Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM UMA AGROINDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN A SUGAR AND ALCOHOLIC AGROINDUSTRY

Jean de Matos Silva[I]
Fernanda de Freitas Borges[II]
Celso Antonio Jardim[III]

RESUMO

As técnicas atuais de cultivo demonstram a necessidade de moderar o uso de insumos agrícolas, devido aos impactos causados na natureza e, sendo assim se faz necessário ter um olhar mais crítico para esta questão. Para minimizar esses impactos, é preciso criar e implantar novas técnicas de cultivo, a fim de tornar essa prática ambientalmente sustentável. Neste sentido, o trabalho tem como objetivo analisar a sustentabilidade ambiental em uma agroindústria de cana de açúcar através do uso de indicadores. Para a realização da análise foram utilizados indicadores ambientais. Os resultados demonstraram uma média sustentabilidade, os melhores valores obtidos foram para conservação da biodiversidade e manutenção dos habitats e os piores foram em relação ao uso de insumos químicos, uso da água e espécies exóticas. Concluiu-se que o atendimento à legislação ambiental vigente é necessário para garantir a preservação dos habitas e da diversidade biológica, que contribui para a ecologia dos ambientes. Porém, outras medidas podem ser tomadas para aumentar a sustentabilidade ambiental, como melhorias das técnicas de irrigação, reuso, integração com espécies vegetais nativas e diminuição do uso de insumos químicos.

Palavras-chave: indicadores; produção de cana-de-açúcar; sustentabilidade.

ABSTRACT

Current cultivation techniques demonstrate the need to moderate the use of agricultural inputs, due to the impacts caused on nature and, therefore, it is necessary to take a more critical look at this issue. To minimize these impacts, it is necessary to create and implement new cultivation techniques in order to make this practice environmentally sustainable. In this sense, the work aims to analyze environmental sustainability in a sugar cane agribusiness through the use of indicators. To carry out the analysis, environmental indicators were used. The results demonstrated average sustainability, the best values obtained were for biodiversity conservation and maintenance of habitats and the worst were in relation to the use of chemical inputs, water use and exotic species. It was concluded that compliance with current environmental legislation is necessary to guarantee the preservation of habitats and biological diversity, which contributes to the ecology of environments. However, other measures can be

[I] Estudante do curso superior de Tecnologia em Gestão Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: matosjean2009@hotmail.com
[II] Docente da Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: fernanda.borges@fatec.sp.gov.br
[II] Docente da Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: celso.jardim@fatec.sp.gov.br

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

taken to increase environmental sustainability, such as improvements in irrigation techniques, reuse, integration with native plant species and reducing the use of chemical inputs.

Keywords: indicators; sugar cane production; sustainability.

Data de submissão do artigo: 03/10/2024.
Data de aprovação do artigo: 22/04/2025.
DOI: 10.52138/citec.v17i01.393

1 INTRODUÇÃO

A produção sucroalcooleira no Brasil vem se expandido nos últimos anos devido a crescente demanda por açúcar e álcool e, diante disso, houve um aumento na mudança das paisagens naturais e na qualidade ambiental, afetando a qualidade do ar, do solo e dos rios e a biodiversidade (Silva, 2010).

Segundo Alvarenga e Queiroz (2007), os impactos negativos na área agrícola que mais merecem destaque são a redução da biodiversidade causada pelo desmatamento e pela implantação da monocultura canavieira, contaminação das águas superficiais e do solo através da prática excessiva de adição de adubos, corretivos minerais e aplicação de herbicidas (uso desregulado de subprodutos da indústria), compactação do solo devido o tráfego de maquinaria pesada durante o plantio, os tratos culturais, a colheita mecanizada e o assoreamento de corpos d'água devido à erosão do solo em áreas de renovação de lavoura.

Com esse aumento de produção da cana-de-açúcar nas agroindústrias nos últimos anos, se faz necessário repensar em uma forma de melhoria contínua em seus processos. A produção mais limpa busca gerir os processos produtivos conjuntamente com uma política correta com o meio ambiente, de modo que no primeiro momento se tenham as mínimas perdas de recursos e posteriormente se consigam ganhos financeiros baseados na diminuição de desperdícios (Carneiro; Souza, 2020).

Uma forma de se medir os impactos causados por uma atividade e a sustentabilidade é através do uso de indicadores, pois segundo Mares *et al*. (2020), estes possuem uma função fundamental de indicar a direção ou tendência do seu desenvolvimento e podem ser mensurados de forma qualitativa ou quantitativa. Esses indicadores podem gerar certificados ambientais, tendo em vista garantir processos com menor impacto no meio ambiente.

Com isso, este trabalho tem como objetivo avaliar a sustentabilidade ambiental da produção de cana-de-açúcar em uma agroindústria sucroalcooleira utilizando indicadores.

2 DEMANDAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

A cana-de-açúcar é uma matéria prima de grande importância econômica para o Brasil e, segundo Machado (2003), talvez seja o único produto de origem agrícola destinado à alimentação que ao longo dos séculos foi alvo de disputas e conquistas, mobilizando homens e nações. A planta se adaptou muito bem ao clima, que durante o período do Império, dependeu basicamente do cultivo da cana e da exportação do açúcar. Calcula-se que naquele período, a exportação do açúcar rendeu ao país cinco vezes mais que outros produtos agrícolas destinados ao mercado externo.

Com o avanço da tecnologia, as agroindústrias estão obtendo resultados satisfatórios com a produção de açúcar e etanol à partir da cana de açúcar. De acordo com Reuters (2023) a fabricação de açúcar do maior produtor e exportador global em 2023/24 foi estimada em

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

42,7 milhões de toneladas, um aumento de 13,34% do ciclo anterior, atingindo seu recorde. Já sua exportação, também bateu recorde, com 32,2 milhões de toneladas, acima do que foi previsto anteriormente.

Porém, devido ao uso dos métodos convencionais de cultivo e aumento do fornecimento de alimentos ao restante do mundo, o aumento excessivo do uso de agrotóxico se tornou um vilão para a natureza. Segundo Santos (2019), o consumo anual de agrotóxicos no Brasil tem sido superior a 300 mil toneladas; representando um aumento no consumo de 700% nos últimos vinte anos, enquanto a área agrícola aumentou 78% nesse mesmo período, causando impactos ambientais.

2.1 Sustentabilidade e indicadores da agricultura

Neste contexto, a sustentabilidade tem grande relevância para toda a sociedade pois, segundo Magalhães (2024), é a capacidade de sustentação ou conservação de um processo ou sistema. O conceito aborda a maneira como se deve agir em relação à natureza. Além disso, ele pode ser aplicado desde uma comunidade até todo o planeta. A definição do termo é a capacidade de suprir as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras. O conceito de sustentabilidade é composto por três pilares: econômico, ambiental e social. Com estes três pilares poderemos ter uma empresa segura e responsável com a sociedade em geral.

A sustentabilidade ambiental consiste na preservação do meio ambiente e resiliência as mudanças do clima, decorrentes da ação irresponsável da humanidade. Para que a sustentabilidade ambiental seja efetivada, as pessoas devem estar em harmonia com o meio ambiente, para obterem melhoria na qualidade de vida. O objetivo da sustentabilidade ambiental é que os interesses das gerações futuras não estejam comprometidos pela satisfação das necessidades da geração atual. Algumas ações de sustentabilidade consistem na economia de água e energia, conservação do solo, diminuição de emissões atmosféricas e de resíduos, principalmente o plástico, praticar a coleta seletiva e reciclagem, entre outras (Magalhães, 2024).

Segundo Da Silva *et al*. (2016), ainda que a sustentabilidade seja tema de muitas pesquisas, este fato é muito abordado no discurso, porém sem definições claras e sem a implantação de medidas que levem para um caminho sustentável. Nesse sentido, diversos autores citam a importância da utilização de um conjunto de indicadores para avaliação e elaboração de ações rumo ao desenvolvimento sustentável, o que irá permitir aos atores envolvidos acompanhar e tomar decisões quanto a sustentabilidade do sistema avaliado. A intenção destes indicadores é apontar formas de controlar a ação humana e o consumo responsável dos alimentos agricolas, afim de garantir o acesso e o cuidado na forma de produção (Schneider, 2010).

2.2 Certificação ambiental

Segundo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2023), as “certificações verdes” auxiliam o consumidor na hora da compra, certificando que a empresa tem preocupação em termos ambientais e produz de forma sustentável. Existem alguns critérios que indicam a sustentabilidade em uma empresa como: alimentos orgânicos, manejo florestal, biodiversidade, gestão de água e eficiência energética. Para a empresa, esses selos geram algumas vantagens, como redução de custos, valor agregado a marca, potencialização de parcerias, além de contribuir para um mundo mais limpo e justo.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

No Brasil, podem ser encontrados cerca de 30 tipos de “selos verdes”, que contribuem para a sustentabilidade, sendo alguns deles voltados para a produção agrícola, tal qual, Bonsucro, ISO 14001, UTZ Certified, Carbon Trust Standard, Forest Stewardship Council (FSC), Fair Trade Brasil, entre outras. As empresas e instituições que aderem às certificações ou selos verdes, colaboram com a sustentabilidade e fornecem a garantia dos produtos, processos e serviços ambientalmente responsáveis.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho constitui em uma revisão bibliográfica sistemática sobre os temas certificação ambiental e análise de sustentabilidade ambiental nos sistemas de produção e indicadores de sustentabilidade e pesquisa qualiquantitativa e descritiva, onde foi analisada a sustentabilidade ambiental de uma usina sucroalcooleira, que utiliza um sistema de produção convencional. Após a análise seus resultados foram interpretados com a finalidade de propor melhorias nas técnicas utilizadas e aumentar a sustentabilidade da produção.

3.1 Materiais e métodos

Para a realização da análise foram utilizados 10 indicadores de sustentabilidade da dimensão ambiental, desenvolvidos de acordo com Borges (2020a) (Quadro 1).

Quadro 1 - Indicadores da dimensão ambiental utilizados para avaliar a sustentabilidade da agricultura na empresa estudada

Diretrizes propostas para Agricultura	
Subíndices e Indicadores da Dimensão Ambiental	
Uso de recursos naturais	Uso de insumos
	Manejo do solo
	Risco de erosão
	Sistema de irrigação
Emissão de resíduos	Uso da água
	Emissão de gases poluentes
	Gestão de Resíduos Sólidos
Impactos no ambiente	Manutenção de habitats
	Conservação da diversidade biológica
	Espécies exóticas

Fonte: Adaptado de Borges (2020a)

Os indicadores desenvolvidos refletem o uso dos recursos naturais (solo, água e insumos), emissão de resíduos (gases, resíduos sólidos e qualidade da água) e impactos causados no ambiente (habitats, biodiversidade e introdução de espécies exóticas). Cada indicador é pontuado para formar um subíndice que, posteriormente, formam um índice que resulta na análise de sustentabilidade. O índice varia de zero a um e a classificação varia conforme a pontuação (Tabela 1). Os resultados de cada dimensão podem ser visualizados através de gráficos do tipo teia.

Para a avaliação da sustentabilidade foi formulado um questionário semiestruturado contendo dez perguntas relacionadas aos indicadores de sustentabilidade da dimensão ambiental, para ser aplicado diretamente ao responsável técnico da unidade processadora. Cada pergunta do questionário corresponde a um indicador e suas alternativas foram pontuadas de 0 a 1,0 para formar a média final do subíndice.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 1 - Escala de desempenho utilizada na avaliação da sustentabilidade

Índice	Classificação
0 - 0,20	Não Sustentável
0,21 - 0,40	Baixa Sustentabilidade
0,41 - 0,60	Média Sustentabilidade
0,61 - 0,80	Potencialmente Sustentável
0,81 - 1,00	Sustentável

Fonte: Valenti (2008)

Neste trabalho, o local analisado foi uma agroindústria, no caso usina sucroalcooleira, localizada no interior do estado de São Paulo, que produz açúcar e álcool a partir da cana-de-açúcar. Um responsável técnico respondeu o questionário e, segundo suas respostas, foram pontuados cada subíndice que resultou no índice de sustentabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores da sustentabilidade ambiental foram utilizados tanto para formular o questionário, quanto para avaliar a sustentabilidade da produção agrícola. O resultado da análise de sustentabilidade ambiental da agroindústria analisada, segundo as declarações fornecidas via formulário, obteve um valor geral de 0,60. Em uma escala que varia de 0 a 1, esse valor demonstrou que o sistema de produção utilizado é mediamente sustentável (Tabela 2 e Figura 1) e necessita de melhorias em alguns pontos. Com os valores médios dos subíndices, os quais formaram o índice geral é possível observar quais pontos podem ser melhorados para que a sustentabilidade aumente.

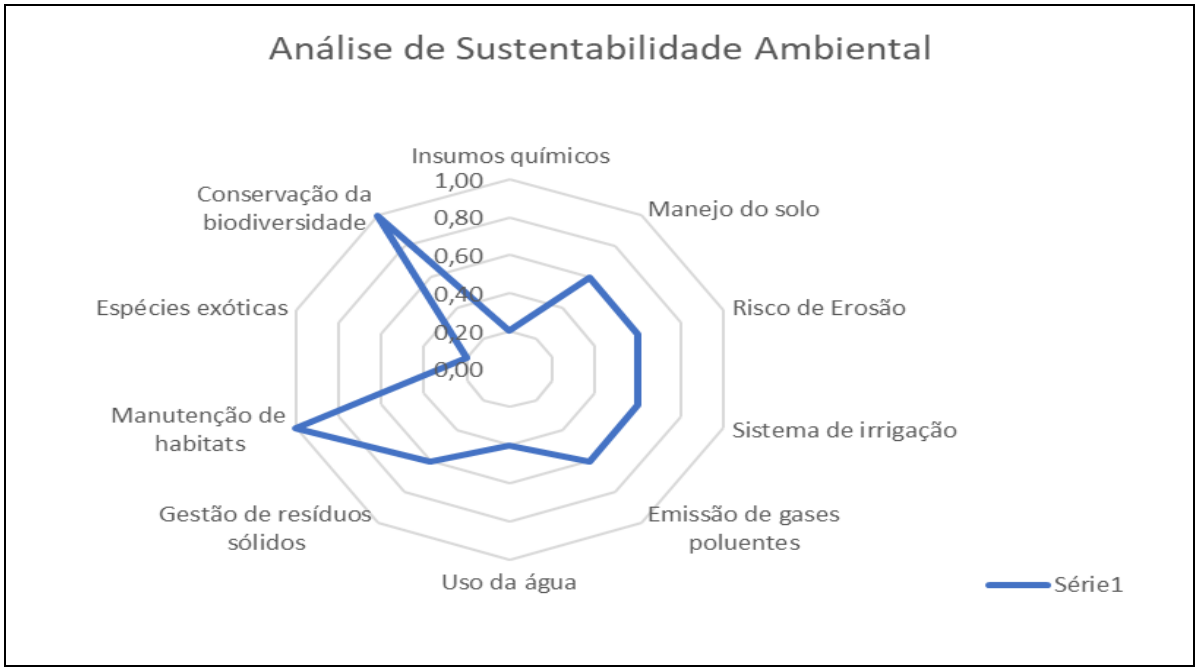
Tabela 2 - Indicadores da dimensão ambiental utilizados para avaliar a sustentabilidade da agricultura

Indicadores de Sustentabilidade	Subíndices	Resultado
Uso de insumos	0,20	Insustentável
Manejo do solo	0,60	Média Sustentabilidade
Risco de erosão	0,60	Média Sustentabilidade
Sistemas de irrigação	0,60	Média Sustentabilidade
Emissão de gases poluentes	0,60	Média Sustentabilidade
Uso da água	0,40	Baixa Sustentabilidade
Gestão de resíduos sólidos	0,60	Média Sustentabilidade
Manutenção de habitats	1,00	Sustentável
Espécies exóticas	0,20	Insustentável
Conservação da biodiversidade	1,00	Sustentável
Média	**0,60**	**Média Sustentabilidade**

Fonte: os autores (2024)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

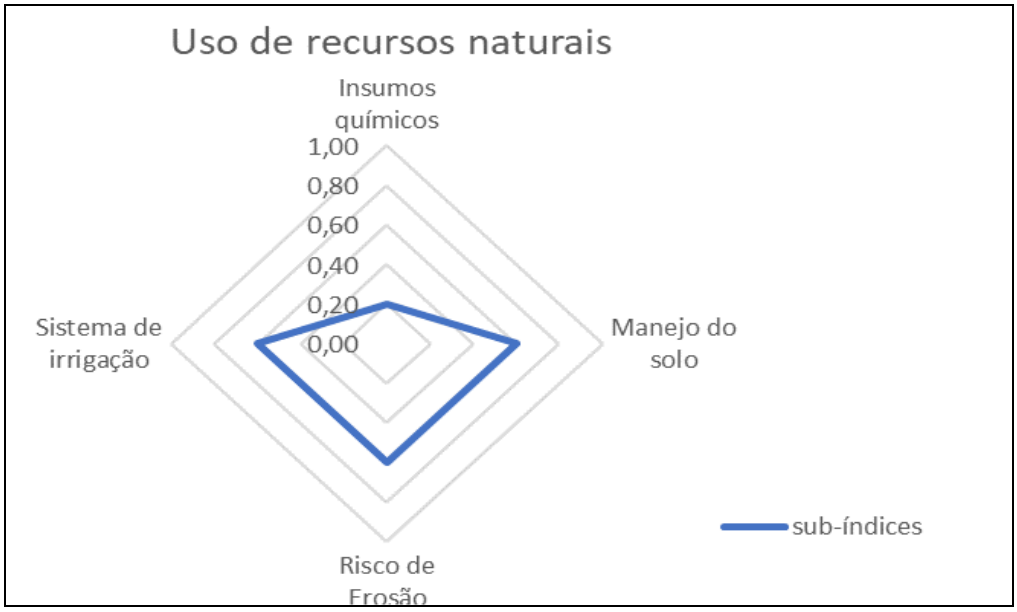
Figura 1 - Resultado da avaliação de sustentabilidade ambiental da produção de cana-de-açúcar em uma usina sucroalcooleira



Fonte: os autores (2024)

Cada subíndice representa qualidades ambientais que se relacionam ao uso dos recursos naturais, a emissão dos resíduos e os impactos no ambiente provocados pela atividade. O subíndice dos indicadores que representam o uso dos recursos naturais mostrou ser mediamente sustentável (média 0,50), sendo risco de erosão (0,60), sistema de irrigação (0,60) e manejo do solo (0,60) sustentáveis e uso de insumos químicos (0,20) insustentável (Figura 2).

Figura 2 - Resultado da avaliação dos indicadores e respectivos subíndices do uso de recursos naturais



Fonte: os autores (2024)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

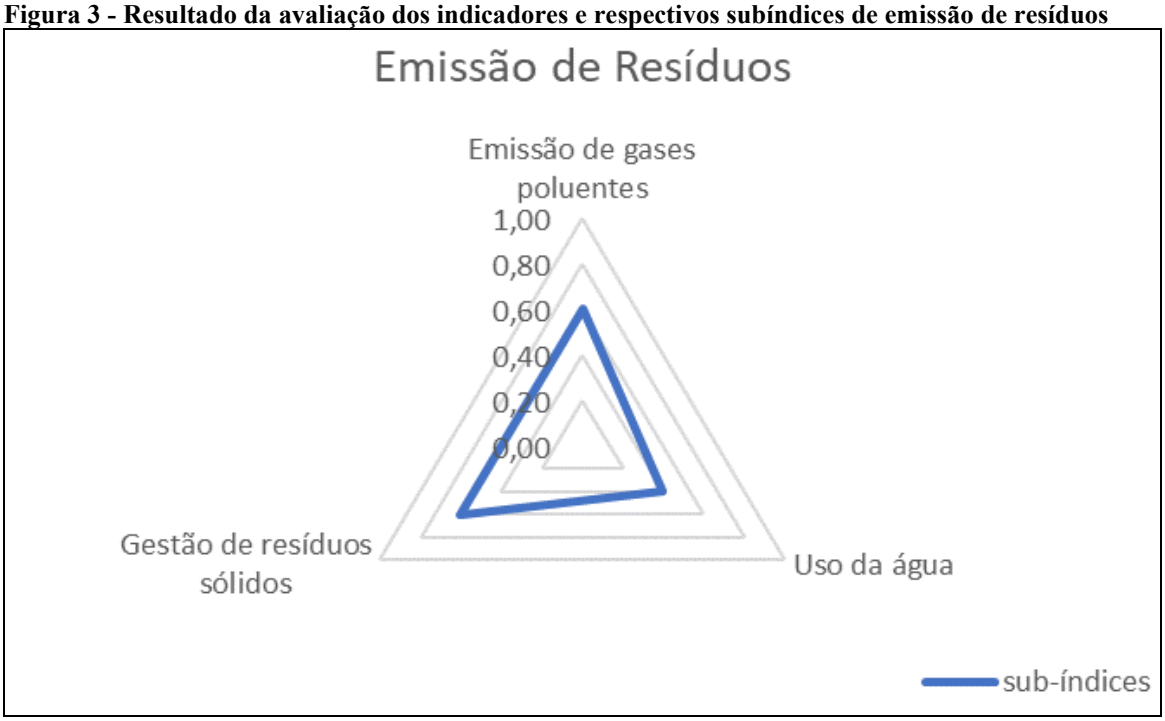
O consumo de água na agroindústria é alto e, apesar de em alguns pontos ser feito o reúso, esta água residuária não é suficiente para suprir totalmente a demanda, sendo preciso utilizar fontes naturais de captação. Na irrigação, utiliza-se a água para diluir a vinhaça e aspersores por canhão, além disso é utilizado o gotejo em alguns casos. O uso de insumos químicos (agrotóxicos e fertilizantes) é realizado em 100% da área, refletindo em uma baixa sustentabilidade. O uso do solo está relacionado ao método de manejo empregado, neste caso a rotação de culturas é utilizada nas áreas de canaviais, a qual propicia melhora da qualidade do solo. Já o risco de erosão está relacionado à cobertura vegetal, presença de curva de nível e uso de maquinários agrícolas leves e pesados.

Para Barros (2020), a irrigação de salvação pode ser realizada em um período relativamente curto ou em um estágio do cultivo e, no caso da cana-de-açúcar, pode ser realizada misturando água com vinhaça. A aplicação é feita em duas ou três irrigações de 60 milímetros por mês, após o plantio, para cana-planta, ou após os cortes, para cana-soca. Segundo Resende (2023), irrigação de salvação ou complementar visa o uso da água apenas por um período curto ou estágio de cultivo. Com a implantação de sistemas de irrigação, há acréscimo na produtividade e no número de cortes realizados durante o ciclo da cultura. Contudo, a irrigação por gotejo possui uma pegada hídrica muito menor do que por aspersão ou pivô (Santiago *et al*., 2018).

A vinhaça, anteriormente considerada um problema de descarte pela indústria sucroalcooleira, hoje se mostra uma valiosa fonte de nutrientes para a cana-de-açúcar, amplamente utilizada na fertirrigação dos canaviais. Seu alto teor de potássio, enxofre e outros nutrientes essenciais contribui para o crescimento saudável das plantas, aumentando a produtividade e reduzindo custos para os produtores (Boschiero, 2023).

O subíndice dos indicadores que representam a emissão de resíduos mostrou ser mediamente sustentável (0,53), sendo que os indicadores, emissão de gases poluentes (0,60) e gestão de resíduos sólidos (média 0,60) tiverem melhores valores e o uso da água piores (0,40) veja conforme (Figura 3).

Figura 3 - Resultado da avaliação dos indicadores e respectivos subíndices de emissão de resíduos



Fonte: os autores (2024)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

A agricultura é a atividade que mais utiliza água. Ao comparar com um sistema de produção agroecológica (Mares *et al*., 2020) com o presente estudo, sistema convencional, se observa que o indicador uso da água possui baixa sustentabilidade devido a origem da água utilizada para irrigação. A captação de água por poço diminui a sustentabilidade, pois compete com outras atividades, como indústria e uso doméstico (Agência Nacional de Águas - ANA, 2012). Segundo relato da própria unidade produtora, é realizado o reúso da água dos processos industriais, porém são feitas retiradas de açudes e rios, bem como poços artesianos. Essas retiradas são consideradas como aspectos ambientais, que podem ocasionar impactos, como o esgotamento do recurso hídrico para outras atividades.

A emissão de gases pelo uso de aeronaves e uso de fertilizantes químicos nitrogenados diminuem a sustentabilidade em relação a emissão de gases poluentes. O indicador emissão de gases poluentes está relacionado ao uso de veículos movidos a combustíveis fósseis (diesel e gasolina), uso de fertilizantes químicos nitrogenados, uso de aeronaves agrícolas para pulverização e queima da palha da cana para ciclagem de nutrientes. A agricultura contribui para o efeito estufa com emissões de gases como o metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono e óxido nitroso provenientes de diversas fontes (Nascimento; Cribb; Freire Junior, 2012). Aproximadamente 80% do óxido nitroso (N_2O) que o Brasil emite para a atmosfera são derivados de práticas agrícolas, desmatamento e pastagens mau conduzidas, sendo cerca de 300 vezes mais potente que o dióxido de carbono (CO_2) no aquecimento da atmosfera (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC, 2007).

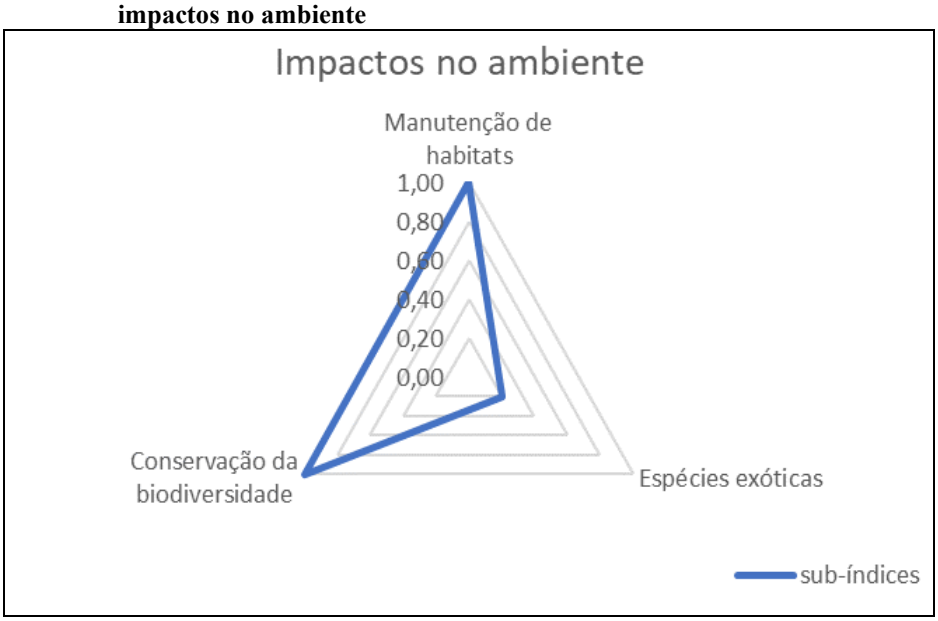
Quanto aos resíduos sólidos, as embalagens de agrotóxicos são separadas para reciclagem, porém não é feito nenhum tipo de reuso dos resíduos recicláveis ou compostagem dos resíduos orgânicos. Segundo Cometi (2009), as embalagens de agrotóxicos utilizadas são consideradas "resíduos perigosos" e apresentam risco de contaminação humana e ambiental, se descartadas sem controle. A logística reversa revelou-se uma oportunidade de se desenvolver a sistematização dos fluxos de resíduos e o seu reaproveitamento, dentro ou fora da cadeia produtiva que o originou, contribuindo para a redução do uso de recursos naturais e dos demais impactos ambientais, de forma a promover o desenvolvimento sustentável. Já com os resíduos orgânicos da produção agroindustrial, pode ser feito a compostagem e gerar um subproduto de qualidade para ser utilizado na própria produção (Manhães, 1993).

O subíndice dos indicadores que representa os impactos no ambiente mostrou ser potencialmente sustentável (média 0,70), sendo a manutenção de habitats (1,0) e conservação da biodiversidade (1,0), sustentáveis e introdução de espécies exóticas (0,20) insustentável (Figura 4).

Sendo assim, conforme foi autodeclarado, a unidade industrial cumpre com todas as legislações ambientais; CAR (Cadastro Ambiental Rural), Reserva Legal (RL), Área de Preservação Permanente (APP) regularizadas de acordo com o Código Florestal, Lei 12.651/2012 e, por isso foi considerada sustentável na manutenção de habitats (1,0). As áreas cobertas por vegetação nativa (RL e APP) visam, entre outros, proteger as florestas com a função de preservar os recursos hídricos, a proteção da biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora e proteção do solo (BRASIL, 2012). Porém, com o próprio avanço das fronteiras agrícolas, visto o potencial comercial do produto, ocorre a diminuição das áreas nativas e consequentemente perda da biodiversidade pela mudança na paisagem natural. Além disso, é comum ocorrer incêndios criminosos nos canaviais no período de estiagem, diminuindo a sustentabilidade da atividade.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 4 - Resultado da avaliação dos indicadores e respectivos subíndices de impactos no ambiente



Fonte: os autores (2024)

Com a preservação das matas nativas, constatou-se a presença de mais de 50 espécies de animais, sendo o indicador conservação da biodiversidade também sustentável (1,0). A biodiversidade apresenta também importância econômica, pois os seres vivos são importante matéria-prima na fabricação de alimentos, medicamentos, cosméticos, vestimentas e até habitação. Preservar é garantir, portanto, que esses recursos não faltem no futuro e que o meio ambiente permaneça em equilíbrio (Santos, 2023). Contudo, como a cultura (cana-de-açúcar) é exótica e utilizada em 100% da área de plantio, o indicador introdução de espécies exóticas foi considerada insustentável (0,2).

Para obter regularidade ambiental é importante que toda agroindústria tenha registro público eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais. Um dos requisitos do Código Florestal é a Reserva Legal, uma área coberta por vegetação nativa, visando a conservação e a proteção a biodiversidade (Nascimento; Cribb; Freire Junior, 2012). É importante manter uma área preservada afim de evitar a erosão do solo, com isso diminuirá números de invasão de animais em plantações, infestações de pragas e protege as nascentes e rios, ou seja, a remoção dessas áreas pode trazer prejuízo ambiental e econômico para o produtor (Oliveira; Wolski, 2012).

Recursos naturais são elementos presentes no meio ambiente que têm valor e utilidade para os seres humanos. Eles podem ser utilizados para atender às necessidades das populações, desde a obtenção de alimentos, geração de energia, construção de abrigos e a produção de materiais (Moreira, 2023). Porém, a sustentabilidade da produção agrícola deve ser garantida e pode ser medida através de indicadores, uma forma simples e rápida de avaliar a um sistema. Estes podem ser utilizados em diferentes estudos de caso com diversas características, pois possui uma abrangência em universal (Borges, 2020b).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demostrou que a unidade agroindustrial avaliada foi potencialmente sustentável, demonstrando a importância de cumprir a legislação ambiental. Porém, os indicadores demonstraram que, se forem adotadas melhores práticas de manejo, podem

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

colaborar com o aumento do índice de sustentabilidade, como por exemplo a substituição do uso de insumos químicos por orgânicos, a cobertura vegetal do solo com a palha na área de cultivo, técnica que pode evitar a erosão, a produção de espécies nativas integradas à cana-de-açúcar e a substituição da captação de água dos rios e poços por melhorias no reúso.

Estes indicadores da agricultura podem colaborar para que um sistema seja sustentável, pois auxilia, controla e monitora o manejo, os resíduos e os recursos oferecidos pela natureza, que são utilizados pelos agricultores, para que não venha causar danos a natureza. Os indicadores sugeridos mostraram ser eficientes para serem utilizados na agricultura. Eles podem apontar melhorias aliando a produção com a preservação da natureza. Com os resultados obtidos é possível comparar outros sistemas de produção na dimensão ambiental, bem como propor melhorias no sistema produtivo testado. Indicadores de outras dimensões (social e econômica) devem ser estudados e testados para medir a sustentabilidade completamente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Quase metade da água usada na agricultura é desperdiçada.** Brasília: Ana, 2012. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/quase-metade-da-a-gua-usada-na-agricultura-a-c.2019-03-15.2354987174. Acesso em: 27 out. 2023.

ALVARENGA R. P; QUEIROZ A, T. R. Produção mais limpa e aspectos ambientais na indústria sucroalcooleira. **Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change**, São Paulo (SP), n. 2, 2007.

BARROS, F. **Irrigação da cana-de-açúcar:** conheça alguns mitos! 2020. Disponível em: https:// blog.chbagro.com.br/irrigacao-da-cana-de-acucar-conheca-alguns-mitos. Acesso em: 18 nov. 2023.

BOSCHIERO, B, N. **Fertilidade do solo**. Disponível em: http// agroadvance.com.br/blog-vinhaca-de-residuo-a-recurso. Acesso em: 15 nov 2023.

BORGES, F. F. Certificação ambiental e indicadores de sustentabilidade da agricultura. **Ciência & Tecnologia:** FATEC-JB, Jaboticabal (SP), v. 12, n. 1, p. 87-96, 2020a.

_____. Sustentabilidade ambiental nos sistemas de produção agrícolas. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E *MARKETING*, 2020, Jaboticabal-SP. **Anais[...].** Jaboticabal: Ciência & Tecnologia: Fatec-JB. 2020b.

BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 28, Maio. de 2012.

CARNEIRO. P. F. G; SOUZA. J. A. C. Ecoeficiência e a produção mais limpa: uma nova visão organizacional. **Congresso Brasileiro de Engenharia**, Paraná (PR), 2020.

COMETI, J. L. S. **Logística Reversa das embalagens de agrotóxicos no Brasil:** um caminho sustentável. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília. 2009.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

DA SILVA, M. R.; LINGNAU, R.; GODOY, W. I.; BORTOLUZZI, S. C. Indicadores propostos na literatura nacional para avaliação de sustentabilidade na agricultura familiar. **Revista Monografias Ambientais**, v. 15, n. 1, 2016.

INTERNATIONAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **AR4 Climate Change 2007**: The Physical Science Basis. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/. Acesso em: 22 maio 2024.

MAGALHÃES, L. Desenvolvimento Sustentável. **Toda Matéria**, *[s.d.]*. Disponível em: https://www.todamateria.com.br/desenvolvimento-sustentavel/. Acesso em: 16 set. 2024

MANHÃES, M. S. Compostagem de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 12, p. 1357-1361, 1993.

MARES, S. M.; JARDIM, C. A.; BORGES, F. F. AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA: estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E *MARKETING*, 2020, Jaboticabal-SP. **Anais[...].** Jaboticabal: Ciência & Tecnologia: Fatec-JB. 2020.

MOREIRA, T. **O que são recursos naturais e qual sua importância**. Disponível em: http//www.ecycle.com.br/recursos-naturais. Acesso em 10 nov. 2023.

NASCIMENTO, D. T.; CRIBB, A. Y.; FREIRE JUNIOR, M. Exigências da legislação ambiental para a implantação de agroindústrias. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Rio de Janeiro, RJ. 2012.

OLIVEIRA, T.; WOLSKI, M. S. Importância da Reserva Legal para a preservação da biodiversidade. **Vivências.** v.8, n.15, 2012. Disponível em: http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_015/artigos/pdf/Artigo_04.pdf. Acesso em: 24 Set. 2024.

RESENDE, R, S. **Irrigação**. Disponível: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/manejo/irrigacao. Acesso em: 13 dez 2023.

REUTERS, 2023. **Brasil terá recordes para açúcar em 2023/24, com 50% do comércio global**. Disponível: https://forbes.com.br/forbesagro/2023/08/brasil-tera-recordes-para-acucar-em-2023-24-com-50-do-comercio-global/.Acesso em: 13 dez. 2023

SANTIAGO, A. D.; CHICO, D.; DE ANDRADE JÚNIOR, A. S.; GARRIDO, A.; CARNAUBA, P. J. P. Pegada hídrica da cana-de-açúcar e etanol produzidos no estado de Alagoas, Brasil. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2018.

SANTOS, L. **Utilização de agrotóxicos aumenta até 700% no Brasil**. 2019. Disponível em: https://jornal.ufg.br/n/117073-utilizacao-de-agrotoxicos-aumenta-ate-700-no-brasil. Acesso em: 01 nov. 2023.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

SANTOS, V. 2023. A riqueza da biodiversidade e a importância do Brasil nesse mapa. Jornal A Voz da Serra. Disponível em: https://avozdaserra.com.br/noticias/riqueza-da-biodiversidade-e-importancia-do-brasil-nesse-mapa. Acesso em: 13 maio 2024.
SCHNEIDER, S. Situando o desenvolvimento rural no Brasil: o contexto e as questões em debate. **Revista de Economia Política**, vol. 30, nº 3, São Paulo, 2010.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Você sabe o que é selo verde?** 2023. Disponível em: https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/voce-sabe-o-que-e-selo-verde,a031949fca8e4810VgnVCM100000d701210aRCRD#:~:text=O%20selo%20verde%20%C3%A9%20uma,como%20certifica%C3%A7%C3%A3o%20verde%20ou%20ecosselo. Acesso em: 16 nov. 2023.

SILVA, Leonardo Daemon d'Oliveira. **Sustainability of Brazilian ethanol**: a proposal of principles and criteria; Sustentabilidade do etanol brasileiro: uma proposta de principios e criterios. 2010. Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2010.

VALENTI, W.C. A aqüicultura brasileira é sustentável? **Aqüicultura & Pesca**, v. 34, pp. 36-44. 2008.