



APLICAÇÃO DO MÉTODO SUSTENTA-CANA PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO SETOR SUCROENERGÉTICO EM GOIÁS

APPLICATION OF THE CANE-SUSTAINABILITY METHOD TO ASSESS THE SUSTAINABILITY OF THE SUGAR-ENERGETIC SECTOR IN GOIÁS

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE SOSTENIBILIDAD DE LA CAÑA PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR AZUCARENERGÉTICO EN GOIÁS

Mateus Resende Oliveira¹
Antonio Pasqualetto²

RESUMO

A expansão da cultura da cana-de-açúcar, 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 à produção de produtos comercializados. Devido à consciência socioambiental decorrente dessa nova posição global, 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 aplicar método de avaliação da 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 do Método Sustenta-Cana. Desta forma, são fornecidos subsídios para criar um retrato da sustentabilidade do sistema produtivo cana-de-açúcar no Estado. Os resultados indicam que o setor ocupa posição de “mais sustentável” no Índice Sustenta-Cana. Conclui-se, que os métodos podem ser importantes ferramentas na avaliação da sustentabilidade do setor sucroenergético em Goiás o que faz com que a cultura esteja caminhando nos moldes da sustentabilidade agrícola.

Palavras-Chave: desenvolvimento regional; planejamento; práticas ambientais.

ABSTRACT

The expansion of sugarcane cultivation, 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

¹Mestre em Desenvolvimento e Planejamento Territorial. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, Goiás. Brasil. E-mail: mateusoliveira.arquitetura@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5411-3236>

²Doutor. Pontifícia Universidade Católica de Goiás e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Goiânia, Goiás. Brasil. E-mail: profpasqualetto@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8639-6725>

production of commercialized products. Due to the socio-environmental awareness arising from this new global position, it is necessary to adjust 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 apply a method of evaluating 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 the Sustenta-Cana Method. In this way, subsidies are provided to create a picture of the sustainability of the sugarcane production system in the State. The results indicate that the sector occupies the “most sustainable” position in the Sustenta-Cana Index. It is concluded that the methods can be important tools in assessing the sustainability of the sugar-energy sector in Goiás, which means that the culture is moving along the lines of agricultural sustainability.

Keywords: regional development; planning; environmental practices.

RESUMEN

La expansión del cultivo de la caña de azúcar, el desarrollo y modernización del sector sucroenergético contribuyeron para el fortalecimiento del agronegocio brasileño, cooperando con el crecimiento de la economía del país. Las preocupaciones ambientales y de equidad social se han intensificado, principalmente por la globalización del mercado, que impone mayores exigencias a la producción de los productos comercializados. Debido a la conciencia socioambiental derivada de este nuevo posicionamiento global, es necesario adecuar las actividades agrícolas o agroindustriales para que todo el sistema productivo tenga un impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad. En ese sentido, el objetivo fue aplicar un método de evaluación de la sostenibilidad de la expansión y de los sistemas productivos del cultivo de la caña de azúcar en el Estado de Goiás. La metodología se basó en la aplicación del Método Sustenta-Cana. De esta manera, se otorgan subsidios para crear una imagen de la sostenibilidad del sistema de producción de caña de azúcar en el Estado. Los resultados indican que el sector ocupa la posición “más sustentable” en el Índice Sustenta-Cana. Se concluye que los métodos pueden ser herramientas importantes en la evaluación de la sostenibilidad del sector sucroenergético en Goiás, lo que significa que la cultura se mueve en la línea de la sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: desarrollo regional; planificación; prácticas ambientales.

Como citar este artigo: OLIVEIRA Mateus Resende; PASQUALETTO, Antonio. Aplicação do método sustenta-cana para avaliação da sustentabilidade do setor sucroenergético em Goiás. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 15, p. 446-471, 27 jun. 2025. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v15.5466>.

Artigo recebido em: 07/06/2024

Artigo aprovado em: 11/06/2025

Artigo publicado em: 27/06/2025

1 INTRODUÇÃO

Os aportes teóricos centrados na dinâmica espacial contribuem para o entendimento dos fatores que explicam por que o desenvolvimento não surge de maneira igualitária em todos os pontos e sim, de maneira variável, com efeitos e caminhos diferentes. De maneira geral, pode-se dizer que as teorias da localização constituem uma contribuição indispensável para a análise das orientações locacionais das atividades econômicas em mercados concorrenciais (Dallabrida et al. 2011).

Deste modo, a cana-de-açúcar aparece neste contexto e representa umas das mais antigas culturas do Brasil, começou pela costa brasileira e adentrou no país, chegando até Centro-Oeste. De acordo com a última safra, o cultivo de cana refere-se 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 a 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 à longa e diversificada ocupação do território brasileiro que existe. 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 aplicar o método de avaliação da sustentabilidade no setor sucroenergético em Goiás. Para tal, foi utilizado o 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 abordando o uso de indicadores de sustentabilidade e o método sustenta-cana. Na metodologia faz-se a caracterização da área de estudo e os passos do método empregado. Dando sequência, os Resultados e Discussão, e finalizando com as Considerações finais e Referências.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O conceito de desenvolvimento é relativamente jovem na história da sociedade, tendo surgido gradualmente a partir do século XIX. No entanto, apesar desta idade recente, é um conceito que tem passado por inúmeros shifts paradigmáticos (Lange, 2012).

O desenvolvimento sustentável ideal é aquele capaz de suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. Neste âmbito, entra em discussão as práticas organizacionais, que de uma forma ou de outra, com o passar do tempo vêm se adaptando às novas legislações, principalmente as ambientais, cujo propósito é alcançar a sustentabilidade em todas as suas dimensões (Miranda et al., 2018).

Por sua vez, desenvolvimento econômico demanda mudanças estruturais na economia, que possibilitam tanto o fenômeno do crescimento econômico, gerando aumento na produtividade e crescimento na renda da população na região, quanto o avanço nas condições de vida da população. Assim como o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento regional é um fenômeno complexo que depende de elementos tangíveis e intangíveis que envolvem o espaço delimitado da região. Para que haja o desenvolvimento regional se fazem necessárias a expansão da riqueza e mudanças qualitativas que envolvem o desenvolvimento humano, mensurando não somente o fator econômico, mas principalmente fatores socioeconômicos que fortalecem a atratividade do lugar (Oliveira; Lima, 2024).

O Estado pode exercer um papel de agente potencializador do desenvolvimento regional, levando-se em conta que não há uma solução única ou simples. O desenvolvimento de uma região deve ser promovido mediante a combinação de diferentes investimentos, sendo que a dimensão econômica é o vetor que integra as diferentes dimensões e atores envolvidos no processo, visto ser essa que gera recursos, emprego e renda locais. Deve-se ter claro que todas as dimensões do desenvolvimento são interdependentes e igualmente importantes para garantir um desenvolvimento sustentável e equilibrado (Zaleski et al., 2024)

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	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>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 (Maser 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, além de recomendar mudanças e ajustes quando necessário for (Pereira; Martins, 2010).</p>
PER (Pressão-Estado-Resposta)	<p>O método de Pressão-Estado-Resposta nasceu 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. (OCDE, 1993 <i>apud</i> 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).</p> <p>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 pelos autores (2022).

Ainda, pode-se indicar outros métodos de avaliação da sustentabilidade que estão relacionados com a 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; Feola; Steinberger, 2010).

Dentre esses inúmeros métodos disponíveis, será adotado para a avaliação do setor sucroenergético no estado de Goiás o Método Sustenta-Cana, desenvolvido por Cardoso (2013) especialmente para o setor. 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.

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. O pesquisador apresenta 6 dimensões: 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 limiares de sustentabilidade encontra-se na íntegra em Cardoso (2013).

Diante disso, é relevante analisar, sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável, de que forma o setor influencia a sociedade, a economia e o meio ambiente, bem como qual é o destino atribuído aos seus resíduos e subprodutos.

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).

Goiás está localizado na região Centro-Oeste e se encontra numa posição privilegiada, sendo o sétimo estado em extensão territorial, dos 26 estados brasileiros. 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).

Figura 1 - Estado de Goiás



Fonte: Bases Cartográficas (IBGE, 2021).

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 pelos autores 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 METODOLOGIA DO MÉTODO SUSTENTA-CANA

“Método Sustenta-Cana” é empregado 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 da 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 compreende 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 dividida 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, 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 3). O intervalo 3 foi avaliado como neutro, bem como na validação dos indicadores e limiares de sustentabilidade.

Quadro 3 – 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: Cardoso (2013, adaptado).

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

Para encontrar o resultado dos valores, foi realizado 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).

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

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). Ou seja:

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

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

Entretanto, para a avaliação do ISCana é proposta a escala, conforme se observa no Quadro 4.

Quadro 4 – 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 “alterações positivas”, mas são necessárias intervenções para se tornar “mais sustentável”. Na escala de 19 a (-19), este é um estágio de transição, “sem alteração”, ou 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 são “alterações negativas” 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 5) contidos em cada dimensão, com atenção ao sistema de produção de cana-de-açúcar (Cardoso, 2013).

Quadro 5 – 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	26

	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.	
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 pelos autores de Cardoso (2013).

A população 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, com taxa de retorno de 18,18%.

Quanto ao instrumento de pesquisa, foi elaborado questionário, através dos indicadores formulados por Cardoso (2013), dividido em 6 dimensões: dimensão ambiental, dimensão social, dimensão agrícola-industrial, dimensão produtos/subprodutos, dimensão tecnológica, dimensão política. Em cada dimensão procura-se compreender o grau de conhecimento do gestor o qual escolhe dentre as alternativas: () Conhecimento 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 pelo 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).

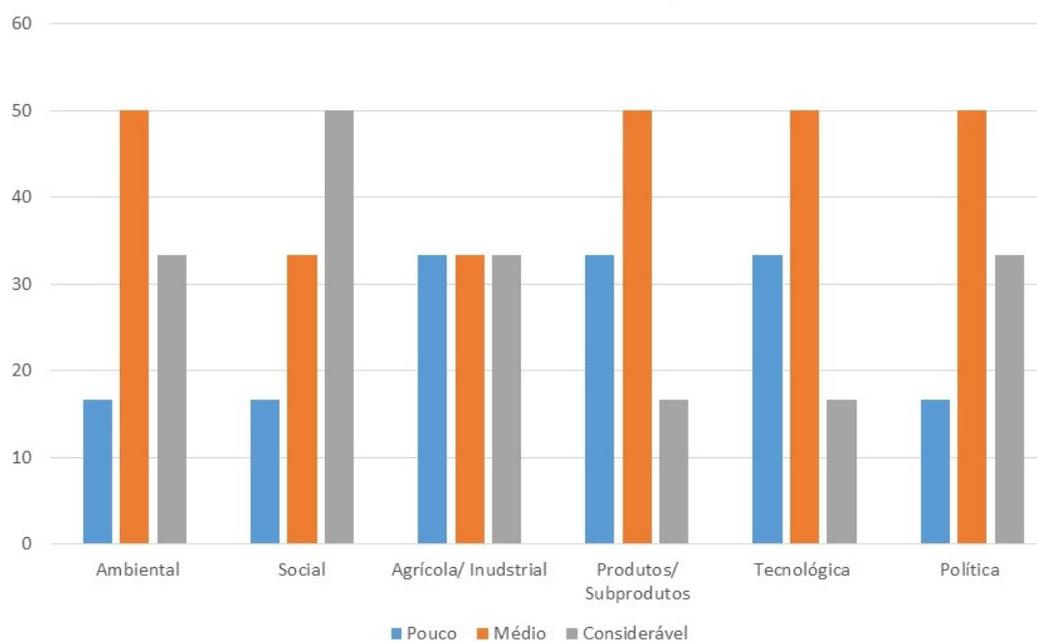
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Satisfazer as demandas e expectativas da humanidade é considerado um dos propósitos fundamentais do desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, enfrenta-se o desafio de harmonizar os aspectos sociais e econômicos. A utilização de indicadores de desenvolvimento rural sustentável tem como objetivo analisar um determinado sistema dentro de um contexto

conceitual, possibilitando, assim, a mensuração de fenômenos complexos (Schwab; Moraes; Bassan, 2020).

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. Pode-se observar, deste modo, um panorama geral (Figura 2).

Figura 2 – Grau de conhecimento dos respondentes da pesquisa sobre cada dimensão no método Sustenta-Cana para o setor sucroenergético de Goiás



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

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 18,18% para ambos. Assim, se obtivesse um número maior de retornos a marca de aprovação teria sido proporcional.

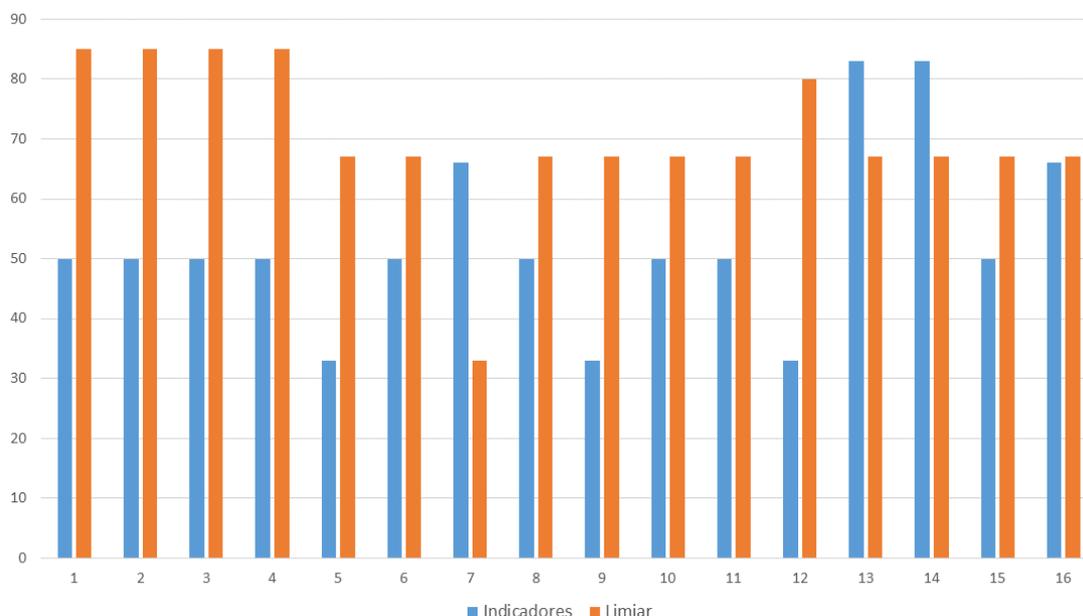
Posteriormente, com o intuito de ponderar os indicadores de forma técnica, utilizaram-se os dados fornecidos pelo questionário na 1ª rodada, sendo esse resultado o valor do limiar. Ou seja, tanto os indicadores quanto os limiares foram avaliados pelos respondentes.

4.1 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 34% e 17% que acreditam ter pouco conhecimento sobre esta dimensão

(Figura 2). 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 6 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 6 – 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

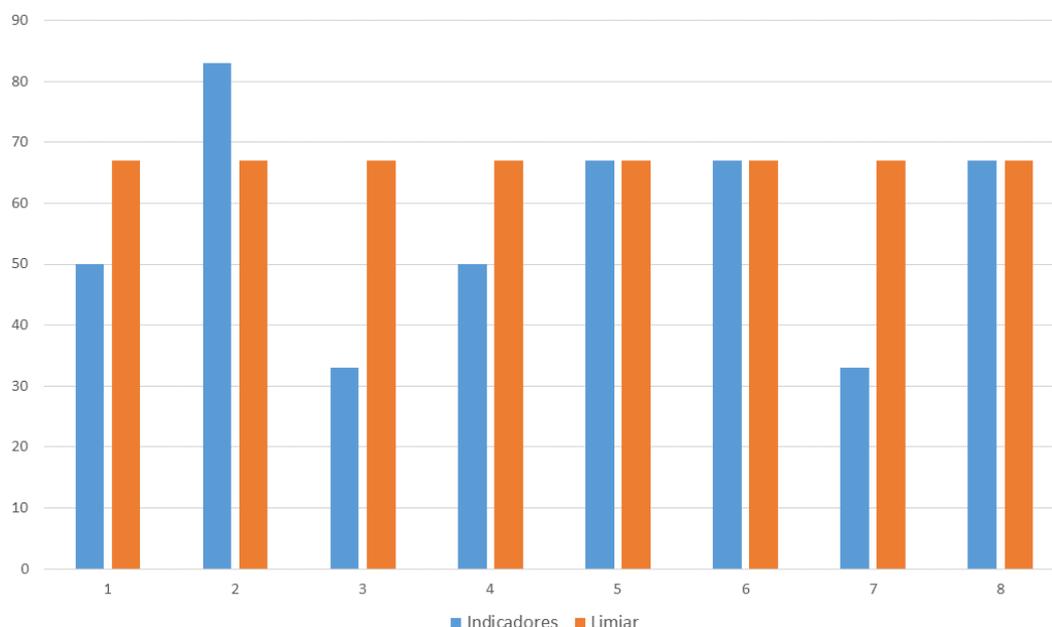
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

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.

4.2 INDICADORES DA DIMENSÃO SOCIAL

Com relação a esta dimensão observa-se entre os respondentes que 51% consideraram ter conhecimento considerável sobre a dimensão, enquanto 33% consideram ter um conhecimento médio e os que acreditam ter pouco conhecimento com 16% (Figura 2). Neste caso, é possível observar um aumento considerável da porcentagem dos respondentes que consideraram ter um conhecimento considerável sobre esta dimensão. Assim, na Figura 6 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Social.

Figura 6 – 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 7 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 7 – 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

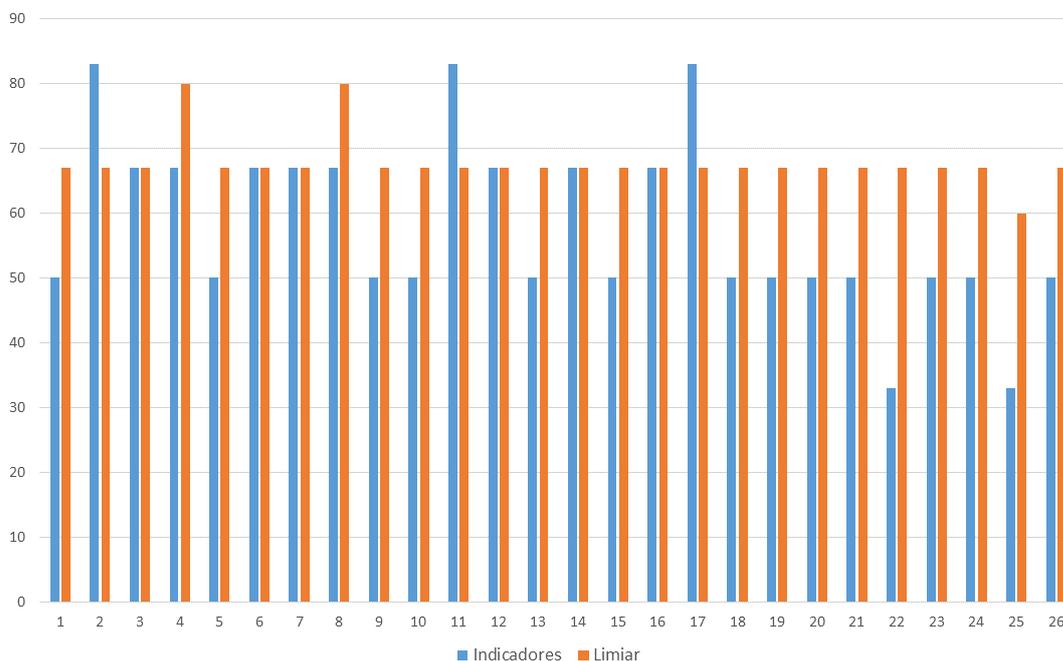
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

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

4.3 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 2). Deste modo, na Figura 8 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Agrícola/Industrial.

Figura 8 – 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 8 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 8 – 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

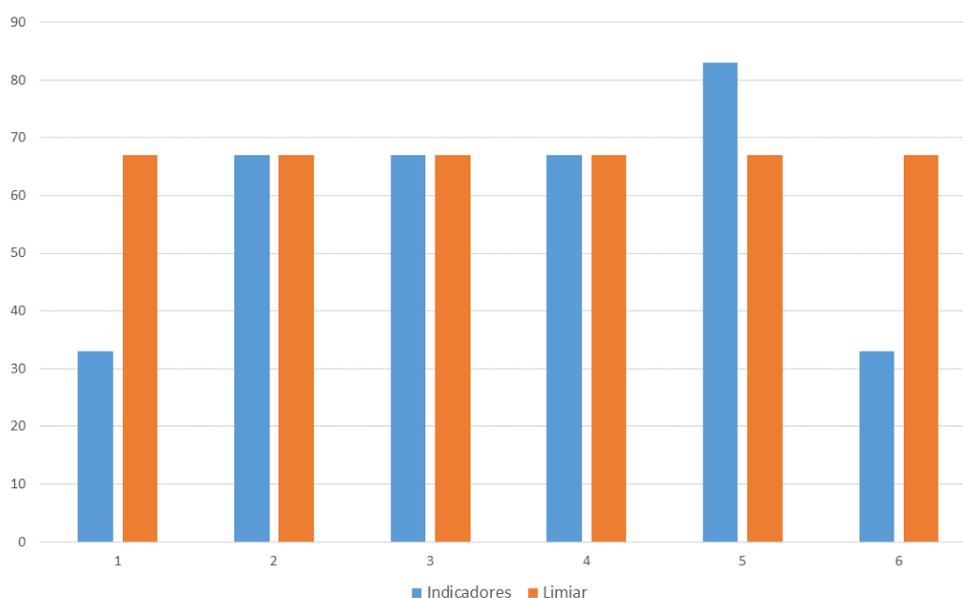
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

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.

4.4 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 16%, e os que consideraram ter pouco conhecimento foram 34% (Figura 2). Desta maneira, na Figura 9 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Produtos/Subprodutos.

Figura 9 – 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 9 constam os indicadores avaliados, os limiares de sustentabilidade e a situação de validação.

Quadro 9 – 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 2ª. e 3ª. gerações.	33	67	Sim

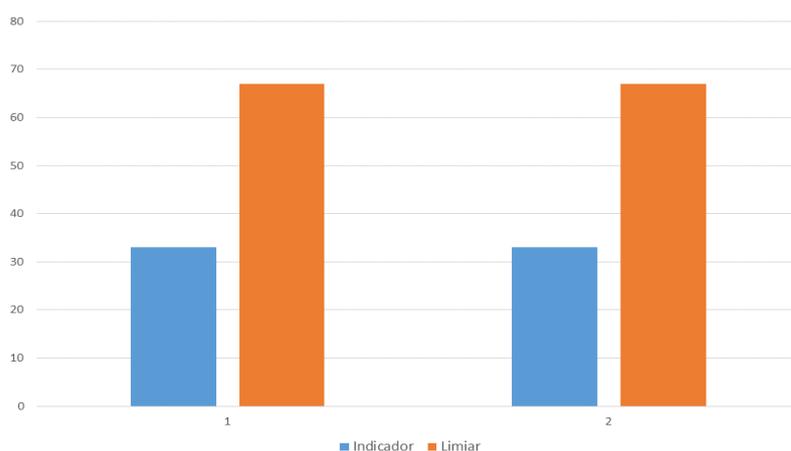
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

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

4.5 INDICADORES DA DIMENSÃO TECNOLÓGICA

Com relação a esta dimensão, 51% consideram ter grau de conhecimento médio sobre o assunto. Os que consideram ter grau considerável foram 16%, e os respondentes que acreditam ter pouco conhecimento sobre o assunto foram de 33% (Figura 2). Sendo assim, na Figura 10 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Tecnológica.

Figura 10 – 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 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 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

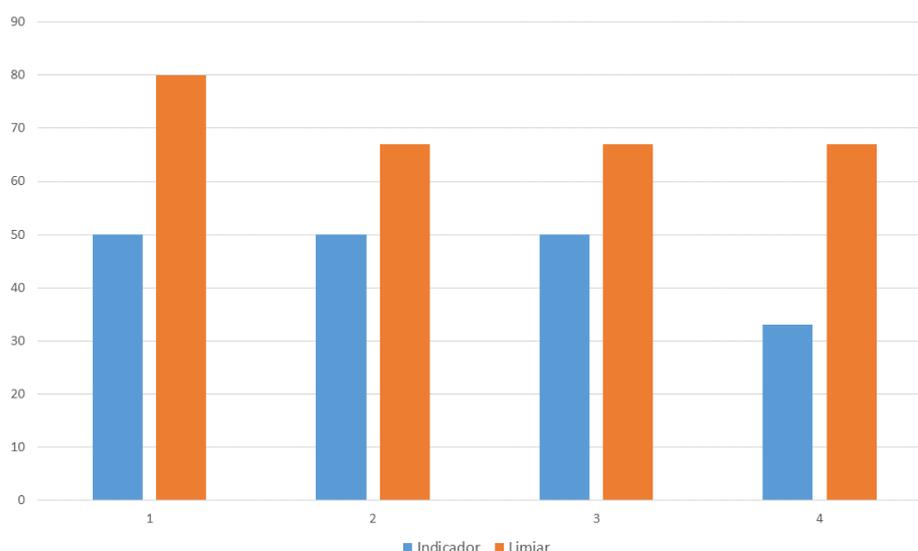
Fonte: elaborado pelo autor (2022).

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.

4.6 INDICADORES DA DIMENSÃO POLÍTICA

Com relação a esta dimensão, 51% 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 16% (Figura 2). Nesse caso, um total de 84% dos respondentes tem grau médio/considerável acerca do tema. Assim, na Figura 11 observa-se a validação dos indicadores e respectivos limiares de sustentabilidade para a Dimensão Política.

Figura 11 – 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 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 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.

4.7 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.

4.7.1 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 12 a 17, com os resultados dos indicadores avaliados.

Quadro 12 – 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 pelos autores (2022).

Quadro 13 – 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 pelos autores (2022).

Quadro 14 – Pesos finais dos indicadores das Dimensões Social e Agrícola / Industrial multiplicados pelos valores

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 pelos autores (2022).

Quadro 15 – 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 pelos autores (2022).

Quadro 16 – 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 pelos autores (2022).

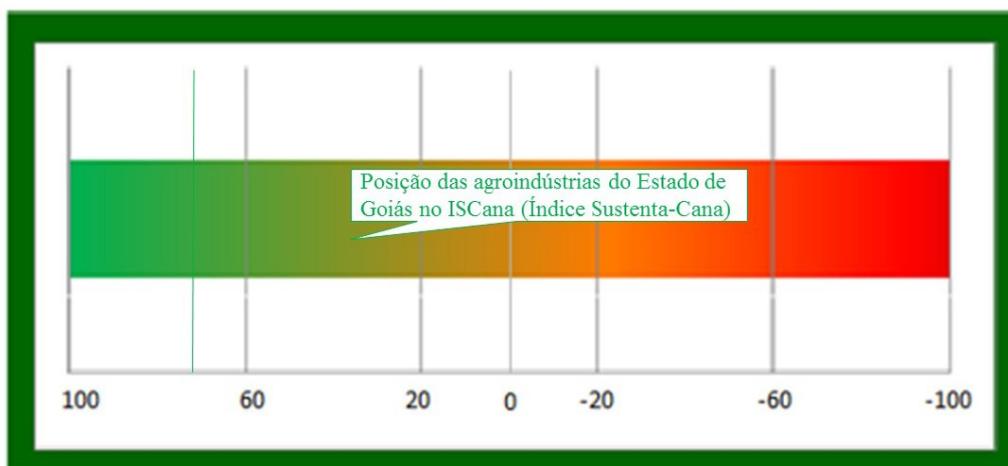
Quadro 17 – Pesos finais dos indicadores das Dimensões Produtos / Subprodutos, Tecnológica e Política multiplicados pelos valores dos limiares do Método Sustenta-Cana para o Estado de Goiás.

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 pelos autores (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 12 – Variação do Índice Sustenta-Cana (ISCana), mostrando a posição das agroindústrias do Estado de Goiás em relação a sustentabilidade do sistema produtivo.



Fonte: Cardoso (2013, adaptado).

Assim, o resultado final da avaliação é de 29,68, sendo que a variação entre o intervalo 100 e 60, é considerado que o sistema está em direção a um quadro mais 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 em cada indicador que obteve sua avaliação abaixo do percentual indicado.

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).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo se propôs a aplicar o Método Sustenta-Cana para fazer a avaliação da sustentabilidade de todo o sistema produtivo do setor sucroenergético, o que aponta que o Estado de Goiás se encontra na posição “Mais Sustentável”, vendo a preocupação das agroindústrias a trilhar um caminho sustentável dentro o sistema de produção da cana.

Em termos de aplicação, este estudo traz contribuições para as esferas estadual de Goiás, no sentido de fornecer um panorama geral da situação em que se encontram as ações do setor cumprimento ao fator de sustentabilidade da cultura da cana-de-açúcar. Fornece aos gestores do setor sucro-alcooleiro, indicativos de ações que possam ser desenvolvidas e criadas, através da transparência na divulgação de suas ações.

Analisa-se que é um método complexo, bem como o sistema produtivo da cana-de-açúcar. Mas, por outro lado, 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.

Conclui-se que o método sustenta-cana é uma ferramenta importante na análise da sustentabilidade do setor sucro-alcooleiro e contribuir para o desenvolvimento regional sustentável, pois utiliza de indicadores em diferentes dimensões que constituem um índice de sustentabilidade.

É importante ressaltar que este estudo possui limitações, já que não abrangeu todas as agroindústrias do Estado. No entanto, pode oferecer uma visão inicial e representativa do Estado. Sugere-se para estudos futuros explorar os contatos de todas as usinas, com o intuito de conhecer de forma mais aprofundada, as práticas de cada município ou até mesmo ampliar a amostra para uma compreensão mais abrangente e precisa das agroindústrias.

O índice sustenta-cana para Goiás indica que para o setor sucro-alcooleiro caminha em direção a sustentabilidade, classificado com Alterações Positivas, tendo avanços importantes na dimensão ambiental, social, agrícola-industrial, produtos/subprodutos, tecnológica e política.

Como recomendações às agroindústrias, sugere-se medidas e ações de manejos para mitigação e/ou sanar possíveis problemas em cada indicador que obteve sua avaliação abaixo do percentual indicados nas diversas dimensões.

Para trabalhos futuros, deve-se agregar novas metodologias que corroboram com o desenvolvimento sustentável, contribuindo para que o avanço da cana-de-açúcar no Centro-Oeste do país, em especial no Estado de Goiás, contribui para avanços socioeconômicos e ambientais.

AGRADECIMENTOS E INFORMAÇÕES

Agradecimentos a CAPES/FAPEG pela bolsa de pesquisa e ao Comitê de Ética em Pesquisa da PUC Goiás pela validação experimental.

REFERÊNCIAS

- BACCARIN, J. G.; ALVES, F. J. 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 8, 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.
- 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.
- 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**. 2013. Dissertação (Mestrado) – UFSCar. São Carlos, 2013.
- CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C; MOREIRA, G. G. Políticas públicas para meio ambiente na visão do gestor ambiental: Uma aplicação do modelo PER para o Semiárido. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7. 2007. Fortaleza. *Anais [...]*. Fortaleza, 2007.
- CONAB – COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar. 2022**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 out 2022.
- DALLABRIDA, V. R.; DESCHAMPS, M. V.; SCHIMALSK, M. B.; KNOREK, R. Aportes teórico-metodológicos sobre a dimensão espacial do desenvolvimento: uma contribuição. *DRd - Desenvolvimento Regional em Debate*, v. 1, n. 1, p. 188–207. 2011. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v1i1.71>
- FERRAZ, J. M. G. Indicadores de Sustentabilidade: Aspectos Teóricos. In: MARQUES, J. F.; SKOURUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Org.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. 2003. p.15-73.
- FERREIRA, E. S.; LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. 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, jul/set 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (IMB). **Dados**. Disponível em: <https://www.imb.gov.br/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

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

LANGE, E. Contributo para um debate conceitual do ‘desenvolvimento’ e ‘subdesenvolvimento’. **DRd - Desenvolvimento Regional Em Debate**, v. 2, n. 1, p. 62–81. 2012. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v2i1.209>

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

MIRANDA, R. L.; SANTOS, G. F.; MARTINS, E. M.; ALBERTO JUNIOR, C. Sistema socioecológico e ambientalismo no contexto empresarial. **DRd - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 7, n. 2, p. 188–205. 2017. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v7i2.1518>

OLIVEIRA, L. R. ; LIMA, J. F. Crescimento e desenvolvimento econômico na fronteira brasileira: o que mostram os indicadores de convergência? **DRd - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 14, p. 97–120, 2024. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v14.4196>

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, p. 56-78, 2010.

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**, Edição Especial (Pombal - PB) v. 13, n. 5, p. 572-580, 2018.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE ETANOL DO ESTADO DE GOIÁS (SIFAEG). **Informações**. Disponível em: <https://sifaeg.com.br/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

SCHWAB, P. I.; MORAES, J. L. A.; BASSAN, D. S. Indicadores de sustentabilidade socioeconômica do desenvolvimento rural no município de Rolante/RS. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 370-386, 08/05/2020. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v10i0.2570>

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.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Observatório da Cana**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em: 08 mar. 2021.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2002. 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), p. 52-66, jul. 2010.

ZALESKI, J.; SCHIESSL, F. M.; ALVES, J. A. B.; BENDLIN, L. Administração pública, desenvolvimento regional e cidades sustentáveis. **DRd - Desenvolvimento Regional Em Debate**, v. 14, p. 255–277, 2024. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v14.5134>.