

( x ) Graduação ( ) Pós-Graduação

## INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO

**Eliézer Matias da Rocha**  
Graduando em Ciências Contábeis (UFMS)  
[eliezerrocha401@gmail.com](mailto:eliezerrocha401@gmail.com)

**Antonio Zanin**  
Professor do Curso de Ciências Contábeis CPNA e ESAN (UFMS)  
Dr. em Engenharia de Produção (UFRGS)  
[zanin.antonio@ufms.br](mailto:zanin.antonio@ufms.br)

**Silvana Dalmutt Kruger**  
Professor do Curso de Ciências Contábeis CPNA e ESAN (UFMS)  
Dra. em Contabilidade (UFSC)  
[zanin.antonio@ufms.br](mailto:zanin.antonio@ufms.br)

### RESUMO

O Setor Sucroenergético no Brasil desempenha um papel significativo na matriz energética e econômica do país. Sua capacidade de integrar produção de alimentos, biocombustíveis e bioeletricidade destaca-se como um modelo que pode conciliar desenvolvimento econômico com práticas sustentáveis. Neste sentido analisando o papel crucial do agronegócio brasileiro na economia, sua produção diversificada e as características específicas da agricultura no Brasil fornecem um contexto propício para a integração do conceito Agro 4.0 e sua conexão com a Indústria 4.0, também considerado como uma eventual transição para o Agro 5.0, que utiliza integração mais avançada das tecnologias. Este estudo tem como objetivo analisar os impactos da Inovação na sustentabilidade no setor sucroenergético da região do Vale do Ivinhema. Metodologicamente, a pesquisa classifica-se como exploratória, estudo de caso e análise qualitativa. A coleta de dados ocorreu por meio de entrevista com o coordenador de campo e de recursos humanos de uma usina sucroenergética localizada no Vale do Ivinhema MS. Os resultados do estudo evidenciam uma visão gradual na implementação de tecnologias, considerando os desafios específicos do contexto, como a escassez de mão-de-obra qualificada e o elevado custo dos equipamentos. Na análise do impacto da inovação na sustentabilidade no setor sucroenergético do Vale do Ivinhema revela um cenário de transição cuidadosa para práticas do agro 4.0.

**Palavras-chave:** Setor Sucroenergético; Agro 4.0; Indústria 4.0; Agro 5.0.

## 1 INTRODUÇÃO

Observando o cenário em que a população mundial se encontra em crescimento, muito se discute a importância do aumento da produção agrícola para alimentar essa população (Kuchler, 2021; Silva, 2007). De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2013), em suas projeções, estimam que a população mundial chegará a 9,7 bilhões de pessoas até 2050, e com isso, serão necessários três planetas para suprir necessidades da população mundial.

Ainda segundo a ONU (2022), desde a Conferência de Estocolmo em 1972, muito se tem debatido, acerca da evolução das tecnologias buscando sustentabilidade para suprir a necessidade de consumo populacional. A questão de como amplificar a produtividade é uma questão controversa. Primeiramente o baixo crescimento da produtividade nas últimas décadas não é exclusivo do Brasil. Nos Estados Unidos por exemplo, há um amplo debate sobre esse tema desde o início da industrialização e surgimento de novas tecnologias e avanços na medicina no século 19 e na primeira década do século 20, causaram impactos na qualidade de vida, e provocou os aumentos nos níveis de produção no período da Segunda Guerra Mundial (Braga; Paiva, 2022).

Neste contexto, o uso de novas tecnologias passa a ser utilizada no sentido de melhorar a produtividade, mantendo a sustentabilidade em todas as culturas desenvolvidas no agronegócio, pois uma vez que a demanda é alta e a quantidade de terras seja igual e proporcionalmente menor, e ela não pode ser expandida, a tecnologia torna-se um fator integrante e indispensável para aumento da produtividade (Zanin et al., 2022). Assim sendo, o tema sustentabilidade e inovação conquistou o debate e as pesquisas acadêmicas e em modo geral da sociedade, em grande parte devido às mudanças econômicas, sociais, políticas e econômicas globais (Mannarelli Filho et al., 2021).

Desde a primeira revolução industrial, a indústria busca soluções para melhorar o desempenho. Esta necessidade levou e continuará a levar ao desenvolvimento de várias tecnologias em todos os campos relacionados com a produção (Sugayama; Negrelle, 2015), assim nasceu o conceito de Indústria 4.0, que é considerada a quarta revolução industrial devido à abundância de tecnologias avançadas. A tecnologia teve origem na “Internet das Coisas”, onde dispositivos, sensores, câmeras e outros dispositivos trocam informações em tempo real (ZANIN et al., 2022). A indústria 4.0 baseia-se principalmente na integração de tecnologias de informação e comunicação e tecnologias industriais. Seu principal objetivo é aumentar a

eficiência dos sistemas de produção e gestão para maiores lucros (Laskurain-Iturbe, 2021).

Para Paiva e Rabechini Jr (2022), a Indústria 4.0 está transformando empresas em todo o mundo por meio da integração de negócios, possibilitada por tecnologias disruptivas e acompanhada por uma mudança de dados para informações e inteligência. A quarta revolução industrial nada mais é que uma revolução digital para uma sociedade baseada no conhecimento e orientada para serviços, e que segundo Sukhodolov (2019), está se desenvolvendo em um modelo industrial auto-organizado e autogerenciado de sistemas de produção totalmente automatizados que se auto aprendem de forma autônoma e interativa (Pereira; Cardoso, 2023).

A tecnologia está ligada a todos os sistemas da cadeia produtiva. Responsável por estimular o agronegócio, a Agricultura 4.0, termo derivado da Indústria 4.0, conhecida também como a agricultura digital, vai além da simples mecanização do campo. A agricultura 4.0 tem sido julgada importante, proporcionando diversos benefícios e oportunidades aos produtores rurais, disponibilizando as informações e dados coletados em tempo real (Silva; Cavichioli, 2020).

De acordo com Lezoche (2020) o setor agrícola está engajado na inovação digital há décadas. Em particular, os avanços na agricultura de precisão, sensoriamento remoto, robótica, informação de gestão agrícola, novas tendências de tecnologia 4.0 e desafios na cadeia de abastecimento agroalimentar, Software e sistemas de apoio à decisão agrônômica abriram caminho para mudanças em larga escala na agricultura e alimentação.

Diante deste contexto apresentado, surge a problemática do presente estudo: Quais os impactos da Inovação na sustentabilidade do setor sucroenergético? Visando responder à questão pesquisa, tem-se como objetivo deste estudo analisar os impactos da Inovação na sustentabilidade no setor sucroenergético da região do Vale do Ivinhema.

O uso da tecnologia da informação (TI) está mudando o setor agrícola de forma surpreendente e está crescendo principalmente entre os produtores de soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, frutas cítricas, café e carnes (Silva; Cavichioli, 2020). O estudo justifica-se pela importância de relacionar o conceito Agro 4.0 à sustentabilidade do espectro econômico, social e ambiental no ambiente de estudo.

A cana-de-açúcar é uma cultura que tem grande importância econômica para o Brasil, da qual, além do açúcar e diversos outros produtos, produz-se etanol, importante biocombustível, e energia elétrica, pela queima de bagaço nas caldeiras, motivo pelo qual a agroindústria canavieira é também conhecida como indústria sucroenergética (Yano et al., 2021). Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estimativa (IBGE, 2023), se estima uma

produção de 634.041.314 toneladas de cana de açúcar para 2023, dados referentes a fevereiro de 2023./

Segundo Biosul (2018), a safra de 2018/2019 representa seu início na região Mato Grosso do Sul estando no ranking dos maiores produtos de cana-de-açúcar com mais de 41 milhões de toneladas, ocupando 4º colocação na produção de etanol nacional e 5º maior produtor de açúcar sendo o 4º maior exportador. O estudo justifica-se também pela importância do setor sucroenergético na região do Vale de Ivinhema, aliado aos altos investimentos em tecnologias na produção de sua principal matéria-prima (cana-de-açúcar), visando aumento de produtividade e redução de custos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Indústria 4.0

A indústria 4.0, assim como as demais evoluções industriais que ocorreram na história, tem como intuito buscar soluções para melhorar seu desempenho. Desde o início do século XXI, com a disseminação da Internet e o surgimento de outras inovações tecnológicas, os níveis de produção industrial no mundo aumentaram, tendo como objetivo de atender uma demanda cada vez mais competitiva. A promessa é que a Indústria 4.0, baseada na inovação e melhoria contínua, possibilite a criação de melhores produtos e serviços que atendam a essa demanda crescente e cada vez mais exigente (De Lima; Pinto, 2019).

A principal estratégia de implementação da Indústria 4.0 consiste basicamente em atingir os seguintes aspectos: integração horizontal das redes de valor ao nível estratégico, integração digital total do design através da cadeia de valor ao nível dos processos de negócio, integração vertical e redes de informação, sistemas de produção (Cordeiro, 2017). A indústria 4.0 está se tornando cada vez mais relevante tanto para a indústria e ciência principalmente devido às mudanças tecnológicas nos níveis de rede do sistema produtivo, está presente basicamente em ferramentas de armazenamento a chamada Internet das Coisas, bem como em ferramentas que possibilitam tomadas de decisões de alto nível no ambiente fabril e possibilitam a reprogramação de máquinas, com pouca ou nenhuma intervenção humana (Cordeiro, 2017).

Com isso, está busca impulsionou e continuará “provocando o desenvolvimento” de novas tecnologias com a finalidade de melhorar a produtividade e a qualidade de vida das pessoas (Sugayama; Negrelle, 2015). As novas tecnologias que impulsionam a migração da

indústria para o conceito 4.0 têm trazido de forma expressiva os resultados positivos referentes à redução de custos industriais no Brasil (Firjan. 2019). A indústria 4.0 por sua vez é conceituada como uma nova era industrial, utilizando sistemas industriais inteligentes, no qual máquinas de fabricação possam detectar falhas na produção, armazenar as informações de produção e atividades por elas exercidas, um sistema autônomo capaz de ter relações entre fabricação e produtos (Sugayama; Negrelle, 2015).

Neste cenário, é possível observar que parte significativa do conceito 4.0 para indústria está relacionada à capacidade, atualmente de minimizar falhas e aumentar a eficiência nos processos produtivos (Firjan. 2019). O conceito apresentado no salão de Hanover em 2011 durante a “feira de tecnologias industriais”, é de que as empresas passaram a buscar soluções para alcançar o novo conceito, apoiado pelos governos dos países europeus com destaque ao alemão (Sugayama; Negrelle, 2015). Atualmente, existe tecnologia necessária para analisar a performance das indústrias e as suas necessidades da mesma maneira como sua capacidade, e oferecer soluções utilizando técnicas e processamento de imagens e sinais alinhados às bases de inteligência artificial (Firjan. 2019).

O impacto da Indústria 4.0 não está presa somente à simples digitalização é muito mais complexa, pois a inovação baseada na combinação de múltiplas e diversas tecnologias estimula as empresas a repensar a forma como realizam e gerenciam seus negócios e processos, como se posicionam em relação à cadeia de valor, ou seja: precisam coordenar processos e mapear quais as vantagens competitivas da corporação, com desenvolvimento de novos produtos e como são introduzidos no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição (Coelho, 2016).

Segundo a Firjan (2019), acredita-se no potencial contido na 4ª Revolução Industrial e atua no processo de transformação, visando proporcionar agilidade e maiores oportunidades de desenvolvimento nacional e competitividade no mercado internacional. Como contraponto, Paiva e Rabechini Jr (2022), apesar da indústria 4.0 ser comumente conhecida por suas tecnologias, as transformações são mais do que a implementação de novas tecnologias. Em vez disso, as transformações são guiadas por duas forças, ou seja: impulsionadas pelas tecnologias e puxadas pelas necessidades do negócio. Logo, a indústria 4.0 é um caminho para o futuro, uma vez que a implementação das tecnologias eficientes e inteligentes aumentam a produtividade e a qualidade, além de possibilitar o aumento da competitividade no mercado e o aproveitamento de oportunidades de inovação para as empresas (Paiva; Rabechini Jr. 2022).

Recentemente, as questões da Indústria 4.0 e do desenvolvimento sustentável foram vinculadas, proporcionando aos estudiosos e profissionais da gestão da cadeia de suprimento

(SCM) visando desenvolver uma organização e abordagem mais sustentáveis para o gerenciamento de operações (Varriale et al., 2023). De maneira, as organizações devem adotar tecnologias digitais para fortalecer seu desempenho sustentável das suas atividades (Varriale et al., 2023). Desta forma, o conceito de Indústria 5.0 foi teorizado complementando a abordagem existente da Indústria 4.0 com a transição para um desenvolvimento sustentável, centrado no ser humano, a Indústria 5.0 é baseada em princípios de desenvolvimento sustentável, que busca melhorar a eficiência e qualidade ao mesmo tempo que reduz os impactos ambientais e sociais, esses princípios são focados na redução do desperdício, na preservação dos recursos naturais, na redução da poluição, na inclusão social e na melhoria dos níveis de vida das pessoas (Varriale et al., 2023).

A Indústria 4.0 e a Indústria 5.0 são tecnologias complexas que buscam revolucionar a forma como as empresas são gerenciadas e as operações realizadas. Estas revoluções não se limitam apenas ao uso de novas tecnologias, mas envolvem a adoção de novos processos, formas de trabalho e mentalidades que visam melhorar os resultados de produtividade, qualidade e sustentabilidade das empresas. Portanto, para que as organizações se beneficiem destas novas tecnologias, é importante que elas estejam abertas à mudança e se preparem para sua implementação.

## 2.2 Agro 4.0

O conceito de Agricultura 4.0 (Agro 4.0), também chamado de agricultura digital, é uma clara referência à Indústria 4.0, uma inovação que começou na indústria automobilística alemã e agora está conquistando fábricas de diversos segmentos graças à automação total dos processos produtivos (Massruhá; Leite, 2017). De acordo com Silva e Cavichioli (2020), a Agricultura 4.0 é considerada muito importante pois traz diversos benefícios e oportunidades ao produtor rural, pois todas as informações e os dados são coletados em tempo real e ficam disponíveis para os produtores.

O Agro 4.0 utiliza métodos de computação de alto desempenho, rede de sensores, comunicação máquina a máquina, conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos analíticos e soluções para processamento de grandes volumes de dados e gestão de construção de sistemas de apoio à decisão (Massruhá; Leite, 2017). Neste viés Ribeiro (2018), ressalta que a Agricultura 4.0 ajudará a reduzir o uso de água, fertilizantes e pesticidas, que geralmente são distribuídos uniformemente pelos campos. Estas tecnologias permitem o

controle, ou seja: que seja aplicado apenas a quantidade mínima necessária em uma área específica, possibilitando aumentar a eficiência nos plantios. A agricultura digital consiste em adicionar tecnologia digital a todos os estágios da cadeia de valor com objetivo de promover vantagens competitivas e benefícios sociais e ambientais (Massruhá et al., 2020).

O conjunto de práticas e tecnologias na agricultura de precisão (AP), usados isoladamente ou combinados, permite realizar o que tem sido chamado de ‘agricultura de precisão’. Nesse conjunto, encontram-se as técnicas de coleta de dados por sensores, os mapeamentos, as amostragens georreferenciadas, os sistemas de informações geográficas, bem como máquinas e equipamentos de aplicação a taxa variada (Molin; Amaral; Colaço, 2015; Barnes et al., 2019).

A agricultura digital, foi uma alternativa para solucionar os grandes desafios da agricultura. As tecnologias digitais podem ser vistas como facilitadoras no planejamento agrícola e na otimização dos processos de produção para atingir os objetivos de sustentabilidade, permite uma melhor tomada de decisão e transformação o funcionamento dos mercados de alimentos agrícolas, melhora a qualidade de vida trabalhadores agrícolas e população rural e ser capaz de atrair uma geração jovens na agricultura e novos negócios rurais (Bolfe, 2020). A força da agricultura brasileira favorece o uso dessas novas tecnologias, mas o país ainda precisa superar os desafios relacionados à educação, infraestrutura de telecomunicações, regulamentação, definição de padrões e segurança da informação, além de altos custos (Bolfe, 2020).

Massruhá et al. (2020), abordam em seus estudos a respeito do rumo da agricultura 5.0 um novo conceito. Os autores entendem que além de inovações técnicas, a agricultura 5.0 precisa incluir propriedades como a capacidade de produzir mais alimentos em uma área menor com menos insumos; promover políticas públicas e estratégias para abordar os aspectos sociais e políticos dos sistemas agrícolas; ajudar a reduzir o desperdício de alimentos nas cadeias de produção e abastecimento; incluir perdas pós-colheita e gestão global de resíduos. Também é necessário estar atento à quantidade de alimentos per capita nas vendas e consumo no varejo, além de promover e facilitar o entendimento das necessidades e nutrição do consumidor e o impacto no uso de recursos naturais e no meio ambiente (Massruhá et al., 2020).

Portanto, a Agricultura 4.0, é uma abordagem inovadora que permite o uso de novas tecnologias para melhorar a produção agrícola. Isso inclui a automação, sensores, conectividade, computação em nuvem, análise de dados e sistemas de apoio à decisão para melhorar a eficiência, reduzir o desperdício e melhorar a qualidade dos alimentos. Já a

Agricultura 5.0 é a próxima evolução dessa abordagem, tendo como foco a sustentabilidade, redução do desperdício de alimentos, a promoção de políticas públicas e estratégias para abordar os aspectos sociais e políticos dos sistemas agrícolas e o entendimento das necessidades e nutrição do consumidor.

### 2.3 Setor Sucroenergético

O setor sucroenergéticos ou sucroalcooleiro, segundo Fenasucro & Agrocana (2022), a cana de açúcar representa PIB 4,5% e fecha o ano em R\$ 95,9 bilhões. Este setor em 2019 foi responsável por 2% do produto Interno Bruto (PIB) nacional, somando-se a produção de açúcar ou etanol e pela exportação desses produtos (Croplife, 2019). O principal produtor no mercado mundial do etanol compõe-se em primeiro lugar no ranking os Estados Unidos da América (EUA) em seguida o Brasil, sendo o segundo maior produtor global de etanol, porém, muito atrás dos Estados Unidos onde a produção mundial de etanol se concentra (54,3%), tanto em produção como consumidor e exportação de etanol do mundo (Vidal, 2020).

Segundo projeções UDOP energia que inova (2023) em uma análise comparativa da safra 2023/2024, na segunda quinzena de outubro de 2023, a produção de açúcar apresenta 38.316.703 toneladas, e o etanol 28.257.979 m<sup>3</sup> valores referentes ao total de produção. Considerando o estado de estado de Mato Grosso do Sul na safra 2022/2023 é responsável por produzir 44.627.126 toneladas de cana-de-açúcar, e a produção de 1.500.301 toneladas de açúcar.

A cana-de-açúcar tem uma longa história no Brasil, iniciando quando ainda era uma colônia, passando para a primeira república, sendo um importante produto nos dias atuais. Durante a história política e social do país, além da economia, também influenciou hábitos na sociedade onde se desenvolveu e continua até hoje (Carvalho, 2012). As empresas industriais têm utilizado o termo energia açucareira para representar o setor. Embora não seja tão preciso, refere-se às atividades ligadas à agroindústria canavieira, de modo especial, para dar modernidade e referência à produção de eletricidade das fábricas e etanol como combustível (Carvalho, 2012).

O setor sucroenergético tem como principal insumo a cana-de-açúcar, que foi trazida para o Brasil pelos portugueses em 1532, e o seu cultivo esteve ligado ao desenvolvimento econômico do país, pois foi uma importante fonte de renda durante o período colonial e uma das culturas brasileiras mais importantes da história recente. Com o passar dos anos, o setor



sucroenergético evoluiu e se tornou um dos mais importantes setores da economia brasileira (Moraes Júnior, 2022). O setor tem sido responsável por fornecer energia para a indústria e abastecer mercados internos e externos com seus produtos (Moraes Júnior, 2022).

A indústria sucroenergética do Brasil surgiu quase que naturalmente, pois o país já se dedicava à produção de açúcar, que pode ser considerada a primeira atividade econômica iniciada no território nacional. O desenvolvimento técnico e científico da cultura da cana-de-açúcar também pode ser observado no aumento da produtividade média, não apenas nos últimos anos (Vieira, 2016).

O setor sucroenergético tem conquistado um importante papel na economia de certas regiões do interior do território nacional e de seus municípios. Possui especificidade geográfica, diferenciando-se de outras culturas do agronegócio, tais como grãos, café, algodão, milho, soja entre outros, pelo fato da necessidade das unidades agroindustriais sucroenergéticas serem consideradas como indústrias do campo, pois precisam estar localizadas próximas ao cultivo de sua matéria-prima (cana-de-açúcar) em função de especificidades próprias do setor (Faria Dos Santos et al., 2022).

A indústria sucroenergética do Brasil desempenha um papel importante na economia brasileira, pois é responsável por fornecer energia para a indústria e abastecer mercados internos e externos com seus produtos. Além disso, contribuiu para o desenvolvimento técnico e científico da cultura da cana-de-açúcar, aumentando a produtividade média. O setor sucroenergético também tem apresentado grande relevância para o desenvolvimento econômico do país, pois tem sido a principal fonte de renda durante o período colonial e uma das culturas brasileiras mais importantes da história recente. Por fim, a cana-de-açúcar tem influenciado a história política e social do país, bem como os hábitos e costumes da sociedade brasileira.

## 2.4 Estudos Correlatos

Este trabalho está inserido em um contexto de pesquisa que dialoga com diversas contribuições já realizadas por outros estudiosos na área. Vireira et al. (2016), por exemplo, focalizaram sua atenção no setor sucroenergético brasileiro, adotando uma abordagem exploratória e documental. Seu principal objetivo foi identificar e analisar as ações e avanços tecnológicos no segmento de cultivares. Para isso, abordaram conceitos teóricos, fornecendo um panorama da evolução tecnológica no setor sucroenergético, com destaque para as principais organizações responsáveis pelo melhoramento da matéria-prima. Os resultados

destacaram a relevância do movimento de capital transnacional para a inovação tecnológica, com concentração notável nas empresas analisadas, como Ridesa, IAC, Copersucar e Canavialis.

Mannarelli Filho et al. (2021), se propôs a apresentar um panorama do setor sucroenergético nas últimas duas décadas, explorando potenciais tendências e perspectivas para a próxima década. Com uma abordagem qualitativa e caracterizando-se como pesquisa bibliográfica e documental, o estudo utilizou modelos teóricos diferenciados, proporcionando uma visão mais abrangente da realidade. Os resultados foram obtidos por meio de uma revisão bibliográfica e documental, permitindo a caracterização das variáveis da pesquisa e destacando a aplicabilidade desses modelos teóricos em futuras investigações.

Por sua vez, Moraes Junior et al. (2022) concentraram seus esforços em avaliar, por meio de uma matriz de tendência multidimensional associada a um banco de dados da web, aspectos da sustentabilidade empresarial de empresas brasileiras de bioenergia sucroenergética entre 2015 e 2020. Este estudo, classificado como pesquisa aplicada, adotou abordagens qualitativas e quantitativas, utilizando o método corporativo. Os achados evidenciaram um ranking dinâmico de empresas, oscilando entre duas matrizes em função dos fatores que as posicionam em momentos distintos. Este resultado corrobora as conclusões do referencial teórico desta pesquisa, enfatizando a ausência de uma constante no cenário de Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças.

O estudo de Pegorin e Andrade (2012), cujo objetivo foi analisar a relação entre a cadeia de pesquisa, desenvolvimento e difusão tecnológica do bioetanol e as questões socioambientais associadas à sua produção. Por meio de uma abordagem qualitativa, combinando fontes documentais e pesquisa de campo com entrevistas, os autores concluíram que o papel das redes de inovação tecnológica é crucial para a gestão ambiental da cadeia produtiva. No entanto, ressaltam que as tecnologias por si só não são capazes de resolver todos os problemas relacionados ao impacto ambiental, indicando a complexidade dessas interações.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O presente trabalho se classifica como uma pesquisa exploratória que segundo Souza et al (2019), constitui a primeira exposição a um tema e visa aumentar o conhecimento sobre um fato ou fenômeno. Quanto aos procedimentos adotados, utilizou-se um estudo de caso, que de acordo com Menezes et al (2019), este é o tipo de pesquisa para o qual o procedimento é

projetado em casos especiais para descobrir as razões que levam a tais resultados.

Quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa, que segundo González (2020), é utilizada para descrever, interpretar, entender, compreender ou resolver situações questões sociais ou educacionais que são consideradas problemáticas por seus atores sociais personagens principais ou que por algum motivo estão interessados em abordar tais situações em um sentido investigativo.

A coleta dos dados foi realizada por meio de entrevista semiestruturada, junto ao coordenador responsável pela produção de cana-de-açúcar (plantio até a colheita), também denominado como coordenador de campo. Também participou da entrevista o coordenador de recursos humanos de uma empresa sucroenergética da região do Vale do Ivinhema. Para a coleta dos dados, através da entrevista semiestruturada sendo necessário a criação de um roteiro como uma forma de orientação. Não necessariamente é preciso ficar preso somente ao roteiro inicial, pois o entrevistador busca descobrir a visão individual de cada entrevistado (Flick, 2013). É um fato inegável que as entrevistas semiestruturadas da fala dos sujeitos sejam gravadas e transcritas na íntegra, produzindo uma enorme quantidade de dados que devem ser considerados muito versáteis a particularidade de cada frase (Alves; Silva, 1992).

Após a realização das entrevistas, os dados coletados foram organizados e processados para se ter resultados mais realísticos, pontos de vista e um amplo leque de informações. Os dados processados serão utilizados para realizar comparações entre os dados recolhidos através dos estudos correlatos e analisá-los para detectar possíveis falhas e oportunidades de melhoria. Estes resultados serão então utilizados para analisar os impactos da inovação na sustentabilidade do setor sucroenergético, identificando as áreas que necessitam de melhorias e os desafios que a inovação pode trazer ao setor. A entrevista ocorreu por meio do Google Meet, e teve uma duração aproximada de 30 minutos. As questões buscaram identificar as inovações de tecnologias utilizadas pela empresa, bem como os reflexos junto aos trabalhadores.

Assim sendo, é esperado que, por meio deste estudo, buscar compreender os impactos da inovação na sustentabilidade do setor sucroenergético para, a partir disso, gerar possíveis estratégias que possam potencializar os processos de inovação destas empresas e contribuir para o desenvolvimento econômico, social e ambiental deste cenário.

#### **4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

O estudo de caso foi realizado em uma Usina sucroenergética instalada na região do

Vale do Ivinhema. Está no mercado a 18 anos, e conta com 800 colaboradores diretos. Utiliza aproximadamente 15 mil hectares de área para o cultivo de cana-de-açúcar, sendo em torno de 40% de área própria e o restante terrenos arrendados de parceiros. Possui uma capacidade instalada para produzir aproximadamente 8 mil toneladas de cana-de-açúcar por dia (24 horas), produzindo etanol. Também comercializa o bagaço de cana como subproduto. Utiliza energia limpa gerada pela própria empresa, a qual está sendo ampliada para comercialização.

Iniciou-se a entrevista perguntando se a empresa tem inovado seu processo de produção, por meio da utilização de tecnologias, contemplando o processo de plantio até a colheita da cana. De acordo com o coordenador de campo, a empresa utiliza (Global Positioning System) GPS para efetuar o plantio, imagens por drone, equipamentos mecanizados para o plantio e colheita, análise de solo georrefenciada. No entanto, ressalta que ainda existem processos manuais no plantio, não tendo equipamentos suficientes para atender a demanda no plantio, os quais são executados por trabalhadores braçais. Também utiliza drone para visualizar pragas e doenças no canavial, visando a economia de custos, pois aplica os fertilizantes e corretivos na necessidade correta de acordo com o solo, bem como os defensivos necessários.

Para Colaço e Molin (2014), imagens via satélite e drone conjugado com a geoestatística, contribuem para demonstrar as condições do canavial, identificando possíveis variações, podendo-se atuar diretamente para resolver o problema. O estudo de Colaço e Bramley (2018) e Barnes (2019) apontam como benefício o tratamento localizado na lavoura, pois proporciona redução de custos, uma vez que se tem o uso eficiente de insumos, além de contribuir para redução de impactos ambientais.

Na sequência, foi solicitado que comentasse sobre os equipamentos e procedimentos utilizados no preparo do solo e plantio da cana-de-açúcar. No preparo de solo utiliza-se os equipamentos mecânicos normais, como arado, subsolador, grade pesada, intermediária, grade niveladora, ou seja: não tem nada autônomo no preparo, apenas o GPS que trabalha só dentro da área. Os tratores possuem computador de bordo, pois entram na linha da cana-de-açúcar e fazem todo o preparo sem precisar que o operador toque no volante. Segundo o coordenador de campo, “as linhas delineadas foram desenhadas, porém a manobra, se o solo dá uma patinagem, se sai um pouco fora linha, é necessário desligar o piloto e fazer as correções, pois a parte totalmente autônoma ainda é um pouco distante, não só por questão de investimento, mas por ser algo assim que ainda está em teste no mercado”.

Segundo Biosul (2018) apresenta uma entrevista em que o engenheiro agrônomo Werner Semmelroth, produtor de cana-de-açúcar em Batayporã, destaca a importância das técnicas de

manejo e conservação do solo e da água para melhorar o desempenho produtivo sem a necessidade de ampliar a área cultivada. Ele menciona o uso de corretivos no preparo do solo e na soqueira da cana, acompanhados de análises laboratoriais periódicas. Além disso, destaca a adubação de reposição nutricional anual, baseada na extração da cultura, sem depender das reservas químicas do solo.

Semmelroth ressalta a importância do planejamento para garantir uma boa lavoura e evitar problemas com a legislação ambiental. Ele aconselha cuidados no preparo do solo, utilizando técnicas apropriadas para evitar o assoreamento de mananciais de água e processos erosivos. Quanto à conformidade com a legislação ambiental, o engenheiro agrônomo sugere que os produtores rurais registrem o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Isso assegura o respeito às nascentes, matas ciliares, áreas de preservação permanente e reserva legal. Ele destaca a importância de cumprir as condicionantes determinadas pelos órgãos ambientais e seguir os protocolos relacionados à colheita da cana sem o uso do fogo (Biosul, 2018).

O uso do GPS no plantio, segundo Maria et al (2016) contribui para maximizar as linhas de plantio reduzindo o número de manobras, proporcionando redução do tempo, e por consequência, do custo das operações mecanizadas, além de compactar o solo em menor escala. Complementando, Monzambani et al (2021) enfatiza que o plantio por meio de auxílio do GPS, piloto automático, softwares de geoprocessamento, imagens por satélite e drones podem contribuir para redução de custos e aumento da produtividade, além da conservação e melhor aproveitamento do solo.

Referente ao plantio, parte é feito de forma manual, por meio de trabalhadores, pois os investimentos em maquinários representam valores elevados. A parte mecanizada é feito com uso de plantadeira adaptada, “já com kit de mudas, rolo de borracha, tudo certo para não danificar a gema. Então a colhedora, joga no caminhão transbordo, que joga na plantadeira que ela já sai plantando, ela mesma planta e cobre e já joga o inseticida em cima e o adubo também”.

O pós-plantio, também chamado de pré-emergente, é realizado com 45 dias mais ou menos, é efetuado por meio de um implemento adaptado em um trator conhecido como “quebra lombo” e já tem um tanquinho que realiza a aplicação do herbicida. Também utiliza um implemento de trator com tanque semelhante a um “uniport”, este trator com as barras. “Tudo por GPS, tudo com taxa variável, taxa de vazão variável, sendo apenas aplicado o que a terra pede mesmo de acordo com as análises” (coordenador de campo).

O processo de colheita da cana-de-açúcar ocorre por meio do uso de equipamentos mecanizados com colhedoras, transbordos e caminhões, e outra parte é realiza manualmente

por trabalhadores que fazem o corte. “importante ressaltar que não se faz mais o uso de queimadas para facilitar o corte manual da cana”. Em pesquisa realizada por Monzambani et al (2021), 32% dos 131 produtores de cana-de-açúcar utilizam equipamentos que fazem a colheita com auxílio de piloto automático. A mesma pesquisa aponta que produtores enfrentam dificuldades que pode ocorrer desde a conectividade do campo, bem como a falta de comunicação entre os sistemas dos equipamentos de uma marca e outra. O relato de um produtor aponta que consegue utilizar o piloto automático apenas no plantio, não sendo compatível para o equipamento utilizado na colheita.

Na sequência, questionou-se sobre as facilidades e dificuldades encontradas para implementação do uso de novas tecnologias na atividade de campo. Os achados remetem à falta de mão-de-obra qualificada. Segundo o coordenador de Recursos Humanos (RH) houve necessidade de treinar operadores de máquinas. “optamos por treinar e qualificar nossos colaboradores, até pela dificuldade de encontrar profissionais já treinados fora da empresa”. Esse procedimento motiva os colaboradores a buscarem qualificação esperando crescimento profissional dentro da própria empresa. O coordenador de campo ressaltou que as empresas fornecedoras de equipamentos pecam no pós-venda, principalmente em contribuir para melhor utilização de equipamentos. Os achados corroboram com os resultados encontrados por Monzambani et al (2021), em que há relato de produtores que as empresas fornecedoras de equipamentos precisam se qualificar no suporte técnico, pois existe muita oferta de máquinas e equipamentos, não possuem suporte técnico adequado no pós-venda. Também enfatiza que o mercado oferece equipamentos totalmente autônomos, mas o custo para a aquisição ainda é bastante elevado, além de alguns equipamentos ainda estarem em fase de testes.

Pivoto (2018) em seu estudo aponta em sua pesquisa realizada junto a produtores de grãos, que uma das principais barreiras para o uso da agricultura de precisão refere-se aos altos investimentos iniciais dos equipamentos, os quais precisam ser recuperados ao longo do tempo. Também ressalta que o investimento depende da escala de produção, pois propriedades de pequeno porte não possuem recursos para investir em equipamentos de ponta.

No que se refere à redução do número de colaboradores a partir da implementação de equipamentos automatizados, o coordenador de RH afirma que não ocorreu. “Como dito anteriormente, há falta de colaboradores. Estamos com vaga de trabalho aberta e não conseguimos contratar”. A empresa possui um processo misto, ou seja: parte do processo usa equipamentos tecnológicos e parte continua de forma braçal.

Por fim, questionou-se sobre os benefícios oferecidos aos colaboradores, em que o

coordenador de RH comenta que a empresa oferece um transporte de qualidade até o local de trabalho, além de todas as condições necessárias para realizar as atividades mantendo qualidade de vida. No entanto, cita que não possui um plano de cargos e salários implantado e contribui com plano de saúde.

## 5 CONCLUSÕES

O agronegócio brasileiro desempenha um papel crucial na economia nacional e mantém uma notável relevância global. Com uma produção diversificada, a agricultura brasileira se destaca pela extensão considerável de terras cultiváveis, condições climáticas favoráveis e avanços tecnológicos. Diante desse contexto, a adoção do Agro 4.0 no país visa não apenas impulsionar a produtividade, mas também enfrentar desafios específicos, como a gestão sustentável dos recursos naturais e a harmonização entre a produção agrícola e a preservação ambiental. Essa transformação digital no setor agropecuário brasileiro emerge como uma oportunidade para fomentar a competitividade e a inovação, enquanto busca soluções para questões socioambientais.

Neste viés o presente artigo teve como objetivo analisar os impactos da inovação na sustentabilidade no setor sucroenergético da região do Vale do Ivinhema. A análise considerou de forma exploratória uma Usina sucroenergética instalada na região do Vale do Ivinhema. Está no mercado a 18 anos, e conta com 800 colaboradores diretos.

Os resultados do estudo sugerem uma abordagem gradual na implementação de tecnologias, considerando os desafios específicos do contexto, como a escassez de mão-de-obra qualificada. A empresa busca equilibrar a modernização com a manutenção de práticas tradicionais, indicando uma transição cuidadosa para a adoção de tecnologias mais avançadas no setor sucroenergético.

Os resultados apontam que a empresa estudada adota a implementação gradual de tecnologias, como o uso de GPS, drones e análise georreferenciada do solo, bem como alguns maquinários utilizados para o plantio e colheita da cana. Embora existam implementações inovadoras, alguns processos ainda dependem significativamente de trabalho manual.

Encontrou-se desafios na mecanização total, o coordenador de campo destaca a distância ainda existente para alcançar a total autonomia na agricultura, mencionando desafios financeiros e técnicos. Isso ressalta que a transição para práticas totalmente autônomas, como o plantio automatizado, pode levar tempo e enfrentar obstáculos.

Apresentou Benefícios Ambientais e Econômicos: A utilização de imagens por drone para monitorar pragas, a aplicação precisa de insumos baseada em análises de solo e a redução do uso de queimadas na colheita demonstram um compromisso com práticas mais sustentáveis. Além disso, a empresa busca economias de custo por meio da eficiência na gestão de insumos.

E destacou a Necessidade de Qualificação de Mão de Obra: A falta de mão de obra qualificada é destacada como um desafio. A empresa optou por treinar seus colaboradores, indicando a importância de programas de capacitação para garantir a efetiva utilização das tecnologias implementadas. Problemas com suporte técnico e pós-venda, a falta de suporte técnico eficiente por parte dos fornecedores de equipamentos é apontada como uma dificuldade. Isso destaca a importância de uma parceria sólida entre empresas e fornecedores para garantir uma transição suave para tecnologias mais avançadas.

Sinteticamente, a usina sucroenergética no Vale do Ivinhema está trilhando um caminho de transição para práticas mais tecnológicas, enfrentando desafios comuns associados à adoção de tecnologias avançadas no setor agrícola. A implementação do Agro 4.0 é observada em várias etapas do processo de produção, com a empresa buscando equilibrar a modernização com práticas tradicionais. A capacitação da mão de obra, a colaboração eficaz com fornecedores e a busca contínua por inovação são essenciais para otimizar os benefícios dessas tecnologias e garantir uma transição suave para práticas mais avançadas no futuro.

Considerando à medida que o setor avança em direção ao Agro 5.0, espera-se que a integração de tecnologias ainda mais avançadas, como inteligência artificial, internet das coisas (IoT) ou Internet das Coisas e análise de big data (é um conjunto de dados maior e mais complexo), aprimore ainda mais a eficiência operacional, reduza impactos ambientais e promova uma agricultura mais sustentável e produtiva. O caminho traçado pela usina sucroenergética no Vale do Ivinhema serve como um exemplo valioso para outras empresas do setor que buscam equilibrar inovação e tradição em sua jornada rumo ao futuro do agronegócio.

Este trabalho não apenas oferece contribuições acadêmicas substanciais, mas também apresenta insights valiosos para o setor sucroenergético. Embora tenhamos alcançado com êxito o principal objetivo da pesquisa, é importante notar que a investigação foi conduzida em uma empresa familiar que está gradualmente trilhando o caminho da automatização total. No entanto, durante o processo, deparamo-nos com diversos obstáculos, sendo a resistência de algumas empresas e indivíduos um desafio proeminente. Infelizmente, observou-se uma relutância generalizada em colaborar com a pesquisa acadêmica, fenômeno que não se restringe apenas à região do Vale do Ivinhema, mas reflete uma tendência mais ampla na sociedade



Para pesquisas futuras, sugere-se uma abordagem mais aprofundada sobre a desconfiança das empresas em participar ativamente de projetos de pesquisa acadêmica. Este aspecto crítico pode proporcionar insights (termo que se refere a percepções profundas, compreensões súbitas e discernimentos perspicazes sobre uma situação, problema ou fenômeno). valiosos sobre as dinâmicas subjacentes que permeiam a relação entre o meio acadêmico e o setor privado, contribuindo para um entendimento mais abrangente dos desafios e oportunidades inerentes a esse tipo de parceria.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Zélia Mana Mendes Biasoli; SILVA, Maria Helena GF. Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, p. 61-69, 1992.

**Até 2050 serão necessários três planetas para suprir necessidades da população mundial, alerta ONU.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/62697-at%C3%A9-2050-ser%C3%A3o-necess%C3%A1rios-tr%C3%AAs-planetas-para-suprir-necessidades-da-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-alerta>. Acesso em: 7 abr. 2023.

BARNES, A. P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B.; VANGEYTE, J.; FOUNTAS, S.; VAN DER WAL, T.; GÓMEZ-BARBERO, M. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: a cross regional study of EU farmers. *Land Use Policy*, v.80, p.163-174, 2019.

BOLFE, E. L. et al. Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. **Embrapa Agricultura Digital**, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1126283>. Acesso em 03 de mai. 2023.

BRAGA, Carlos Alberto Primo; PAIVA, Paulo de Tarso Almeida (org.). **Produtividade e o futuro da economia brasileira.** FUNDAÇÃO DOM CABRAL. Imagine Brasil, 2022. E-book. Disponível em: <https://www.fdc.org.br/conhecimento/publicacoes/livro-eletronico-e-book-36078>. Acesso em 26 de mar. 2023

**Busca | IBGE.** Disponível em <https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=produ%C3%A7%C3%A3o+da+cana+de+a+cucar+para+2023>. Acesso em: 7 abr. 2023.

**Cana-de-açúcar: uma cultura de sucesso para a economia brasileira.** Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/cana-de-acucar-uma-cultura-de-sucesso-para-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 16 maio. 2023.

CARVALHO, Fagner dos Santos. O setor sucroenergético no Brasil: estado, hegemonia e relações internacionais-o caso da Unica no agribusiness internacional. **Repositório Institucional UNESP**, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/88771>. Acesso em 28 de abri. 2023.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0.** Tese (Doutorado)- Curso Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, p. 65. 2016.

COLAÇO, A. F.; BRAMLEY, R. G. V. Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? *Field Crops Research*, v.218, p.126-140, 2018.

COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. Amostragem georreferenciada. Piracicaba, SP: Laboratório de Agricultura de Precisão, 2014. 5 p. (Boletim Técnico, 2).

CORDEIRO, Gabrielly Araujo et al. Etapas para implantação da Indústria 4.0: uma visão sob aspectos estratégicos e operacionais. **XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, 2017. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/73234282/TN\\_STO\\_244\\_413\\_33991.pdf](https://www.academia.edu/download/73234282/TN_STO_244_413_33991.pdf). Acesso em 16 de mai. 2023.

**Correio do Estado | Etanol é foco na Safra de MS.** Disponível em: <https://biosulms.com.br/midia/usinas-de-cana-faturam-alto-com-a-venda-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 1 dez. 2023.

DE LIMA, Alison Gustavo; PINTO, Giuliano Scombatti. Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 2, p. 299-311, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/642/433>. Acesso 15 de mar. 2023.

**Estocolmo+50 termina com chamado por transformação ambiental e econômica urgente.** Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/estocolmo50-termina-com-chamado-por-transformacao>. Acesso em: 3 maio. 2023.

FIRJAN, Senai. Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios. **Finjan Senai paeceria Finep**, Rio de Janeiro, p1- 63p, 01, 2019. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-no-brasil-oportunidades-perspectivas-e-desafios.htm>. Acesso 13 de mai. 2023.

FLICK, Uwe. **Introdução à metodologia de pesquisa:** Um Guia Para Iniciantes. 1. ed. São Paulo: Penso Editora, 2013.

GONZÁLEZ, Fredy Enrique. Reflexões sobre alguns conceitos da pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 8, n. 17, p. 155-183, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Fredy-Gonzalez-9/publication/346063651\\_Reflexoes\\_sobre\\_alguns\\_conceitos\\_da\\_pesquisa\\_qualitativa/links/5fc524b74585152e9be4a8fc/Reflexoes-sobre-alguns-conceitos-da-pesquisa-qualitativa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fredy-Gonzalez-9/publication/346063651_Reflexoes_sobre_alguns_conceitos_da_pesquisa_qualitativa/links/5fc524b74585152e9be4a8fc/Reflexoes-sobre-alguns-conceitos-da-pesquisa-qualitativa.pdf). Acesso em 28 de mai. 2023.

KUHLER, Patrick Calvano. Utilização do sensoriamento remoto para o mapeamento dos sistemas integrados de produção agrícola: contribuição ao monitoramento da agricultura de baixa emissão de carbono no estado do Mato Grosso, Brasil. **Embrapa Agricultura Digital**, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1135585/1/Tese-Doutorado-Patrick-Calvano-Kuchler-2021.pdf>. Acesso em 27 de mai. 2023.

LASKURAIN-ITURBE, Iker et al. Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 321, p. 128944, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621031371>. Acesso em 28 de mai. 2023.

LEZOCHE, Mario et al. Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. **Computers in industry**, v. 117, p. 103187, 2020. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361519307584?casa\\_token=H6O1Gf kBbAYAAAAA:RtS7u8ahxh7\\_k1HfhEkkfKr7hrbpypGNpyha-IVekoe9aQ0B3vWfpVvK8aX4lrNTy0IzcNiLdYva](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361519307584?casa_token=H6O1Gf kBbAYAAAAA:RtS7u8ahxh7_k1HfhEkkfKr7hrbpypGNpyha-IVekoe9aQ0B3vWfpVvK8aX4lrNTy0IzcNiLdYva). Acesso em 03 de mar. 2023.

MANNARELLI FILHO, et al. Responsabilidade social, sustentabilidade e inovação no setor sucroenergético brasileiro: Tendências e perspectivas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e32610414317-e32610414317, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14317>. Acesso em 01 de mai. 2023.

MARIA, I. C.; DRUGOWICH, M. I.; BORTOLETTI, J. O.; VITTI, A. C.; ROSSETO, R.; FONTES, J. L.; TCATCHENCO, J.; MARGATHO, S. M. F. Recomendações gerais para a conservação do solo na cultura da cana-de-açúcar. Campinas, SP: Instituto Agrônômico. 2016. (Boletim Científico).

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. **Embrapa Agricultura Digital**, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1126214/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>. Acesso em 12 de mai. 2023.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, MA de A. Agro 4.0-rumo à agricultura digital. **Embrapa Agricultura Digital**, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1073150/1/PL-Agro4.0-JC-na-Escola.pdf>. Acesso em 12 mai. 2023.

MENEZES, Afonso Henrique Novaes et al. Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância. **Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE**, 2019. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/noticias/univasf-publica-livro-digital-sobre-metodologia-cientifica-voltada-para-educacao-a-distancia/livro-de-metodologia-cientifica.pdf>. Acesso em 13 de mai. 2023.

MORAES JÚNIOR, Valdério Freire de et al. Bioenergia sucroenergética: aspectos da sustentabilidade empresarial. **Repositório Institucional da UFPB**, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25264>. Acesso em 28 de abr. 2023

MOZAMBANI, C. I. et al. Adoção da agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria no estado de São Paulo. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1132825>. Acesso em 24 de nov. 2023.

PAIVA, Danielle Cruz; RABECHINI JR, Roque. Project capabilities in industry 4.0: future research opportunities in project management. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 14, n. 1, p. e0581-e0581, 2022. Disponível em: <https://www.futurejournal.org/FSRJ/article/view/581>. Acesso em 15 de mar. 2023.

PEREIRA, Raquel; CARDOSO, Ana Rita. Qual a relevância da digitalização e adoção de componentes da indústria 4.0 para a internacionalização de pequenas e médias empresas portuguesas?. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 15, n. 1, p. e0694-e0694, 2023. Disponível em: <https://futurejournal.org/FSRJ/article/view/694>. Acesso em 15 de mar. 2023.

**PIB da cana avança 4,5% e fecha o ano em R\$ 95,9 bilhões.** Disponível em: <https://www.fenasucro.com.br/pt-br/blog/negocios/pib-da-cana-avanca-4-5--e-fecha-o-ano-em-r--95-9-bilhoes.html#:~:text=O%20faturamento%20do%20setor%20sucroenerg%C3%A9tico>. Acesso em: 11 ago. 2023.

PIVOTO, D. Smart farming: concepts, applications, adoption and diffusion in southern Brazil. 2018. 126 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/178439/001066514.pdf?sequence=1>. Acesso em 24 de nov. 2023.

RIBEIRO, Josiana Gonçalves; MARINHO, Douglas Yusuf; ESPINOSA, Jose Waldo Martínez. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: **Simpósio de Engenharia De Produção**. 2018. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/AGRICULTURA\\_4.0\\_DESAFIOS\\_%C3%80\\_PRODU%C3%87%C3%83O\\_DE\\_ALIMENTOS\\_E\\_INOVA%C3%87%C3%95ES\\_TECNOL%C3%93GICAS.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/AGRICULTURA_4.0_DESAFIOS_%C3%80_PRODU%C3%87%C3%83O_DE_ALIMENTOS_E_INOVA%C3%87%C3%95ES_TECNOL%C3%93GICAS.pdf). Acesso em 13 de abr. 2023.

SILVA, José de Ribamar Sá et al. Segurança alimentar, produção agrícola familiar e assentamentos de reforma agrária no Maranhão. 2007. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/759>. Acesso em 02 de mai. 2023.

SILVA, Juliane Máira Pedro; CAVICHIOLO, Fabio Alexandre. O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 616-629, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1068>. Acesso em 02 de mai.2023.

SOUZA, Evânia Leiros de et al. Metodologia da pesquisa: aplicabilidade em trabalhos científicos na área da saúde. **Repositório UFRN**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/27909>. Acesso em 01

SUGAYAMA, Ricardo; NEGRELLI, Evaldir. Connected vehicle on the way of Industry 4.0. **Blucher Proceedings**, 2015. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/simea2016/PAP16.pdf>. Acesso em 26 de mar. 2023.

**UDOP - União Nacional da Bioenergia.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/producao-brasileira>. Acesso em: 1 dez. 2023.

VIDAL, Maria de Fátima. Produção e mercado de etanol. **Caderno Setorial Etene**, 2020. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1196>. Acesso em 02

de jun. 2023

VIEIRA, Adriana Carvalho Pinto; GARCIA, Junior Ruiz; LUNAS, Divina Aparecida Leonel. Tendências tecnológicas no segmento de cultivares no setor sucroenergético brasileiro.

**Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 12) Ano 2016**, 2016. Disponível em:

<https://www.revistaespacios.com/a16v37n12/16371220.html>. Acesso em 31 de abr. 2023.

YANO, Inácio Henrique et al. Sistema de acompanhamento de investimentos para aumento da rentabilidade e sustentabilidade do setor sucroenergético. **XLI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2021. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1135873/1/Sistema-Acompanhamento-ENEGEP-2021.pdf>. Acesso em 27 de mar. 2023.

ZANIN, Antonio et al. Robotização na ordenha leiteira e o conceito do Agronegócio 4.0. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2022. Disponível em:

<https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/4963>. Acesso em 26 de mar. 2023.