically extensive and dominant in spatial form. During the 1960s and 1970s, for this and other geopolitical reasons, the *Cerrado* was the target of expansion of the new agricultural frontier (Castro et al., 2010).

Thus, in Goiás, as well as expansion areas in the regions of the Triângulo Mineiro, Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, advantages for new plants arose, such as: the possibility of occupying larger extensions of land with lower costs compared to the state of São Paulo. These advantages also included greater viability in building mills with a larger capacity for production; the opportunity to start operations with harvesting and planting in a mechanized manner;

and being able to enjoy tax incentives offered by the State Government. Thus, in parallel, the areas of expansion of the sugarcane agribusiness were privileged with investments from the National Bank for Economic and Social Development (BNDES) (Mesquita, 2016).

In Goiás, the sugarcane agribusiness found an enormous ease in its territorialization through studies with the help of the State with programs and policies, as well as with flexibility for its structuring, production and marketing (Neves & Mendonça, 2020).

Unlike other crops - for example, soybeans, whose grain can be stored for a long time (under certain technical conditions) or transported over long distances for industrial processing without significant loss of properties - the proximity of the production mill is of fundamental importance for sugarcane. This leads

to the creation of a framework for aggressive occupation, which invariably results in the emergence of large areas under the monoculture regime and the prevailing locational rigidity of the land structure of the regions (Franco, 2014).

3.3 Sugarcane and Grain Crops in Goiás

Changes in the form of agricultural use and occupation of land need to be considered from different perspectives, even on a scale, because the insertion of some elements can change the entire agro system. Thus, the changes caused by the replacement of cultures, considered as modifying agents of the landscape and the different elements that compose it, tend to affect it (Silva & Castro, 2015).

Agriculture is considered the sum of temporary and permanent crops. Table 7 shows production data for the main grain and sugarcane crops in the State of Goiás (Silva et al., 2015).

Table 7. Agricultural production (tons) in the State of Goiás in the period from 1980 to 2020

Product	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Soy	455,794	1,356,240	1,258,440	2,146,926	4,092,934	6,983,860	7,252,926	8,606,210	12,837,120
Corn	1,751,507	1,690,770	1,848,350	3,449,308	3,659,475	2,855,538	4,689,453	9,512,503	11,838,775
Rice	1,455,400	1,116,312	307,770	419,871	294,629	374,627	221,419	108,938	144,419
Beans	36,622	75,256	118,960	132,350	200,415	280,461	288,816	289,463	351,454
Sorghum	803	8,730	8,740	58,106	287,502	510,869	611,665	898,123	1,173,014
<i>Sugarcane</i>	<i>1,218,325</i>	<i>6,025,090</i>	<i>6,896,320</i>	<i>7,690,407</i>	<i>10,162,959</i>	<i>15,642,125</i>	<i>48,000,163</i>	<i>72,066,835</i>	<i>76,480,368</i>

Description: Data obtained by IBGE and IMB regarding agricultural production (tons) in the State of Goiás in the period 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020 with the main crops of grains (soybeans, corn, rice, beans, sorghum) in comparison with sugarcane.

Table 8 shows the area harvested from these same agricultural products, with emphasis on the reduction of the areas planted with rice and beans and the expansion of the others, especially soybeans and sugarcane.

Table 8. Harvested area (hectares) of agricultural products in the State of Goiás

Product	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Soy	246,066	734,210	972,430	1,121,511	1,491,066	2,663,380	2,445,600	3,260,025	3,574,230
Corn	803,268	734,120	873,650	881,954	839,844	614,709	860,041	1,401,843	1,731,660
Rice	1,186,728	860,774	296,070	263,068	150,334	184,950	90,382	25,258	28,461
Beans	160,547	198,239	180,770	133,915	112,179	118,242	118,948	122,797	133,779
Sorghum	460	6,400	5,410	32,479	175,850	276,065	245,308	243,974	360,543
<i>Sugarcane</i>	<i>20,664</i>	<i>90,010</i>	<i>97,950</i>	<i>104,498</i>	<i>139,186</i>	<i>196,596</i>	<i>578,666</i>	<i>930,052</i>	<i>937,619</i>

Description: Data obtained by IBGE and IMB regarding agricultural production (tons) in the State of Goiás in the period 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020 for the main crops of grains (soybeans, corn, rice, beans, sorghum) in comparison with sugarcane.

The expansion of crops such as soybeans is intrinsically related to the international consumer market and competitive advantages, especially linked to the favorable value of the US dollar for exportation. As for sugarcane, the demand for alternative fuels, demand for new areas in addition to São Paulo and climates more favorable for soils, combined with government strategies and good productivity has enabled a greater presence of sugarcane in the territories of Goiás state.

According to what has been presented, it is clear that the State of Goiás has become part of a national context with an agricultural standard that encourages the consolidation of a modern and entrepreneurial agriculture, with close links to the national and international markets. These facts reinforce the importance of Goiás as a strong region in attracting regional, national and international agro-industrial capital (Silva et al., 2015).

In short, micro regional studies better clarify what statistics have already allowed us to assume for the South Region of Goiás - the replacement of agricultural land by sugarcane fields and land for pasture since 2000 -, but also clarified the key to the indications that the reduction of pastures does not always mean transforming it into sugarcane (Castro et al., 2010).

The *Cerrado* region of Goiás, characterized as the new sugarcane frontier, has undergone a phase of adaptation to the culture because of the new climatic and productive conditions of the region. Investments in increasing average productivity should continue, so that the pattern of increase in sugarcane production will result, from technological growth (productivity factor) and not from extensive land use (Bittencourt & Gomes, 2014).

3.4 Conclusion

The sugarcane crop in Brazil focused on ethanol production shows a recent expansion towards the north of the *Cerrado*, especially in the states of Goiás and Mato Grosso do Sul. As a result, the expansion of the Central-South block has been consolidated and configured, stemming from the implementation phase of *Proálcool*, in the 1970s, when these states, together with the state of Mato Grosso, were bordering the process. The new expansion has privileged lands with different characteristics, thus tripling the areas of cultivation. The mills and industrial complexes have begun to organize themselves by validating the *Cerrado* as a center for the generation of commodities for export. Thus, it managed to aggregate a greater value for its products that, supported by the domestic market, has consolidated and grown continuously.

In the mid-2000s, there was a consistent substitution of annual crop areas, thus revealing intensive competition for land. This is in spite of the dominant political discourses which had indicated degraded pastures as a priority for the expansion of sugarcane.

During this time, the expansion of sugarcane cultivation areas has revealed an almost simultaneous process of agro industrial installation from the first plantations, which is manifested in strategic planning for this industry.

With this expansion of the sugar-energy sector, there has been a reorganization of land use in the south-central region of the *Cerrado*, particularly in the south of the state, although sugarcane has no significant participation in the cultivation area in the country, in the south-central region or even in Goiás. Thus, it is important to note that the territorialization of the sugar-energy sector is not only an agrarian control mechanism, but also a social one, which causes transformations in all spatial dynamics and organization.

The expansion of sugarcane agro-industry in Goiás is a phenomenon capable of promoting spatiality's and territorialities, in order to seek greater profitability and/or productivity stimulated by the use of new technologies and the intensification of land use distinguishing this expansion from the frontier of sugarcane production in the state.

Thus, the State of Goiás has become one of the main centers, of national prominence, for grain production and the attraction of agro-industrial capital. From a new pattern of agricultural development, Goiás has stood out in recent decades as a region that shows strong expansion in all its forms of production.

Over the last few years, the sugarcane agribusiness has undergone a strong expansion, having provided a symbol of progress and development of the state and the country it has a fundamental role in the Brazilian economy.

Despite the growth, however, there are few bibliographies, information and data on the changes that the insertion of this culture occurs in the environment and in the development of some cities, since this fact reduces the decision-making process and the creation of public policies oriented to the new reality of urban environments, which receive plants and can receive a large number of people with the migration of workers. Therefore, it is necessary to exercise some caution in the cost-benefit analysis regarding the implementation of sugarcane in a given region.

References

- Alves, L. Q., Franco, P. N., Zanetti, W. A. L., & Góes, B. C. (2021). Performance of sugarcane culture production in the main producing states. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 15(2), 303-317. <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n2p303-317>
- Bardalho, M. G. Da Silva, Silva, A. A., & Castro, S. S. de. (2013). A expansão da área de cultivo da cana -de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 29, 98-110, São Paulo. Retrieved from

http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/282

- Bittencourt, G. M., & Gomes, M. F. M. (2014). Fontes de crescimento da produção de cana -de-açúcar no Sudeste e centro-oeste do Brasil. *Redes*, 19(2), 182-201. <https://doi.org/10.17058/redes.v19i2.3173>
- Bray, S. C., Ferreira, E. R., & Ruas, D. G. G. (2000). *As políticas da agroindústria canavieira e o PROÁLCOOL no Brasil*. Marília: Unesp – Marília - Publicações.
- Cardoso, B. O. (2013). *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção da cana -de-açúcar no estado de São Paulo: uma proposta metodológica e de modelo conceitual*. (Dissertação de Mestrado). São Carlos: UFSCar. Retrieved from <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7024>
- Castro, S. S. De., Abdala, K., Silva, A. A., & Bôrges, S. V. M. (2010). A expansão da cana -de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. *Boletim Goiano de Geografia*, 30(1),171-191. <https://doi.org/10.5216/bgg.V30i1.11203>
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2021). *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. v. 7 – Safra 2020/2021, n. 4 – Quarto levantamento, Brasília, p p. 1-57.
- Franco, I. O. (2014). Expansão da cana -de-açúcar na microrregião sudoeste de Goiás: análise espacial das mudanças do uso e cobertura do solo nos anos de 2001, 2006 e 2011. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, 34(3),481-499. <https://doi.org/10.5216/bgg.v34i3.33860>
- Galvão, T. F., & Pereira, M. G. (2014). Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração.
- Epidemiol. Serv. Saúde*, 23(1), 183-184. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742014000100018>
- IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Retrieved from <https://www.ibge.gov.br/>
- IMB – Instituto Mauro Borges De Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Retrieved from <https://www.imb.go.gov.br/>
- Keating, B. A., Robertson, M. J., Muchow, R. C., & Huth, N. I. (1999). Modelling sugarcane production systems I: development and performance of the sugarcane module. *Field Crops Research*, 61(3), 253-271. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00167-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00167-1)
- Kohlhepp, G. (2010). Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados*, 24(68), 223-253. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100017>
- Leite, R. C. C., & Leal, M. R. L. V. (2007). O biocombustível no Brasil. *Novos Estudos - CEBRAP*, 78, 15-21. <https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000200003>
- Lucena, R. A. F., Demartelaere, A. C. F., Preston, H. A. F., Preston, W., Feitosa, S. Dos. S. F., Ferreira, A. Dos. S., ... Santos, J. J. M. Dos. (2020). Levantamento da estrutura do solo em função da colheita mecanizada em diferentes estágios da cana-de-açúcar em áreas de produção no município de Pureza -RN. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 64881-64892. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-066>
- Matos, P. F. de, & Marafon, G. J. (2020). Dinâmica territorial do setor sucroenergético em Santa Vitória, Minas Gerais. *Revista Campo-Território*, 15(37), 1-18. <https://doi.org/10.14393/RCT153701>
- Mesquita, F. C. (2016). Evolução do aprendizado na expansão da cana -de-açúcar para Goiás: o papel dos centros de pesquisa. *Revista Campo-Território*, 11(22). <https://doi.org/10.14393/RCT112216>
- Mesquita, F. C., & Furtado, A. T. (2018). Globalização e relações territoriais na agricultura: particularidades na expansão da soja e da cana-de-açúcar no Estado de Goiás. *GEOgraphia*, 20(43), 71-85. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2018.v20i43.a27212>
- Neves, P. D. M., & Mendonça, M. R. (2020). Expansão do agronegócio canavieiro no sul goiano e os efeitos na produção de alimento. *Confins. Revue Franco-brésilienne De Géographie*, 44. <https://doi.org/10.4000/confins.26199>
- Nocelli, R. C. F., Zambon, V., Silva, O. G. M. Da, & Morini, M. S. C. (2017). Histórico da cana -de-

- açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica. In C. S. Fontanetti, & O. C. Bueno (Eds.), *Caná-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica* (Canal 6, p. 275, 2017). Bauru, SP.
- Pereira, L. A. G., & Barreto, J. B. (2020). Geografia das exportações de açúcar e de etanol no estado de Minas Gerais. *Revista Campo-Territorial*, 15(36), 230-258. <https://doi.org/10.14393/RCT153609>
- Ribeiro, N. V., Ferreira, L. G., & Ferreira, N. C. (2016). Avaliação da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no bioma cerrado por meio de modelagem dinâmica da paisagem. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(1). Retrieved from <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44468>
- Rodrigues, D., & Ortiz, L. (2006). *Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil*. Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra, p. 37.
- Rodrigues, H. S. M. C., & Castro, S. S. (2018). A expansão da cana-de-açúcar e a aptidão agrícola das terras da microrregião do Vale do Rio dos Bois - GO. *Geografia*, 43(2), 237-253. <https://doi.org/10.5016/geografia.v43i2.13703>
- Silva, A. A., & Castro, S. S. (2015). Transformações no uso da terra e na estrutura de solos no Cerrado em áreas de expansão da cana-de-açúcar: o caso da microrregião de Quirinópolis, Goiás. *Ateliê Geográfico*, 9(2), 114-135. <http://doi.org/10.5216/bgg.v30i1.11203>
- Silva, A. A., & Miziara, F. (2011). Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(3), 399-407. Retrieved from <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/11054>
- Silva, L. I. da, Leão, C., & Pasqualetto, A. (2015). Área de ocupação da cana-de-açúcar no estado de Goiás e o efeito substituição em relação a outras culturas de abastecimento alimentar (2003 - 2012). *Baru*, 1(1), 21-35. <https://doi.org/10.18224/baru.v1i1.4603>
- Stone, P. J., Sorensen, I. B., & Jamieson, P. D. (1999). Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate. *Field Crops Research*, 63(2), 169-178. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00033-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00033-7)
- Stupiello, J. P. (2005). A expansão canavieira no Brasil. In *II Simpósio de tecnologia de produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: Unipress Disc Records do Brasil, 2005. 1 CD-ROM.
- ÚNICA. União Da Indústria de Cana-de-Açúcar. Observatório da Cana. Retrieved from <https://observatoriodacana.com.br/>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

APÊNDICE II

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS RESPONSÁVEIS DAS USINAS DE CANA DE AÇÚCAR DO ESTADO DE GOIÁS

DIMENSÃO AMBIENTAL

Auto análise: assinale abaixo o grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste questionário da Dimensão Ambiental. Escolha uma das seguintes respostas:

() Conheço pouco () Conhecimento médio () Conhecimento considerável

Agora responda como a sua funciona na sua agroindústria de cana-de-açúcar.

A numeração () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 corresponde respectivamente a péssimo, ruim, regular, bom e ótimo. Quanto maior o número, melhor

Quantidade de vinhaça/ área aplicada com relação ao Potássio (K) e Nitrogênio (N)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Quantificação da erosão potencial segundo a Equação Universal de Perda de Solo (USLE – Universal Soil Loss Equation)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Balanco de Carbono (C) e Nitrogênio (N) no solo.

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Estado de Compactação do solo

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Balanco de gases como: CO, HC, NOx e material particulado em veículos pesados

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Ocorrência de queimada de palha de campo

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Emissão de Ozônio

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Emissão e suspensão de micropartículas (fuligem)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Ocorrência de odor desagradável

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Localização geográfica da cultura em relação à aptidão Agroclimática

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Localização geográfica da cultura em relação à aptidão Edáficas

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Localização geográfica da cultura em relação à aptidão Edafoclimática

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Áreas de Preservação Permanente (APP) recuperadas/ conservadas

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Comprovação de Averbação da área de Reserva Legal

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Número de autuações nos últimos anos

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Cumprimento com os Termos de Compromissos Recuperação Ambientais

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

DIMENSÃO “SOCIAL”

Auto análise: assinale abaixo o grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste questionário da Dimensão “Social”. Escolha uma das seguintes respostas:

() Conheço pouco () Conhecimento médio () Conhecimento considerável

Agora responda como a sua funciona na sua agroindústria de cana-de-açúcar em relação ao seu quadro de funcionários Dimensão “Social”.

Poder de compra do comprador

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Taxa de formalidade do emprego

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Índice Parcial de Educação

- 1 2 3 4 5
Presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) na urina dos cortadores de cana-de-açúcar
 1 2 3 4 5
Índice de internações decorrentes de problemas respiratórios
 1 2 3 4 5
Registro de treinamentos, capacitação ou requalificação de trabalhadores
 1 2 3 4 5
Índice de Gini da Distribuição de rendimento
 1 2 3 4 5
Índice parcial de auxílios recebidos
 1 2 3 4 5

DIMENSÃO “AGRÍCOLA-INDUSTRIAL”

Auto análise: assinale abaixo o grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste questionário da dimensão Agrícola-Industrial. Escolha uma das seguintes respostas:

Conheço pouco Conhecimento médio Conhecimento considerável

Agora responda como a sua funciona na sua agroindústria de cana-de-açúcar em relação a dimensão agrícola-industrial

- Implantação de biorefinarias
 1 2 3 4 5
Rotação de cultura (soja)
 1 2 3 4 5
Consórcio com outras culturas
 1 2 3 4 5
Área Plantada/ Área Colhida
 1 2 3 4 5
Lavagem a seco
 1 2 3 4 5
Índice de ATR
 1 2 3 4 5
Atender a Norma Regulatória (NR-31)
 1 2 3 4 5
Longevidade da cana
 1 2 3 4 5
Distância da Usina/ Produção de cana
 1 2 3 4 5
Controle de pragas que favorecidas pela “não-queima”
 1 2 3 4 5
Cana queimada manual
 1 2 3 4 5
Adoção do plantio direto
 1 2 3 4 5
Predominância da conversão de pastagem em cana-de-açúcar, do que outras culturas/ florestas em cana-de-açúcar
 1 2 3 4 5
Ocorrência de reutilização de recursos hídricos
 1 2 3 4 5
Número de Certificação
 1 2 3 4 5
Condições favoráveis a mecanização
 1 2 3 4 5
Números de colhedeiros
 1 2 3 4 5
Custo de Manutenção
 1 2 3 4 5
Otimização do transporte de cana
 1 2 3 4 5
Coeficiente entre Expansão total e Reforma total da cana
 1 2 3 4 5

Redução do Consumo de Diesel

1 2 3 4 5

Substituição do diesel na frota pesada por etanol

1 2 3 4 5

Estrutura para o fluxo de caminhões

1 2 3 4 5

Seguir as Exigências do “Novo Mercado”

1 2 3 4 5

Índice de Sustentabilidade Empresarial – ISE

1 2 3 4 5

Variedades melhoradas para condições eco-regionais mais específicas

1 2 3 4 5

DIMENSÃO “PRODUTOS/ SUBPRODUTOS”

Auto análise: assinale abaixo o grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste questionário da Dimensão “Produtos/ subprodutos”. Escolha uma das seguintes respostas:

Conheço pouco Conhecimento médio Conhecimento considerável

Agora responda como a sua funciona na sua agroindústria de cana-de-açúcar em relação Dimensão “Produtos/ subprodutos”

Relação Preço Gasolina/ Etanol

1 2 3 4 5

Inclusão do Etanol como Commodity

1 2 3 4 5

Adoção da Tecnologia Flex-Fuel por outros países

1 2 3 4 5

Regulação de comércio de distribuição Produtos/ subprodutos

1 2 3 4 5

Número de contrato para fornecer bioeletricidade

1 2 3 4 5

Infraestrutura para a produção de biocombustíveis de 2ª e 3ª geração

1 2 3 4 5

DIMENSÃO “TECNOLOGIA”

Auto análise: assinale abaixo o grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste questionário da “Tecnologia”. Escolha uma das seguintes respostas:

Conheço pouco Conhecimento médio Conhecimento considerável

Agora responda como a sua funciona na sua agroindústria de cana-de-açúcar em relação Dimensão “Tecnologia”

Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) dos biocombustíveis de 2ª e 3ª geração

1 2 3 4 5

Desenvolvimento de leveduras mais resistentes a concentrações elevadas de álcool (fermentação extrativa)

1 2 3 4 5

DIMENSÃO “POLÍTICA”

Auto análise: assinale abaixo o grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste questionário da Dimensão Ambiental. Escolha uma das seguintes respostas:

Conheço pouco Conhecimento médio Conhecimento considerável

Agora responda como a sua funciona na sua agroindústria de cana-de-açúcar em relação Dimensão “Política”

Ratificação de Acordos Globais

1 2 3 4 5

Iniciativas do poder público de apoio ao produtor sustentável

1 2 3 4 5

Número de Produtores / Usinas que aderiram/ renovaram o Protocolo Agroambiental

1 2 3 4 5

Coeficiente de produtores atendidos pelo Programa Agricultura de Baixo Carbono

1 2 3 4 5

(ABC) Agricultura de Baixo Carbono com relação aos que solicitaram o financiamento

1 2 3 4 5