

ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DO SETOR SUCROENERGÉTICO: UMA REVISÃO DAS PRÁTICAS E PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA

*SUSTAINABILITY ANALYSIS OF THE SUGAR-ENERGY SECTOR: A REVIEW FROM
INDUSTRY PRACTICES AND PERSPECTIVES*

*ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR SUCROENERGÉTICO: UNA REVISIÓN
DE LAS PRÁCTICAS Y PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA*

Donald Francisco Quintana Sequeira¹
Ubiratã Tortato²

Resumo

A sustentabilidade nas operações é um conceito bem discutido e de interesse tanto para academia como para o mercado profissional. O objetivo deste artigo é identificar as principais práticas desenvolvidas pela indústria sucroenergética no contexto da sustentabilidade. Foi realizada uma revisão de literatura (RL), incluindo a análise de dezessete documentos. A partir do tripé da sustentabilidade (o social, o ambiental e o econômico), somado o aspecto agrícola, foram identificadas vinte categorias distintas considerando oitenta e quatro elementos analisados no estudo. Verifica-se uma predominância de práticas para a dimensão econômica. Com base nesta revisão, concluiu-se que existe uma presença importante de atividades centradas na fase de gestão agrícola e que há esforços significativos de recirculação orientada aos subprodutos. Este estudo pretende servir como referência para profissionais e acadêmicos avaliarem as estruturas organizacionais no setor sucroenergético para melhorias de desempenho em operações sustentáveis.

Palavras-chave: práticas de sustentabilidade; operações sustentáveis; indústria sucroenergética.

Abstract

Sustainability in operations is a well-discussed concept that is of interest to both academia and professionals. This article aims to identify the main practices developed by the sugar-energy industry in the context of sustainability. A literature review (LR) was carried out, including the analysis of seventeen documents. Based on the sustainability triple bottom line (social, environmental and economic), plus the agricultural aspect, twenty distinct categories were identified, considering the eighty-four elements analyzed in the study. Practices were predominant in the economic dimension. Based on this review, it was concluded that there is a significant presence of activities centered on the agricultural management phase and that there are significant efforts to recirculate by-products. This study aims to serve as a reference for professionals and academics to evaluate organizational structures in the sugar-energy sector to improve performance in sustainable operations.

Keywords: sustainability practices; sustainable operations; sugar-energy industry.

Resumen

La sostenibilidad en las operaciones es un concepto bien discutido y de interés tanto para la academia como para el mercado profesional. El objetivo de este artículo es identificar las principales prácticas desarrolladas por la industria sucroenergética en el contexto de la sostenibilidad. Se realizó una revisión de literatura (RL), incluyendo el análisis de diecisiete documentos. A partir del triángulo de la sostenibilidad (el social, el ambiental y el económico), sumándose el aspecto agrícola, se identificaron veinte categorías distintas, considerando ochenta y cuatro elementos analizados en el estudio. Se verifica una predominancia de prácticas para la dimensión

¹ Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). E-mail: donald.francisco@pucpr.edu.br.

² Professor Doutor Ubiratã Tortato Ph.D., é doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (2006). Atualmente é professor titular do Programa de Doutorado em Administração e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. É Editor Assistente de Organizações Sustentáveis e tem experiência na área de negócios, atuando nos seguintes temas: sustentabilidade, ESG, Economia Circular, SSCM, produtos sustentáveis, indústria 4.0, transformação digital, ecoeficiência e organizações sustentáveis. E-mail: ubirata.tortato@pucpr.br.

económica. Con base en esta revisión, se ha concluido que existe una presencia importante de actividades centradas en la fase de gestión agrícola y que hay esfuerzos significativos de recirculación orientada a los subproductos. Este estudio pretende servir como referencia para que profesionales y académicos evalúen las estructuras organizacionales en el sector sucroenergético para mejoras de rendimiento en operaciones sostenibles.

Palabras clave: prácticas de sostenibilidad; operaciones sostenibles; industria sucroenergética.

1 Introdução

A sustentabilidade nas organizações é um conceito integral e multidimensional que vem ganhando um lugar cada vez mais importante nos debates, questionando como produtos e serviços são produzidos, distribuídos, consumidos e descartados (Salazar; Cerna, 2020). O conceito instiga as discussões de acadêmicos e empresários e reflete as inquietações da sociedade quanto ao estado atual e futuro do planeta (WWF, 2020). Como solução, contempla-se a mudança nos pressupostos paradigmáticos básicos de sistemas de produção, passando de modelos lineares de transformação das matérias-primas para modelos mais circulares (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Assim, a abordagem de economia circular propõe a manutenção do valor dos produtos, materiais e recursos na economia pelo maior tempo possível, retornando-os ao ciclo do produto no final de seu uso, minimizando assim a geração de resíduos (Circular, 2015). Por outro lado, uma abordagem de economia linear pressupõe apenas a extração, a transformação, o consumo e o descarte, sem dar muita ênfase à retenção de valor dos produtos, materiais e recursos, ou seja, sem circularidade (Ekins *et al.*, 2019).

Além disso, devido ao risco de ultrapassar os limites planetários, tem sido discutida a possibilidade de alcançar o equilíbrio dos ecossistemas relativo a um desenvolvimento mais sustentável, tendo em conta as atividades produtivas da humanidade (What, 2023; WBSCD, 2021). Assim, a apropriação da definição de desenvolvimento sustentável, divulgada pela Organização das Nações Unidas (ONU) como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (Comissão, 1991), tornou-se imperativa de colocar em prática. Considerando o exposto, é crucial harmonizar e integrar os seguintes elementos: crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental, conhecidos como o tripé da sustentabilidade (Elkington, 2013). Esses elementos devem ser concebidos de forma a estar interligados e indissociáveis, sendo todos eles importantes para o bem-estar dos indivíduos e das sociedades (UN, 2015).

Historicamente, as práticas agrícolas têm sido a segunda maior causa de poluição ambiental, devido à desflorestação indiscriminada para expansão na produção e à queima de culturas na preparação da plantação e da colheita (Amann *et al.*, 2017). Ainda, 70% das

retiradas globais de água são atribuídas a essas atividades agrícolas (FAO, 2017). Todos esses fatores contribuem, em diferentes magnitudes, aos efeitos das alterações climáticas que se constata atualmente.

Por outro lado, em termos das metas globais de sustentabilidade, a agroindústria é desafiada a contribuir para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (UN, 2015). Por exemplo, quanto à segurança alimentar ou ODS2, uma vez que a agroindústria pode assegurar a produção de açúcar como matéria-prima para a indústria alimentar, ou quanto ao fornecimento de energia a partir de fontes limpas ou ODS7, utilizando a cogeração de bioenergia e bioetanol para o abastecimento de energia a base de subprodutos da cana-de-açúcar (Sequeira; Bortoluzzi; Tortato, 2023).

Particularmente, as organizações agroindustriais têm empreendido esforços para melhorar suas práticas agrícolas (FAO, 2017). Esses esforços incluem uma série de certificações, como as da Organização Internacional de Normalização (ISO, por sua sigla em inglês), de Produção mais limpa (P+L), entre outras iniciativas internacionais e voluntárias (Desplechin, 2010; Bonsucro, 2022). Embora algumas dessas práticas de mitigação tenham sido comunicadas por meio de diferentes relatórios de sustentabilidade — relatórios baseados nos aspectos ambiental, social e de governança (ESG), nos padrões da GRI (Global Reporting Initiative) e na TFCF (Task Force on Climate-related Financial Disclosures), sendo esses os mais destacados (KPMG, 2017) —, detectou-se uma tendência na manipulação dessas informações identificadas por métodos de *greenwashing* (White; Roston, 2022).

Considerando esse contexto, o objetivo desta pesquisa é responder à seguinte questão-problema: *quais são as principais práticas organizacionais realizadas no setor sucroenergético que atendem à sustentabilidade empresarial sob a perspectiva do tripé da sustentabilidade?*

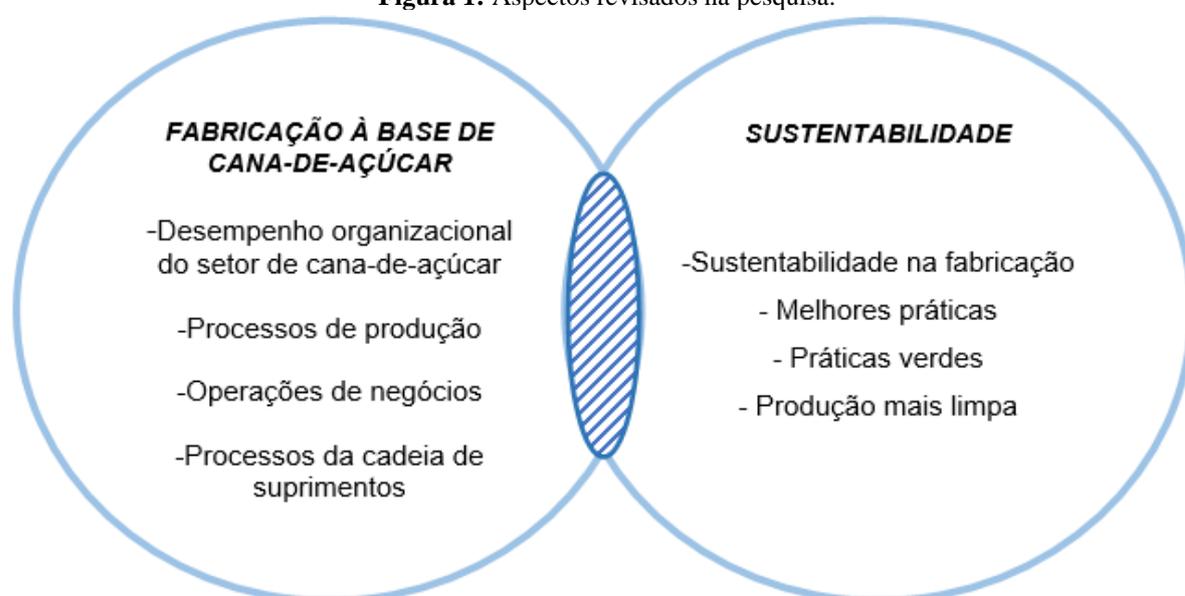
Apesar dos diferentes arcações de sustentabilidade disponíveis na literatura, é preciso alinhar de forma abrangente as práticas operacionais das indústrias no contexto da sustentabilidade, proporcionando esforços para alcançar o desenvolvimento econômico e enfatizando a prevenção e a mitigação do uso irracional dos recursos naturais do planeta, ao mesmo tempo em que se aumenta o bem-estar das comunidades (Elkington, 2013). Assim, os sistemas agrícolas em todo o mundo devem se tornar mais produtivos e menos desperdiçadores (OCDE; FAO, 2022). Quanto às práticas agrícolas e aos sistemas alimentares sustentáveis, eles devem ser desenhados, incluindo tanto sua produção quanto seu consumo, a partir de um olhar holístico e uma descrição abrangente, preferencialmente alinhada aos ODS (UN, 2015).

2 Desenvolvimento da pesquisa

A metodologia de pesquisa baseou-se em revisão da literatura e análise de conteúdo de dezessete artigos nas bases de dados da *Scopus* e da *Web of Science* (WoS). A técnica em que se baseou a investigação foi uma abordagem mista, quali-quantitativa. O atributo qualitativo esteve presente nos elementos que compuseram as categorias e nas dimensões da avaliação. Em termos quantitativos, evidenciou-se a contribuição mediante representação numérica e percentuais dos resultados obtidos.

A revisão da literatura (RL) diz respeito à integração dos aspectos das práticas de sustentabilidade na indústria sucroenergética e do desempenho das operações da cana-de-açúcar, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Aspectos revisados na pesquisa.

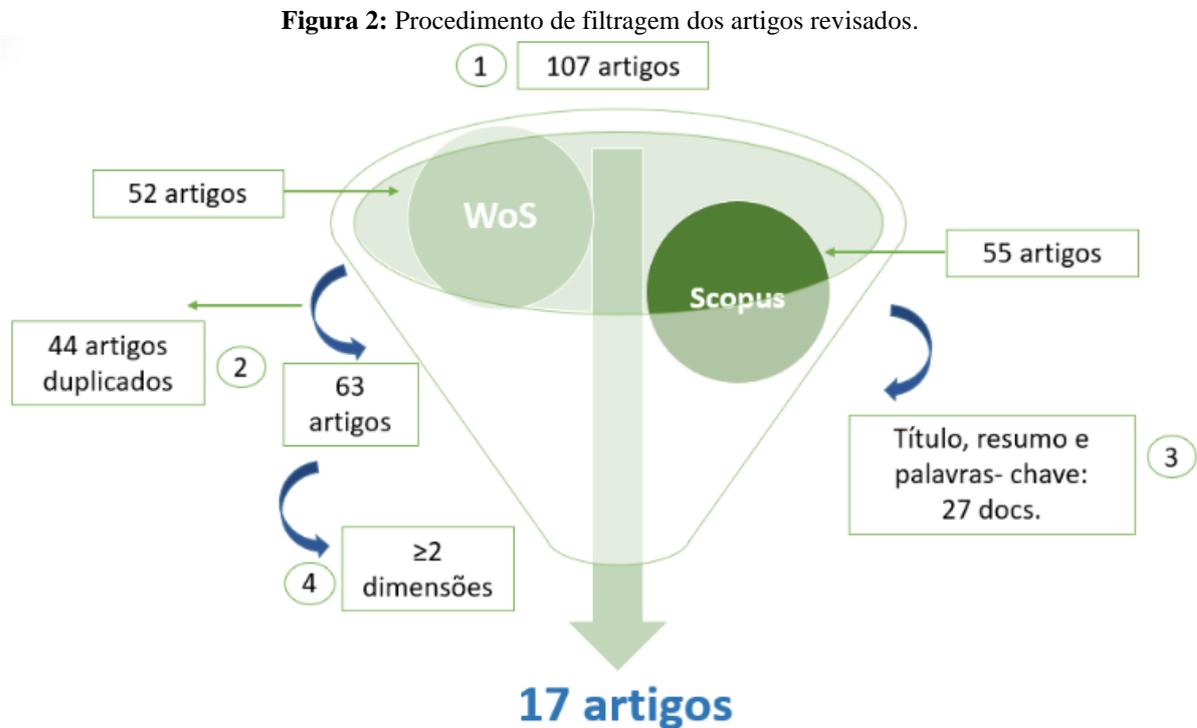


Fonte: elaborado pelos autores (2023).

O principal objetivo foi encontrar e categorizar os diferentes elementos no contexto da sustentabilidade para as dimensões econômica, social e ambiental que sustentaram as práticas organizacionais e de gestão da indústria sucroenergética, especificamente. Para operacionalizar essa intenção de pesquisa, as seguintes palavras-chave foram computadas na seção de busca avançada para ambas as bases de dados: “sugarcane industr*” OR “sugarcane mills operation* performan*” OR “sugarcane business process*” OR “sugarcane supply chain” OR “sugarcane production process*” AND “sustainability” OR “manufacturing sustainability” OR “sustainability best practice*” OR “green practice*” OR “clean* production”.

Os construtos, objetos de análise da pesquisa, considerados na Figura 1, contemplam as dimensões de desempenho com base na perspectiva do tripé de sustentabilidade (Elkington,

2013). A amostra da pesquisa foi o portfólio de artigos, considerando o processo de filtragem apresentado na Figura 2.



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Os critérios de busca definidos foram colocados nas bases de dados da *Scopus* e da *Web of Science*, conforme Figura 2. Foram recuperados 107 artigos, levando-se em consideração os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados exclusivamente em periódicos, artigos revisados por pares e artigos escritos em inglês. Os documentos duplicados que constavam nas bases foram desconsiderados. Após essa etapa, foi realizada uma leitura com base no título, resumo e palavras-chave dos 63 artigos resultantes, procedendo à exclusão dos documentos sem aderência ao estudo, derivando vinte e sete documentos. Nessa fase, o último critério aplicado a esses vinte e sete documentos considerou que deveria haver pelo menos dois dos três pilares da abordagem do tripé da sustentabilidade (Elkington, 2013) e que isso deveria estar explícito no estudo do artigo. Dessa maneira, foram excluídos dez documentos por não cumprirem essa condição. Por fim, dezessete artigos foram considerados para o portfólio da revisão da literatura e para a análise apresentada na seção de resultados.

3 Resultados

3.1 Práticas de sustentabilidade na indústria sucoenergética

Dos dezessete artigos, foram considerados relevantes aqueles que referenciavam as práticas de sustentabilidade nas operações de produção de açúcar à base de cana. Esses elementos foram destacados e categorizados para quatro segmentos: dimensão agrícola, dimensão ambiental, dimensão social e dimensão econômica, apropriando-se da abordagem apresentada no trabalho de Raza *et al.* (2021). As três últimas dimensões analisadas foram ditadas pela perspectiva do tripé da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) (Elkington, 2013).

3.2 Avaliação das práticas sustentáveis na dimensão agrícola

Os estudos contidos nesta revisão indicam que alguns atributos voltados às práticas em fazenda/campo podem contribuir às melhorias no que se refere, por exemplo, ao manejo do solo e fertilizantes. Com base nisso, os pesquisadores Sanches *et al.* (2021) conseguiram apontar alguns ganhos econômicos potenciais, ambientais e de rendimento devido ao gerenciamento da fertilidade do solo por meio de um modelo de controle de mudanças denominado Agricultura de Precisão (AP), voltado às condições do solo e dos agroquímicos específicos do local. Eles compararam essas informações com as práticas agrícolas tradicionais, enfatizando vantagens significativas em relação à AP, incluindo uma menor utilização de insumos, refletindo em menores custos de reforma de campo (3,59 US\$ Mg⁻¹) e cultivo (3,51 US\$ Mg⁻¹).

Barros *et al.* (2021) por sua vez, desenvolveram um modelo estatístico baseado em clusters para avaliar o impacto da conversão de sistemas de colheita de cana-de-açúcar queimada para a não queimada nos níveis de estoques de carbono orgânico do solo e nos compartimentos de matéria orgânica do solo, especificamente. Eles realizaram o seu estudo na região nordeste do Brasil e concluíram que a colheita sem o uso do fogo contribui para um sistema de produção mais sustentável, obtendo um melhor aproveitamento dos resíduos orgânicos, que podem retornar como nutrientes ao meio ambiente. Relacionado a esse resultado, o trabalho de Rossetto *et al.* (2022) propõe que a adoção da colheita mecânica sem queima deixa uma espessa camada de resíduos que ajuda a aumentar o nível de carbono orgânico do solo. Eles ressaltam essa melhoria nesse componente nutricional e sugerem que, com o apoio de sistemas de controle de tráfego, ainda se pode melhorar as propriedades físicas do solo, tais como maior porosidade e menor compactação nas áreas de semeadura e nas proximidades das fileiras de cana-de-açúcar (Rossetto *et al.*, 2022).

Quanto à gestão, particularmente para o caso do manejo de minerais de solo, Soltangheisi *et al.* (2019) sugeriram algumas considerações de opções mais sustentáveis para a

utilização de fósforo, estudando a eficiência produtiva desse mineral e, com base nisso, propuseram um modelo que visa a redução da dependência de fertilizantes inorgânicos de fósforo importados para uso agrícola.

3.3 Avaliação das práticas sustentáveis na dimensão meio ambiental

O elemento ambiental tem sido uma questão relevante que vem ganhando espaço quanto a posicionamentos que influenciam a maneira como as indústrias operam. Uma amostra é a análise de 26 usinas sediadas na região Centro-Oeste do Brasil, desenvolvida pelos pesquisadores Viana e Perez (2013), segundo a qual, em relação a dados ambientais, aproximadamente 91% das usinas pesquisadas cumpriam integralmente as normas vigentes para a emissão de poluentes atmosféricos, mas nenhuma das usinas de etanol estudadas possuía um sistema bem estabelecido para calcular essas emissões de CO₂. Ainda nessa linha, a pesquisa de Rein (2010) revela que essas emissões, principalmente provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados e cal nos campos, respondem por quase 50% das emissões das operações agrícolas e outros 10-15% da queima da cana-de-açúcar. Hun, Mele e Pérez (2016) acrescentam que mais de 50% do impacto nas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) é, de fato, herdado da fase agrícola.

Como maneira de contribuir com esses aspectos, Rein (2010) propôs um modelo para estimar as emissões geradas pela produção de açúcar bruto, segundo o qual a pegada de carbono do açúcar até o portão da fábrica (análise *cradle-to-gate*) não deve exceder 0,3 g de CO₂eq/g de açúcar em média, em conformidade com os padrões de sustentabilidade estabelecidos pela Bonsucro (2022), da *Better Sugarcane Initiative*, organização sem fins lucrativos que prega a sustentabilidade da indústria.

A partir de uma abordagem ecossistêmica, Ferreira, Chiareto e Mascena (2019) apresentaram alguns resultados de operação voltados às dimensões social e ambiental de certas usinas no Brasil. Esses autores observaram que as práticas sustentáveis empreendidas por essas usinas buscam a preservação e a proteção ambiental, e que a incorporação delas leva a um melhor desempenho financeiro organizacional. Desde uma ótica parecida, no estudo de Viana e Perez (2013) concluiu-se que, das empresas investigadas, 45% possuíam algum tipo de certificação e apenas duas possuíam certificação ISO 14001, enquanto outras 45% relataram possuir a certificação Reserva Particular de Propriedade Natural (RPPN).

Da perspectiva dos pesquisadores Rossetto *et al.* (2022), as questões ambientais no setor sucroenergético começaram a se tornar mais relevantes devido ao valor do etanol como

combustível renovável. Segundo eles, esse biocombustível também faz parte da solução para mitigar as emissões de GEE em combate às mudanças climáticas globais.

Todavia, tratando das soluções de mitigação de impacto ambiental, Gallardo, Duarte e Dibo (2016) desenharam um framework denominado Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) para o planejamento da expansão da cana-de-açúcar no Brasil, convergindo com o Plano Decenal de Expansão Energética PDE 2020. Esse estudo considerou a capacidade de renovação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas Turvo e Grande, junto às melhores práticas internacionais de operação.

Desde o ponto de vista da avaliação do ciclo de vida (ACV), Hun, Mele e Pérez (2016) concluíram que as práticas associadas ao uso de altos níveis de tecnologia no setor sucroenergético têm conseguido diminuir os impactos ambientais em relação às operações do setor. Esses pesquisadores argumentaram também que essas melhorias devem ser acompanhadas do uso apropriado de fertilizantes de menor impacto (compostagem) e dos biocombustíveis ao invés de combustíveis fósseis para, desse modo, obter resultados mais efetivos. Da mesma forma, Rossetto *et al.* (2022) defendem que a apropriação desse tipo de práticas de conservação tende a melhorar a sustentabilidade no setor.

3.4 Avaliação das práticas sustentáveis na dimensão social

A questão mais discutida de sustentabilidade social surgiu da transição da colheita manual para a totalmente mecanizada, diretamente relacionada às condições de trabalho. Por exemplo, Sawaengsak, Prasara-A e Gheewala (2021) avaliaram impactos a partir de uma perspectiva socioeconômica orientada à transição de emprego e salário/renda pagos dentro do setor de produção de cana-de-açúcar na Tailândia. Eles mostraram que essa migração de recursos humanos poderia ser direcionada para outros cenários produtivos, sendo o mais adequado, segundo eles, o da colheita mecanizada. Entretanto, indicaram que será necessária a aquisição de novas competências técnicas e, com isso, uma gestão adequada dos recursos humanos (Sawaengsak; Prasara-A; Gheewala, 2021).

Em matéria de compliance, Viana e Perez (2013) estudaram 26 usinas de etanol no Brasil e constataram que 90% delas estão cientes das convenções ditadas pela Organização Internacional do Trabalho (OIT). Além disso, essas usinas praticam suas operações em conformidade com o Compromisso Nacional para a melhoria das condições de trabalho do setor sucroalcooleiro (Brasil, 2009), que visa promover a educação, o lazer, a cultura, o esporte e o fomento de doações no contexto das comunidades ligadas à indústria sucroenergética.

Observando a esfera da saúde e segurança ocupacional, Chavez *et al.* (2020) destacaram que a prática de colheita manual no nordeste brasileiro tem registrado uma maior ocorrência de acidentes de cunho ocupacional devido a uma maior quantidade de mão de obra destinada a essa atividade. Outro aspecto diz respeito aos impactos socioambientais atrelados às condições trabalhistas no campo, como doenças respiratórias relacionadas à queima da cana, e casos de insuficiência renal, decorrentes da falta de hidratação. Isso poderia explicar um menor rendimento agrícola nessa região (Chavez *et al.*, 2020). Nesse sentido, estudos mais recentes como os de Rossetto *et al.* (2022), Sawaengsak, Prasara-A e Gheewala (2021) e Singh, Srivastava e Jangirala (2021) concordaram que as políticas públicas são necessárias para obter um melhor resultado para a transição, além de estabelecer-se uma sinergia com programas de gestão de recursos humanos, também indicado enfaticamente no estudo de Ferreira, Chiareto e Mascena (2019).

Chaddad (2010) também ressalta que a Responsabilidade Social Empresarial (RSE) das organizações envolvidas deve desempenhar um papel predominante na gestão de mudanças no que diz respeito ao método de colheita. Ele sugere um acompanhamento junto a programas de capacitação e implementação de cursos técnicos, bem como políticas públicas que propiciem incentivos aos agricultores e um desenvolvimento tecnológico rumo a um caminho mais sustentável, assim também reforçado pelo trabalho de Soltangheisi *et al.* (2019).

Um estudo realizado por Hurly *et al.* (2015) apontou que pequenos produtores poderiam melhorar seus resultados e sua lucratividade dentro do setor. Eles consideraram, dada a complexidade dos meios de subsistência dos pequenos produtores, que os produtores só poderiam alcançar a sustentabilidade econômica pelo reconhecimento, dentro do setor, do: desenvolvimento abrangente das áreas rurais, em parceria com todas as partes interessadas; uso de uma abordagem multissetorial; apropriação dos princípios da ISO 26000; e a construção sob a perspectiva dos sucessos passados das instituições na indústria (Hurly *et al.*, 2015).

A partir de um foco colaborativo, Singh, Srivastava e Jangirala (2021) acreditam em condições ganha-ganha por meio de modelos que possibilitam a vantagem competitiva para o setor sucroenergético como um todo. Consideram que esses modelos contêm, de forma inerente, uma condição *sine qua non* pela qual agricultores, usinas e governo deveriam trabalhar sob uma forma colaborativa, transparente e inovadora.

3.5 Avaliação das práticas sustentáveis na dimensão econômica

Os autores Chouhan, Khan e Hajiaghaei-Keshteli (2022) sugerem que a adoção de uma abordagem de economia circular no contexto do setor sucroenergético poderia gerar novas oportunidades e ocupações, juntamente com um declínio no custo total e um aumento no lucro para todas as indústrias participantes. Entretanto, de acordo com eles isso pode representar uma série de barreiras à implantação, especialmente em termos de restrições econômicas.

Soltangheisi *et al.* (2019) tentaram aplicar esses princípios propondo uma estratégia circular derivada de uma estrutura chamada 5R (realinhamento, redução, reciclagem, resgate e redesenho). Essa estrutura objetiva o melhoramento na utilização efetiva do fósforo e o aumento da eficiência da produção sustentável de cana-de-açúcar no Brasil até 2050, incluindo seus biorrecursos. Esses biorrecursos, como torta de filtro, palha e vinhaça, fazem parte também da discussão do estudo de Rossetto *et al.* (2022), uma vez que aborda as suas aplicações agrícolas. Eles evidenciaram que esses recursos reduzem efetivamente o custo de fertilizantes e chegam a melhorar as propriedades do solo quando aplicados. De forma geral, a torta de filtro e a vinhaça podem ser boas fontes de nutrientes vegetais e de matéria orgânica (Rossetto *et al.*, 2022). Por fim, pode-se concordar que os resíduos agroindustriais gerados na produção e no processamento da cana-de-açúcar podem ser utilizados como biorrecursos para serem empregados em outros processos e podem ser gerenciados integralmente no sistema de produção, o que contribui para uma economia mais circular (Soltangheisi *et al.*, 2019; Rossetto *et al.*, 2022).

Nessa mesma linha, o estudo realizado por Raza *et al.* (2021) aponta que a utilização de subprodutos da cana-de-açúcar pode ser uma fonte de combustível mais barata, como, por exemplo, a fibra do bagaço para a produção de energia limpa, distante do que argumentava Nel (2010), para quem o bagaço poderia ter mais valor econômico como insumo de biorrefinaria do que como combustível sólido. Para o pesquisador sul-africano, essa estratégia poderia trazer também alterações na relação econômica entre o produtor e a fábrica, uma vez que os produtores estão habituados a serem pagos pelo conteúdo de açúcar, ao invés de um modelo baseado em biorrefinaria, em que teria de ser concebido um regime de remuneração que garantisse uma compensação equitativa para todas as partes envolvidas (Nel, 2010).

Raza *et al.* (2021) também apresentaram diferentes alternativas para a utilização dos subprodutos derivados do processo produtivo da cana-de-açúcar, que poderiam melhorar o manejo agrícola, incluindo propriedades de sequestro de carbono, remoção de fenol da água e mitigação da erosão do solo, resultando em benefícios significativos. Isso tem a ver com o estudo de Nel (2010) sobre recursos renováveis, que destacou a possibilidade de esses recursos serem transformados em produtos de base biológica, usando processos biotecnológicos —

incluindo enzimas e microrganismos — para serem refinados em produtos químicos finos e a granel, farmacêuticos, alimentícios, têxteis, energéticos e em polímeros, celulose e papel. Em resumo, esses estudos acreditam que a produção de biomateriais a partir de recursos renováveis utilizando biotecnologias constitui uma fonte de oportunidades inestimáveis para que a indústria da cana-de-açúcar garanta a sua sustentabilidade (Nel, 2010; Raza *et al.*, 2021).

Desde uma perspectiva baseada em dados, Chouhan, Khan e Hajiaghahi-Keshteli (2022) propuseram uma ótima solução de fluxo de oferta/demanda para subprodutos da cana-de-açúcar, com foco na minimização de resíduos para a seleção de estratégias de reutilização adequadas, considerando a rede de *stakeholders* (produtores, usinas, distribuidores, fornecedores de açúcar, unidades de compostagem e fornecedores de compostagem). Da mesma forma, em um estudo baseado na abordagem dinâmica de sistemas (ADS), Singh, Srivastava e Jangirala (2021) tentaram modelar a dinâmica da sustentabilidade da indústria de cana-de-açúcar relacionada à questão do backlog dentro da cadeia de suprimentos a montante. Com isso, eles analisaram o impacto das várias alternativas disponíveis sugeridas pelo modelo (Singh, Srivastava e Jangirala, 2021).

Chavez *et al.* (2020) contribuíram com a aplicação de um modelo linear estocástico misto multiobjetivo que considera a sincronização das seguintes tarefas agrícolas: i) programação de corte de cana-de-açúcar (mecânica vs. manual); ii) manutenção de colheitadeira e elevador; e iii) diferentes combinações de transporte de carga e suas extensões. Com isso, estabeleceram uma programação das operações com uma abordagem sustentável relacionando essas atividades.

3.6 Práticas da indústria do açúcar no contexto da sustentabilidade

Em relação à análise da revisão de literatura das práticas de sustentabilidade no setor sucroenergético, vinte categorias foram identificadas e agrupadas contendo elementos de práticas de sustentabilidade para os seguintes critérios de avaliação: agrícola, ambiental, social e econômico, com base em critérios propostos no estudo de Raza *et al.* (2021). Dessa maneira, foram agrupadas quatro categorias para a dimensão agrícola, quatro para a ambiental, cinco para a social e sete para a econômica. Essa distribuição e suas respectivas dimensões de avaliação são apresentadas no quadro II.

Dessa maneira, as categorias encontradas inserem-se na dimensão correspondente para cada prática dentro do contexto da sustentabilidade. Por exemplo, a categoria gestão de recursos hídricos (WRM) é discutida pelos autores Gallardo, Duarte e Dibo (2016) e Rein (2010) e

identificada conforme o Quadro 2. Esse processo simplificou a atribuição de categorias com as dimensões estabelecidas para cada um dos artigos incluídos na revisão.

Quadro 2: Categorias definidas com base na revisão da literatura.

Item	Dimensão	Categoria	Abreviatura
1	Agrícola	Manejo de solos e fertilizantes	SFM
2		Certificações em sustentabilidade	CSS
3		Técnicas avançadas de recuperação total do açúcar	TRST
4		Gestão das atividades agrícolas (<i>green cane management</i>)	GCM
5	Meio Ambiental	Gestão dos gases com efeito de estufa	GHGM
6		Aspectos ambiental, social e de governança	ESG
7		Gestão dos recursos hídricos	WRM
8		Práticas de conservação do patrimônio ambiental	EPCP
9	Social	Gestão da cadeia de abastecimento	SCM
10		Transição do método de colheita	HMT
11		Relações com os <i>stakeholders</i>	STKR
12		Responsabilidade social empresarial	CSR
13		Políticas públicas	PP
14	Econômico	Práticas de economia circular	CEP
15		Gestão sustentável da energia	SEM
16		Avaliação do ciclo de vida	LCA
17		Aplicações de transformação digital	DTA
18		Resultados na rentabilidade	PTYR
19		Melhoria da circularidade dos subprodutos	BPCE
20		Aplicações de modelos matemáticos	MMA

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Quadro 3: Práticas de sustentabilidade nas operações da indústria do açúcar.

Autores	Elemento agricultura				Elemento meio ambiental				Elemento social				Elemento econômico						Total por estudo			
	SFM	CSS	TRST	GCM	GHGM	ESG	WRM	EPCP	SCM	HMT	STKR	CSR	PP	CEP	SEM	LCA	DTA	PTYR		BPCE	MMA	
Chouhan et al. (2022)					✓				✓	✓				✓					✓	✓	6	
Rosseto et al. (2022)	✓			✓	✓				✓	✓	✓			✓	✓	✓				✓	10	
Sanches et al. (2021)	✓			✓													✓	✓		✓	5	
Sawaengsak et al. (2021)									✓	✓									✓		3	
Singh et al. (2021)			✓								✓		✓							✓	4	
Silva Barros et al. (2021)	✓									✓										✓	3	
Raza et al. (2021)	✓			✓							✓							✓	✓		5	
Morales Chavez et al. (2020)				✓						✓										✓	3	
Soltangheisi et al. (2019)	✓			✓										✓						✓	4	
Ferreira et al. (2019)		✓				✓	✓		✓												4	
Nishihara Hun et al. (2017)				✓												✓	✓			✓	4	
Gallardo et al. (2016)	✓						✓	✓							✓						4	
Hurly et al. (2015)									✓		✓		✓							✓	4	
Viana e Perez (2013)		✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓						✓	9	
Rein (2010)	✓	✓	✓	✓	✓				✓					✓	✓						8	
Chaddad (2010)		✓								✓		✓								✓	4	
Nel (2010)										✓				✓			✓	✓			4	
Total elementos por categoria	7	4	2	5	5	1	2	3	5	7	7	2	4	3	5	2	2	2	6	7	5	84

Abreviações: SFM: Manejo de solos e fertilizantes; CSS: Certificações em sustentabilidade; TRST: Técnicas avançadas de recuperação total do açúcar; GCM: Gestão das atividades agrícolas; GHGM: Gestão dos gases com efeito de estufa; ESG: Aspectos ambiental, social e de governança; WRM: Gestão dos recursos hídricos; EPCP: Práticas de conservação do património ambiental; SCM: Gestão da cadeia de abastecimento; HMT: Transição do método de colheita; STKR: Relações com os stakeholders; CSR: Responsabilidade social empresarial; PP: Políticas públicas; CEP: Práticas de economia circular; SEM: Gestão sustentável da energia; LCA: Avaliação do ciclo de vida; DTA: Aplicações de transformação digital; PTYR: Resultados na rentabilidade; BPCE: Melhoria da circularidade dos subprodutos; MMA: Aplicações de modelos matemáticos.

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

3.7 Discussão das práticas de sustentabilidade na indústria do açúcar

Pode-se apreciar ainda, no Quadro 3, que o artigo que apresenta mais elementos de práticas no contexto da sustentabilidade é o publicado por Rossetto *et al.* (2022), com 10 categorias identificadas e distribuídas para as quatro dimensões, seguido do artigo de Viana e Perez (2013), com 9 elementos, e o de Rein (2010), com 8 elementos.

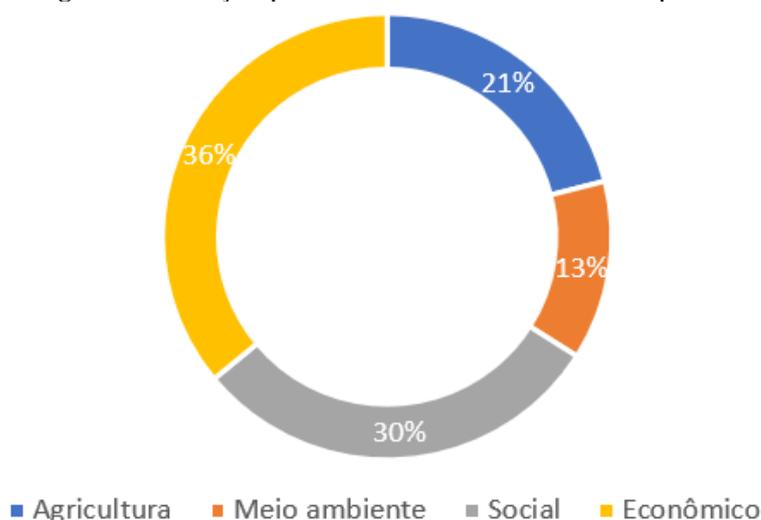
Da mesma forma, a categoria mais frequente apresentada nos artigos para a dimensão agrícola foi a de manejo de solo e fertilizantes (SFM), com 7 ocorrências, seguida por manejo de cana verde (GCM), com 5. Do mesmo modo, para a dimensão ambiental, as categorias com maior presença foram a de gerenciamento de gases de efeito estufa (GHGM), seguida pelas práticas de conservação patrimonial ambiental (EPCP), com 5 e 3 aparições, respectivamente. Para a dimensão social, a categoria mais representativa foi a técnica do método de colheita (HMT) e relações com *stakeholders* (STKR), aparecendo 7 vezes para ambas as categorias. Por

fim, para a dimensão econômica, as categorias que tiveram a participação mais representativa foram aprimoramento da circularidade dos subprodutos (BPCE) e rentabilidade (PTYR), com 7 e 6 menções, respectivamente.

À medida que a revisão ia sendo construída, essas questões foram emergindo e consequentemente dividindo-se nessas vinte categorias, obtendo-se um total de oitenta e quatro elementos identificados no portfólio de artigos revisados que discutem as práticas de sustentabilidade nas operações da indústria sucroenergética.

Em termos de avaliação das dimensões, percebeu-se um viés mais representativo em relação às práticas operacionais orientadas aos critérios econômicos, com uma participação de 36%, conforme mostrado na Figura 4. Isso pode ser explicado pelo fato de que as empresas, desde a sua concepção, buscam formas de lucrar com as unidades de negócios e fazem esforços buscando a excelência em produtividade e, com isso, manter uma vantagem competitiva no mercado ao longo do tempo. Exemplos disso, e ainda respaldado nos artigos, são os investimentos em novas tecnologias relacionadas à indústria 4.0, como mecanismos de irrigação baseados em sistemas de geoposicionamento e internet das coisas (IoT) (Sanches *et al.*, 2021), o uso de drones para irrigação de água e nutrientes e outras tecnologias de alto nível (Hun; Mele; Pérez, 2016), aplicações de tecnologias limpas em processos de produção (Raza *et al.*, 2021), para citar alguns.

Figura 4: Avaliação quantitativa das dimensões de desempenho.



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Quanto à dimensão social, representada por 30%, trata de alguns aspectos da gestão do trabalho e da transferência dos métodos de transformação nos campos agrícolas (Barros *et al.*, 2021; Chaddad, 2010; Chavez *et al.*, 2020; Ferreira; Chiareto; Mascena, 2019; Rein, 2010;

Rossetto *et al.*, 2022; Sawaengsak; Prasara-A; Gheewala, 2021). Além disso, a conformidade com os princípios dos padrões internacionais de trabalho estabelecidos pelo Pacto Global da ONU é um vestígio de que o setor está buscando entender que a dinâmica das operações deve ser mais justa e equitativa em todas as operações comerciais da cadeia de suprimentos (Hurly *et al.*, 2015; Viana; Perez, 2013).

Para a dimensão agrícola, com uma representatividade de 21%, são significativas as iniciativas com indicações sobre as práticas de recirculação de subprodutos das usinas para uso nos campos como nutrientes para fertirrigação (Chouhan; Khan; Hajiaghaei-Keshteli, 2022; Hun; Mele; Pérez, 2016; Nel, 2010; Raza *et al.*, 2021; Rossetto *et al.*, 2022; Soltangheisi *et al.*, 2019; Viana; Perez, 2013). Isso poderia fornecer alguma evidência ou noção de esforços de design de processos inspirados em teorias e metodologias recentemente propostas, como: economia circular, *cradle-to-cradle* e economia regenerativa. Além disso, as propostas de otimização das operações entre o campo e a fábrica são relevantes, pois as inconsistências refletidas em atrasos podem levar a problemas de qualidade na cana entregue na porta da fábrica (Chouhan; Khan; Hajiaghaei-Keshteli, 2022; Singh; Srivastava; Jangirala, 2021).

Por fim, a dimensão ambiental foi representada por 13%. Os esforços estão contidos na redução das emissões de gases de efeito estufa (Chouhan; Khan; Hajiaghaei-Keshteli, 2022; Hun; Mele; Pérez, 2016; Rein, 2010; Rossetto *et al.*, 2022; Viana; Perez, 2013) e na promoção da conservação de recursos naturais e florestas (Ferreira; Chiareto; Mascena, 2019; Gallardo; Duarte; Dibo, 2016; Viana; Perez 2013), em particular. Essas práticas ambientais podem ser explicadas pela pressão imposta por programas de agências unilaterais para que países e empresas realizem essas atividades. Exemplos disso são as Contribuições Nacionalmente Determinadas (CND), as metas do Acordo de Paris, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, o NetZero 2050, entre outros.

4 Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo compreender as principais práticas organizacionais do setor sucroenergético no contexto da sustentabilidade, levando em consideração a perspectiva do tripé da sustentabilidade. Essa análise mais aprofundada é oportuna para se ter uma ideia do impacto que os processos da indústria sucroenergética ocasionam no meio ambiente e na sociedade. Também se pode vislumbrar que o setor realiza atividades à montante e à jusante que podem ajudar a cumprir alguns dos objetivos de desenvolvimento sustentável, por exemplo:

ODS2 e ODS7. Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi respondido, pois identificou a atuação da indústria do açúcar a partir de uma abordagem do tripé da sustentabilidade.

Foram elencadas vinte categorias diferentes e analisados oitenta e quatro elementos neste estudo. Verificou-se que a categoria mais praticada é a gestão do solo e dos fertilizantes na dimensão agrícola, a transição do método de colheita e a relação com as partes interessadas ou *stakeholders* na dimensão social, a gestão da circularidade dos subprodutos e o gerenciamento das emissões dos gases de efeito estufa nas dimensões econômica e ambiental, respectivamente. A avaliação das dimensões resultou em uma classificação entre os critérios, com a predominância dos critérios econômicos, com 36%, seguidos dos sociais, com 30%, dos agrícolas, com 21%, e, finalmente, dos ambientais, com 13%.

É relevante destacar que há aspectos da literatura ausentes nos resultados da investigação, como as aplicações de metodologias internacionais de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, é apropriado mencionar que nenhum dos documentos discutiu as estruturas de sustentabilidade ESG com um foco claro, a Responsabilidade Estendida do Produtor ou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Isso abre uma janela de oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas alinhadas a esses marcos internacionais, a fim de integrar sistemas agroindustriais resilientes que garantam o alcance de importantes objetivos globais, como a segurança alimentar e a transição para o uso de energias renováveis.

Este estudo tem implicações práticas, pois a análise destaca as principais práticas de sustentabilidade do setor sucroenergético, podendo auxiliar na tomada de decisões ou na definição de parâmetros de indicadores de desempenho. A pesquisa também apresenta algumas limitações, pois utilizou apenas duas bases de dados, a *Scopus* e a *Web of Science*. Para futuras investigações, recomenda-se o uso de mais bases de dados, como *Francis & Taylor*, *Wiley*, *Google Scholar*. Além disso, uma validação de referências cruzadas seria uma oportunidade de compreender de maneira mais aprofundada o estado da arte em relação a esses tópicos. Por fim, a análise realizada fornece algumas bases para estudos futuros, como a modelação multicritério baseada em práticas de sustentabilidade para o suporte das avaliações de modelos de maturidade agroindustrial e da definição de fatores críticos de desempenho para o setor sucroenergético.

Referências

AMANN, M. *et al.* **Measures to address air pollution from agricultural sources.** International Institute for Applied System Analysis (IIASA report). Laxenburg: Austria, 2017.

- BARROS, D. *et al.* Effect of Sugarcane Harvesting Systems on Soil Organic Matter in Northeastern Region of Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 52, n. 14, p. 1657-1668, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1892725>.
- BONSUCRO (UK). **Bonsucro Production Standard**: v. 5.1. London, 2022. Disponível em: <https://d24000000cewpeai.my.salesforce.com/sfc/p/#24000000ceWp/a/4H000002Wojl/M8NHtQT7bQDpqrkdeHLwp.0Q3EvEZ8r1dZef.faoYn2I>. Acesso em: 28 fev. 2023.
- BRASIL. Gabinete Ministerial. Secretaria-Geral da Presidência da República. **Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar**. Brasília, 2009. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/343/1/Compromisso%20Nacional%20para.pdf>. Acesso em: 13 maio 2023.
- CHADDAD, F. R. UNICA: challenges to deliver sustainability in the Brazilian sugarcane industry. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 13, n. 4, p. 173-192, 2010.
- CHAVEZ, M. M. M. *et al.* Multiobjective stochastic scheduling of upstream operations in a sustainable sugarcane supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, dez., 2020.
- CHOUHAN, V. K.; KHAN, S. H.; HAJIAGHAEI-KESHTELI, M. Sustainable planning and decision-making model for sugarcane mills considering environmental issues. **Journal of environmental management**, n. 303, 114252, 2022.
- DESPLECHIN, E. The Brazilian sugarcane ethanol industry's approach to certification. **Sugar Industry/Zuckerindustrie**, v. 135, n. 4, p. 222-225, 2010. DOI: <https://doi.org/10.36961/si9611>.
- EKINS, P. *et al.* The circular economy: What, why, how and where. **Background paper for an OECD/EC Workshop**, Paris, 5 jul. 2019.
- ELKINGTON, J. Enter the triple bottom line. **The Triple Bottom Line: Does it All Add Up**, v. 1, n. 1986, p. 1-16, 2013.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy**: Economic and business rationale for an accelerated transition. 2013. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Circular%20economy%202.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2023.
- CIRCULAR Economy. **Eurostat**. 2015. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy>. Acesso em: 23 set. 2023
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**: Relatório Brundtland. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **A Literature Review on Frameworks and Methods for Measuring and Monitoring Sustainable Agriculture**. 2017.

FAOSTAT. **Livestock products**. Food and the Agriculture Organization of the United States, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 24 mar. 2023.

FERREIRA, A. A.; CHIARETO, J.; MASCENA, K. M. C. de. Sustainability practices and performance in the sugar and ethanol industry. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 57-75, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v13i1.1659>. Disponível em: <https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/1659/pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

GALLARDO, A. L. C. F.; DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A. Strategic environmental assessment for planning sugarcane expansion: A framework proposal. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 67-92, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC127007V1922016>.

HUN, A. L. N.; MELE, F. D.; PÉREZ, G. A. A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of Tucumán (Argentina) considering different technology levels. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, p. 502-515, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1047-3>.

HURLY, K. M. *et al.* Roadmap for small-scale grower sustainability. **Proceedings of the Annual Congress**, South African Sugar Technologists Association, n. 88, p. 318-336, 2015.

KPMG. **The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2017**. 2017. Disponível em: www.kpmg.com/crreporting. Acesso em: 5 mar. 2023.

NEL, S. The potential of biotechnology in the sugarcane industry: are you ready for the next evolution? **International Sugar Journal**, v. 112, n. 1333, p. 11-16, jan., 2010.

OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031**. Paris: OECD Publishing, 2022. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1787/F1B0B29C-EN>. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/f1b0b29c-en.pdf?expires=1699635101&id=id&acname=guest&checksum=A3930B3835858FA11CB5405029715E43>. Acesso em: 5 jun. 2023.

RAZA, Qurat-Ul-Ain *et al.* Sugarcane industrial byproducts as challenges to environmental safety and their remedies: a review. **Water**, v. 13, n. 24, 3495, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13243495>.

REIN, P. W. The carbon footprint of sugar. **Sugar Industry/Zuckerindustrie**, v. 135, n. 7, p. 427-434, 2010. DOI: <https://doi.org/10.36961/si10006>.

ROSSETTO, R. *et al.* Sustainability in sugarcane supply chain in Brazil: Issues and way forward. **Sugar Tech**, v. 24, n. 3 p. 941-966, 2022.

SALAZAR, G.; CERNA, N. Sustainability and the future of the commons. An epistemological examination. **Global changes: Ethics, politics and environment in the contemporary technological world**, p. 111-119, 2020.

SANCHES, G. M. *et al.* Agronomic, economic, and environmental assessment of site-specific fertilizer management of Brazilian sugarcane fields. **Geoderma Regional**, v. 24, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00360>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352009421000055>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SAWAENGSAK, W.; PRASARA-A, J.; GHEEWALA, S. H. Assessing the socio-economic sustainability of sugarcane harvesting in Thailand. **Sugar Tech**, v. 23, p. 263-277, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00888-x>.

SEQUEIRA, Q. D.; BORTOLUZZI, S.; TORTATO, U. Contribuciones del sector azucarero a los ods: una evaluación de la industria por medio de sus informes de sostenibilidad. **Revista SODEBRAS**, v. 18, p. 132-141, jun., 2023. DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.18.2023.210.132>.

SINGH, S.; SRIVASTAVA, S. K.; JANGIRALA, S. System dynamics analysis of sugarcane supply chain in Indian sugar industry. **Global Business Review**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/0972150921999521>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0972150921999521>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SOLTANGHEISI, A. *et al.* Improving phosphorus sustainability of sugarcane production in Brazil. **Gcb Bioenergy**, v. 11, n. 12, p. 1444-1455, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12650>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12650>. Acesso em: 10 nov. 2023.

United Nations (UN). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2023.

VIANA, K. R.O.; PEREZ, R. Survey of sugarcane industry in Minas Gerais, Brazil: Focus on sustainability. **Biomass and Bioenergy**, v. 58, p. 149-157, nov., 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.08.006>.

WBSCD. **Time to transform**. 2021. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/11765/177145/1>. Acesso em: 2 fev. 2023.

WHAT is the Doughnut? **Doughnuts Economics**, 2023. Disponível em: <https://doughnuteconomics.org/about-doughnut-economics#what-is-the-doughnut>. Acesso em: 14 fev. 2023.

WHITE, N.; ROSTON, E. Money Pouring Into Fossil Fuels Risks Climate Disaster, UN REPORT Warns. **Bloomberg**, 5 abr. 2022. Disponível em: [https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-05/-misallocated-capital-raises-climate-risks-un-report-warns?.](https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-05/-misallocated-capital-raises-climate-risks-un-report-warns?) Acesso em: 20 fev. 2023.

WWF. **Living Planet Report**. 2020. Disponível em: https://files.worldwildlife.org/wwfcmprod/files/Publication/file/279c656a32_ENGLISH_FULLL.pdf?_ga=2.257817163.1552648560.1699634066-2044737497.1699634066. Acesso em: 10 nov. 2023.