

ANÁLISE COMPARATIVA DE EQUIPAMENTOS NO SETOR DE COLHEITA DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA: DESEMPENHO E POTENCIAL DE MERCADO.

Leonardo Lima dos Santos
leonardo.lima2@aluno.ifsp.edu.br
IFSP-Suzano

Ênio Fernandes
eniofr@ifsp.edu.br
IFPS-Suzano

Resumo: O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre os equipamentos utilizados na colheita mecanizada da cana-de-açúcar no setor sucroalcooleiro, considerando seu desempenho operacional e o potencial de mercado de novas tecnologias. A pesquisa caracterizou-se como exploratória, descritiva e comparativa, com abordagem qualitativa, utilizando-se de revisão bibliográfica e estudo de caso aplicado à empresa fictícia ABC, localizada no interior de São Paulo. Foram coletados e comparados dados operacionais reais e informações técnicas disponíveis em manuais, relatórios e publicações científicas. Os resultados demonstraram que os equipamentos atualmente utilizados pela empresa apresentam limitações significativas em termos de consumo de combustível, produtividade e custos operacionais. A partir do levantamento de tecnologias disponíveis no mercado, foi possível projetar um cenário mais eficiente, com ganhos estimados em desempenho, economia e sustentabilidade ambiental. O estudo conclui que a modernização dos equipamentos e a adoção de sistemas inteligentes são estratégias viáveis e recomendáveis para aumentar a competitividade e a eficiência das operações no setor sucroenergético.

Palavras Chave: Cana-de-Açúcar - Mecanização Agrícola - Colheita - Ef. Operacional - Set. Sucroalcooleiro

1 INTRODUÇÃO

A indústria sucroalcooleira ocupa uma posição estratégica na matriz econômica brasileira, sendo responsável por parte significativa da produção de açúcar e etanol no país. Com sua expressiva contribuição para o agronegócio e para a balança comercial, essa cadeia produtiva movimenta diversos setores industriais, logísticos e tecnológicos. Em meio a esse cenário, a colheita da cana-de-açúcar representa uma das etapas mais relevantes do processo produtivo, interferindo diretamente na eficiência, nos custos e na qualidade da matéria-prima processada. O avanço da mecanização agrícola, impulsionado por demandas ambientais, trabalhistas e econômicas, vem transformando de maneira profunda essa etapa, exigindo da indústria a constante modernização de seus equipamentos.

A relevância do tema se destaca pelo papel central que a colheita mecanizada desempenha na competitividade das usinas sucroalcooleiras. Diante de um mercado cada vez mais exigente em relação à produtividade, à sustentabilidade e à redução de custos, as empresas do setor vêm buscando tecnologias que otimizem o desempenho das operações de campo. Além disso, a substituição da colheita manual por máquinas modernas está relacionada à diminuição de impactos ambientais, como a eliminação da queima da palha da cana, e à conformidade com legislações que regulam as atividades rurais e trabalhistas. Nesse contexto, analisar o desempenho dos equipamentos utilizados na colheita mecanizada, bem como as inovações disponíveis no mercado, é essencial para identificar gargalos operacionais e oportunidades de melhoria.

No entanto, observa-se que muitas empresas do setor ainda enfrentam dificuldades na escolha dos equipamentos mais adequados para suas realidades operacionais, enfrentando desafios como custos elevados, falta de mão de obra especializada para operar máquinas mais complexas e limitações de infraestrutura nas áreas cultivadas. A heterogeneidade dos modelos disponíveis, associada às condições específicas de cada região produtora, impõe à indústria a necessidade de avaliar de forma criteriosa as soluções tecnológicas empregadas na colheita.

A ausência de uma análise comparativa sistematizada pode resultar em investimentos pouco eficientes, comprometendo o desempenho global das operações e os resultados econômicos da safra.

Justifica-se, portanto, a realização deste estudo por sua contribuição prática e acadêmica para o setor sucroalcooleiro. Ao comparar o desempenho de diferentes equipamentos utilizados na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, bem como identificar novas tecnologias com potencial de otimizar o processo, este trabalho busca fornecer subsídios técnicos que auxiliem na tomada de decisões estratégicas. Além disso, ao apresentar um estudo de caso realista com dados operacionais da empresa ABC, situada no interior de São Paulo, pretende-se ilustrar os impactos positivos da modernização da frota de colheita e reforçar a importância da adoção de soluções alinhadas à realidade de cada unidade produtiva.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo principal realizar uma análise comparativa entre os equipamentos atualmente utilizados na colheita mecanizada da cana-de-açúcar e as novas tecnologias disponíveis no mercado, avaliando seus respectivos desempenhos operacionais e potenciais de ganho para o setor sucroalcooleiro. Como objetivos específicos, pretende-se identificar as principais vantagens e limitações dos equipamentos em uso, apresentar alternativas tecnológicas emergentes e mensurar os impactos dessas soluções no cenário produtivo de uma empresa do setor.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO E SUA LOGÍSTICA

O agronegócio brasileiro é um dos principais setores econômicos do país, com destaque para a cadeia da cana-de-açúcar, que abrange desde o cultivo até o processamento industrial. O Brasil é líder mundial na produção de açúcar e etanol, o que exige uma estrutura agroindustrial eficiente e sistemas logísticos bem coordenados para garantir competitividade e sustentabilidade nas operações (SILVA; AMORIM, 2024). Nesse contexto, a logística exerce papel estratégico, integrando as etapas de produção e transporte da biomassa vegetal. A produção de energia a partir da cana-de-açúcar reforça a importância de uma logística eficaz, especialmente em relação ao uso da palhada como fonte energética. O aproveitamento energético da biomassa demanda investimentos em equipamentos específicos, soluções de armazenamento e planejamento de transporte que minimizem perdas e maximizem a eficiência operacional (LIMA et al., 2020). Diante das crescentes exigências ambientais, a adoção de práticas logísticas sustentáveis torna-se imperativa para o fortalecimento do setor sucroenergético.

Com a mecanização da colheita, surgem transformações logísticas significativas, incluindo a necessidade de adaptação da infraestrutura rural e mudanças nos processos operacionais. Embora a automação proporcione ganhos em produtividade, ela também impõe desafios, como a requalificação da mão de obra e a reorganização da malha viária nas propriedades agrícolas. Tais mudanças demandam estratégias de gestão eficientes e investimentos em tecnologia para garantir a sustentabilidade e a eficiência do setor (PAULOSSO et al., 2023).

2.2 A INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA NO BRASIL

A indústria sucroalcooleira brasileira desempenha papel estratégico na economia nacional, com importância histórica e crescente relevância no cenário energético mundial. Desde o período colonial, a produção de açúcar e etanol tem impulsionado o desenvolvimento regional, consolidando o Brasil como uma potência agrícola e energética (SOUZA, 2024). Essa indústria abrange diversas etapas, desde o cultivo da cana-de-açúcar até a distribuição de seus derivados, sendo diretamente impactada por avanços tecnológicos e pela necessidade de atender a padrões ambientais e sociais cada vez mais rigorosos.

A crescente demanda por fontes de energia renováveis impulsionou o setor sucroenergético a investir em processos mais eficientes e sustentáveis, destacando-se a colheita mecanizada da cana-de-açúcar como um marco tecnológico relevante. A biomassa da cana, incluindo palha e bagaço, passou a ser amplamente utilizada na produção de etanol e bioeletricidade, evidenciando a integração entre produção agrícola e energética. Contudo, essa transição exige infraestrutura moderna e inovação contínua, o que ainda representa um desafio para muitas unidades produtivas (SOUZA, 2024).

Apesar dos avanços, a mecanização da colheita apresenta dificuldades em sua implementação uniforme, devido às particularidades das regiões produtoras, como a topografia, o porte das propriedades e a capacidade de investimento das usinas. Tais fatores podem comprometer a eficiência operacional e dificultar o cumprimento de metas ambientais,



como a eliminação da queima da palha, reforçando a necessidade de políticas públicas e incentivos que apoiem a modernização do setor (GLOBO RURAL, 2022).

2.3 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA E PRODUTIVIDADE

A mecanização da colheita da cana-de-açúcar tem desempenhado papel essencial na elevação da produtividade e na sustentabilidade do setor sucroenergético, sendo influenciada por variáveis como a velocidade de operação e o número de facões das colhedoras, que afetam diretamente os níveis de perdas, impurezas e o teor de açúcar por hectare (RAMOS, 2020). Práticas como a manutenção preventiva e o treinamento qualificado dos operadores tornam-se indispensáveis para otimizar o desempenho das máquinas e reduzir custos operacionais (MELO, 2023). Além disso, a mecanização tem contribuído significativamente para a mitigação de impactos ambientais, ao eliminar a queima da palha e, consequentemente, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, promovendo práticas agrícolas mais conservacionistas (BRASIL, 2021). Com o avanço da agricultura 4.0, tecnologias embarcadas, como sensores de performance e sistemas de telemetria, permitem o monitoramento em tempo real das operações, viabilizando decisões mais assertivas e aumentando a eficiência no uso dos recursos naturais e financeiros (FERREIRA; LIMA, 2022). Nesse contexto, a integração entre mecanização e digitalização consolida-se como uma estratégia indispensável para garantir a competitividade, a sustentabilidade e a modernização contínua das atividades no setor canavieiro.

2.4 DESEMPENHO E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS DA COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR

A eficiência da colheita mecanizada da cana-de-açúcar depende diretamente do desempenho das colhedoras, que influenciam o custo operacional, a qualidade do produto colhido e o rendimento industrial. Componentes como os sistemas de corte de base, extração de impurezas e compactação da biomassa são cruciais para a integridade dos colmos e a redução de perdas (SANTOS et al., 2021). Além disso, estudos recentes demonstram que fatores como a velocidade de deslocamento e a regulação das máquinas impactam significativamente o consumo de combustível e a quantidade de impurezas vegetais presentes no produto final, destacando a importância da manutenção preventiva e da capacitação de operadores (LIMA; OLIVEIRA, 2022).

A adoção de novas tecnologias vem transformando o setor sucroenergético, com colhedoras de última geração equipadas com sensores, telemetria, controle automatizado e integração com plataformas de gestão agrícola. Tais inovações permitem maior precisão nas operações, otimizam recursos naturais e reduzem o desperdício de biomassa, gerando ganhos expressivos em produtividade e sustentabilidade (FERREIRA et al., 2023). Além disso, a utilização inteligente da palhada e do bagaço como fontes de bioenergia destaca o papel das tecnologias na maximização do aproveitamento energético da cana-de-açúcar (SOUZA; MARTINS, 2024).

Apesar dos avanços, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios como limitações de infraestrutura, topografia irregular, acesso restrito ao crédito e a necessidade de requalificação da mão de obra rural. A mecanização tem transformado o perfil da força de trabalho, exigindo maior qualificação técnica e políticas públicas que promovam a inclusão tecnológica das comunidades agrícolas (COSTA; RAMOS, 2021). Dessa forma, o processo



de inovação no setor requer não apenas investimentos em máquinas modernas, mas também mudanças gerenciais e ações voltadas à equidade social e ao desenvolvimento sustentável.

3 METODOLOGIA

A pesquisa adotou abordagem qualitativa, exploratória e comparativa, com revisão bibliográfica e estudo de caso prático. O estudo analisou dados operacionais da empresa fictícia ABC, localizada no interior paulista, que utiliza máquinas de médio desempenho. Os indicadores observados incluíram consumo de combustível, área colhida, tempo de colheita e custo por hectare. Esses dados foram comparados com especificações de modelos tecnológicos avançados, como o Case IH A8800 Multi Row e o John Deere CH950. A análise concentrou-se em quatro dimensões: desempenho operacional, eficiência energética, custo-benefício e impactos logísticos/ambientais. Ferramentas como tabelas, gráficos e fluxogramas facilitaram a visualização dos dados. A metodologia permitiu identificar ganhos potenciais com a substituição dos equipamentos, além de validar hipóteses sobre redução de custos, aumento de produtividade e impactos sustentáveis. A integração entre teoria e prática demonstrou a importância da inovação tecnológica na modernização da colheita da cana-de-açúcar.

4. ESTUDO DE CASO: EMPRESA ABC

A empresa ABC é uma agroindústria de médio porte localizada no interior do estado de São Paulo, atuando há mais de duas décadas no setor sucroenergético. Sua principal atividade está voltada para o cultivo, colheita e processamento da cana-de-açúcar, com produção destinada à fabricação de etanol e açúcar para o mercado nacional. Ao longo de sua trajetória, a empresa consolidou-se como fornecedora regional, mantendo relações comerciais com distribuidoras e refinarias, e investindo gradualmente na mecanização de suas operações agrícolas, em especial na colheita, etapa fundamental para a eficiência do processo produtivo.

Com uma área cultivada de aproximadamente 8.500 hectares, a empresa ABC conta com uma estrutura logística que compreende frota de transporte, posto de abastecimento, oficina mecânica, centro de controle operacional e armazéns próprios. Sua capacidade produtiva anual gira em torno de 600 mil toneladas de cana processada, sendo sua operação marcada pela sazonalidade da safra e pela necessidade de sincronização entre colheita e transporte. Apesar do uso de colhedoras mecanizadas, o parque de máquinas da empresa ainda é considerado tecnologicamente limitado, o que afeta diretamente a eficiência do sistema e a capacidade de atingir metas de produtividade, especialmente em períodos de alta demanda. A problemática enfrentada pela empresa está diretamente relacionada à defasagem tecnológica dos equipamentos atualmente utilizados na colheita. Os modelos em operação apresentam falhas frequentes, necessidade elevada de manutenção corretiva e consumo elevado de combustível. Esses fatores elevam significativamente os custos operacionais, impactando negativamente a margem de lucro e a sustentabilidade econômica do negócio. Além disso, a performance abaixo do esperado das colhedoras compromete o ritmo de trabalho e a qualidade da matéria-prima entregue à usina, dificultando o aproveitamento pleno da janela de colheita e a eficiência geral da produção.

O processo de colheita mecanizada da empresa ABC é realizado com três colhedoras de modelo genérico, adquiridas entre os anos de 2011 e 2014. Esses equipamentos, embora

tenham sido adequados à época da compra, hoje demonstram limitações frente às exigências atuais do setor. Os operadores relatam baixa capacidade de adaptação a terrenos com inclinação e falhas nos sistemas de corte de base, o que gera perdas de matéria-prima e elevado índice de impurezas vegetais. A manutenção é realizada de forma contínua, com necessidade de paradas frequentes para substituição de peças e ajustes mecânicos, o que acarreta em perda de tempo operacional e aumento de custos com mão de obra e peças de reposição.

A seguir, apresenta-se uma tabela com o detalhamento dos principais indicadores operacionais dos equipamentos utilizados atualmente pela empresa, considerando os aspectos mais relevantes para a análise técnica da colheita mecanizada.

Modelo	Ano	Consumo (L/ha)	Área colhida/dia (ha)	Custo operacional (R\$/ha)	Manutenção (paradas/mês)	Sistema inteligente
Colhedora Genérica A	2011	62	11	325	9	Não
Colhedora Genérica B	2012	58	12	315	7	Não
Colhedora Genérica C	2014	60	13	320	8	Não

Tabela 1 – Dados operacionais dos equipamentos de colheita da empresa ABC
Fonte: Dados operacionais internos da empresa ABC (2025).

Conforme demonstra a Tabela 2, os equipamentos da empresa ABC apresentam desempenho inferior ao ideal em termos de produtividade e consumo energético. Os valores de área colhida por dia giram em torno de 11 a 13 hectares, abaixo da média de equipamentos modernos disponíveis no mercado, e os custos operacionais superam R\$315,00 por hectare. As constantes paradas para manutenção evidenciam a baixa confiabilidade dos equipamentos, comprometendo a continuidade da operação e exigindo alto investimento em suporte técnico.

Além disso, nenhum dos modelos atuais dispõe de sistemas inteligentes embarcados, o que limita o controle de dados e o planejamento em tempo real, dificultando ações corretivas e decisões gerenciais baseadas em indicadores operacionais.

Diante desse cenário, tornou-se necessário avaliar alternativas tecnológicas disponíveis no mercado e realizar um comparativo técnico-econômico com base em critérios objetivos, de forma a subsidiar a decisão estratégica sobre a renovação do parque de máquinas da empresa e a implementação de um novo modelo de colheita mais eficiente, econômico e sustentável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho foi desenvolvido a partir da análise comparativa entre os equipamentos utilizados na colheita mecanizada da cana-de-açúcar no setor sucroalcooleiro, com base na realidade operacional da empresa “ABC”, localizada no interior do estado de São Paulo. As etapas da pesquisa envolveram uma revisão de literatura, levantamento das práticas operacionais da empresa, identificação de tecnologias disponíveis no mercado, análise técnica dos equipamentos e simulação de cenários com estimativas de desempenho e ganhos operacionais.

A colheita atual da empresa ABC é realizada com colhedoras de tecnologia intermediária, operando com desempenho médio de 12 hectares por dia, consumo de combustível de 60 litros por hectare e custo operacional de R\$320,00 por hectare. Considerando os avanços tecnológicos do setor, foram identificadas alternativas com maior eficiência, como os modelos Case IH A8800 Multi Row e John Deere CH950, ambos com sistemas inteligentes de piloto automático, controle eletrônico de corte e sensores para redução de impurezas. A seguir, apresenta-se o quadro comparativo entre os equipamentos.

Fabricante	Modelo	Área colhida/dia (ha)	Consumo (L/ha)	Custo operacional (R\$/ha)	Sistema inteligente
Empresa ABC	Modelo Genérico	12	60	320	Não
Case IH	A8800 Multi Row	18	45	270	Sim
John Deere	CH950	19	43	265	Sim

Tabela 2 – Comparativo técnico entre equipamentos atuais e novas tecnologias

Com base nesses dados, foi possível simular o impacto da substituição das colhedoras atuais por modelos tecnologicamente mais avançados. As estimativas apontam que o consumo de combustível pode ser reduzido em 25%, enquanto a área colhida por dia pode apresentar um aumento em até 58%. Além disso, o custo operacional médio tende a reduzir-se em aproximadamente 15,6% conforme ilustrado nos gráficos a seguir. a seguir.

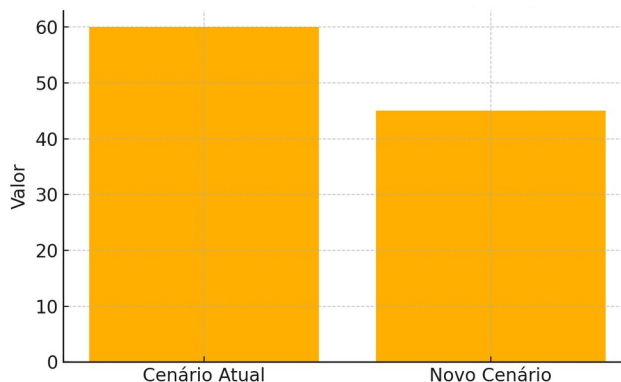


Gráfico 1 – Consumo de combustível por hectare

Observa-se que o consumo do equipamento atual (60 L/ha) supera significativamente o dos novos modelos, como o CH950 da John Deere (43 L/ha), reforçando os argumentos de Ramos et al. (2016) quanto à eficiência energética dos novos equipamentos. Essa diferença impacta diretamente a sustentabilidade das operações, sobretudo pela redução na emissão de gases poluentes e na dependência de combustíveis fósseis

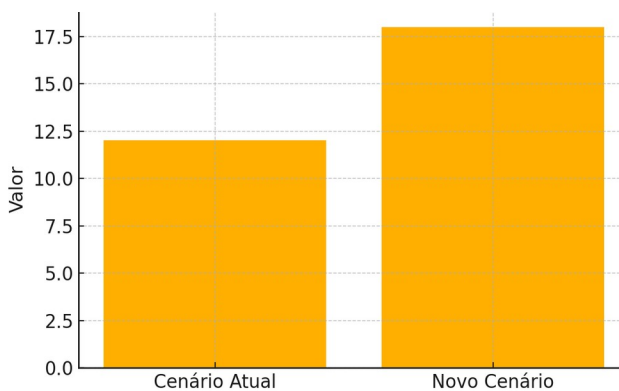


Gráfico 2 – Área colhida por dia

O ganho em produtividade operacional também é expressivo. Enquanto os equipamentos da empresa ABC colhem, em média, 12 hectares/dia, os novos modelos analisados atingem até 19 hectares/dia. Esse aumento de capacidade permite maior flexibilidade no planejamento agrícola e otimiza o aproveitamento da janela de colheita, fundamental para preservar a qualidade da matéria prima.

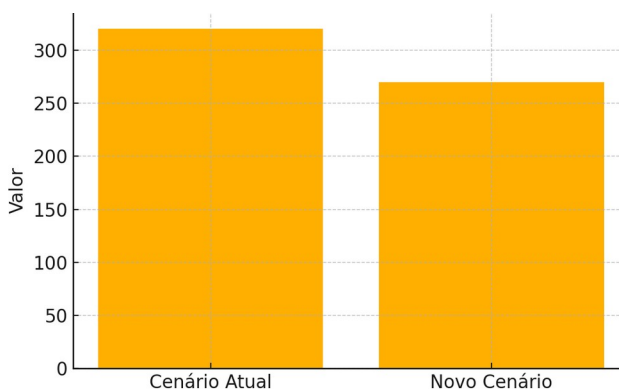


Gráfico 3 – Custo operacional por hectare

A modernização das máquinas acarreta uma redução sensível nos custos por hectare colhido de R\$320,00 para até R\$265,00. Essa economia se deve não apenas a menor demanda por combustível, mas também à redução das paradas por manutenção, ao maior rendimento operacional e à possibilidade de operar com menor número de máquinas e operadores, sem comprometer a produtividade.

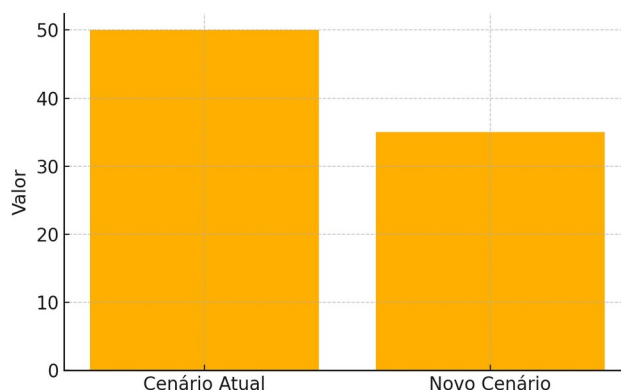


Gráfico 4 – Tempo de colheita por hectare

Com a otimização do processo de corte e deslocamento, o tempo médio de colheita por hectare foi reduzido de 50 para 35 minutos, o que contribui para a eficiência da operação. Essa redução permite maior sincronização com o transporte e processamento, minimizando perdas e aumentando o aproveitamento industrial da cana-de-açúcar (Ferreira et al., 2014).

A nova proposta também inclui a reorganização do fluxo de trabalho por meio de um processo automatizado de planejamento e controle, conforme representado abaixo.

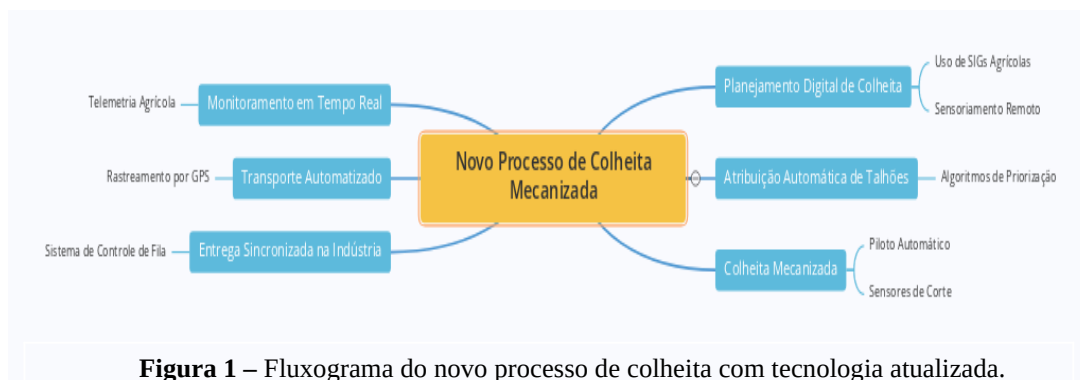


Figura 1 – Fluxograma do novo processo de colheita com tecnologia atualizada.

Esse novo processo não apenas reorganiza a rotina operacional, mas também responde diretamente às hipóteses levantadas na introdução do trabalho. Primeiramente, demonstrou-se que a substituição dos equipamentos pode resultar em ganhos quantitativos e qualitativos. Em segundo lugar, confirmou-se que o uso de tecnologias emergentes, com foco em inteligência embarcada e conectividade, oferece melhorias significativas na eficiência operacional, como apontado por Embrapa (2008) e Melo (2023).

A comparação entre os cenários atual e simulado aponta para ganhos objetivos em sustentabilidade, produtividade e economia. Os novos equipamentos consomem menos combustível, reduzem as perdas por impurezas vegetais, aumentam a área colhida por jornada e diminuem o tempo total de colheita. Esses resultados estão em consonância com autores como Ferreira et al. (2014), que enfatizam a importância da escolha adequada de máquinas, e que discute os desafios da adoção tecnológica no setor. No aspecto ambiental, destaca-se a redução do consumo de diesel e, conseqüentemente, da emissão de gases de efeito estufa. A eficiência operacional também reduz a compactação do solo e o retrabalho, aspectos apontados por Ripoli e Ripoli (2009) como fatores determinantes para a sustentabilidade da lavoura.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como tema central a análise comparativa de equipamentos utilizados na colheita mecanizada da cana-de-açúcar no setor sucroalcooleiro, com ênfase no desempenho e no potencial de mercado de novas tecnologias aplicáveis a esse segmento estratégico do agronegócio brasileiro. A partir de um estudo teórico, técnico e aplicado, foram discutidas as características operacionais das máquinas atualmente empregadas por uma empresa do interior de São Paulo, identificadas soluções tecnológicas disponíveis no mercado e analisadas as perspectivas de ganho em termos de eficiência, custo, produtividade e sustentabilidade ambiental.

Com base nos dados levantados e analisados, foi possível compreender que o desempenho das colhedoras influencia diretamente a eficiência do processo de colheita, sendo fundamental para a competitividade das usinas. A introdução de tecnologias avançadas, como sistemas inteligentes de piloto automático, sensoriamento remoto, telemetria e rastreamento, demonstrou potencial significativo de melhoria dos indicadores operacionais. A substituição dos equipamentos antigos por colhedoras modernas revelou ganhos expressivos na área colhida por dia, redução no consumo de combustível, diminuição do tempo por hectare e redução dos custos operacionais. Portanto, com base nesses resultados, confirma-se que a modernização tecnológica é um caminho viável e altamente recomendável para otimização das etapas agrícolas no setor sucroenergético.

O objetivo geral da pesquisa foi plenamente atingido, pois a comparação entre diferentes modelos de colhedoras permitiu avaliar tecnicamente os desempenhos de cada equipamento, além de identificar os impactos diretos na produtividade, no custo e na logística da operação. A proposta metodológica foi eficaz para ilustrar, de maneira aplicada, as vantagens práticas da adoção de novas tecnologias, contribuindo não apenas para a discussão acadêmica, mas também para o processo decisório de gestores e profissionais do setor. Os resultados obtidos validam a hipótese inicial de que a incorporação de tecnologias inteligentes e integradas à gestão da colheita oferece ganhos substanciais e sustentáveis para a cadeia produtiva da cana-de-açúcar.

A síntese dos principais achados deste estudo aponta, de maneira objetiva, para a superioridade operacional dos equipamentos de nova geração, com destaque para os modelos Case IH A8800 Multi Row e John Deere CH950, os quais apresentaram melhor desempenho técnico e menor impacto ambiental. A análise comparativa também evidenciou que o uso de ferramentas de planejamento digital e automação logística pode reduzir significativamente os gargalos operacionais, elevando o nível de controle sobre o processo produtivo e promovendo melhor uso dos recursos disponíveis.

Como contribuição prática para o setor sucroalcooleiro, o presente estudo oferece uma abordagem sistematizada de avaliação de equipamentos e tecnologias, podendo servir de referência para outras usinas interessadas em modernizar suas operações de campo. Além disso, ao incorporar indicadores econômicos, ambientais e produtivos, a pesquisa promove uma visão integrada das vantagens associadas à inovação, reforçando a importância da adoção de soluções tecnológicas alinhadas às boas práticas agrícolas e às exigências do mercado global. A seguir, apresenta-se um quadro comparativo com os principais dados operacionais dos equipamentos atualmente utilizados pela empresa ABC e os modelos mais modernos

analisados neste estudo, de forma a sintetizar as diferenças de desempenho e subsidiar decisões gerenciais

Fabricante/Empresa	Modelo	Ano	Consumo (L/ha)	Área colhida/dia (ha)	Custo operacional (R\$/ha)	Manutenção (paradas/mês)	Sistema inteligente
Empresa ABC	Colhedora Genérica A	2011	62	11	325	9	Não
Empresa ABC	Colhedora Genérica B	2012	58	12	315	7	Não
Empresa ABC	Colhedora Genérica C	2014	60	13	320	8	Não
Case IH	A8800 Multi Row	2020	45	18	270	3	Sim
John Deere	CH950	2020	43	19	265	2	Sim

Quadro 1 – Comparativo operacional entre equipamentos atuais e novas tecnologias

Contudo, reconhece-se que o estudo apresenta algumas limitações. A primeira delas diz respeito à utilização de dados estimados e simulações com base em literatura técnica e manuais de fabricantes, o que, embora metodologicamente válido, não substitui completamente dados empíricos obtidos por meio de medições em campo. Outra limitação refere-se à impossibilidade de incluir uma maior diversidade de modelos de colhedoras e cenários regionais, o que poderia ampliar a aplicabilidade dos resultados a diferentes realidades produtivas. Sugere-se, portanto, que pesquisas futuras explorem estudos de caso comparativos entre múltiplas usinas, incluindo variáveis climáticas, topográficas e logísticas mais abrangentes.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Mecanização na colheita da cana-de-açúcar provoca redução das emissões de gases de efeito estufa. Brasília: MCTI, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/02/mecanizacao-na-colheita-da-cana-de-acucar-provoca-reducao-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 06 de maio 2025.

COSTA, A. R.; RAMOS, D. F. Desafios da modernização tecnológica na agricultura brasileira: aspectos sociais e estruturais. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 56-65, 2021.

EMBRAPA. Colheita mecanizada e adequação da tecnologia nas regiões produtoras de cana-de-açúcar. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/855892/1/5ColheitaMecanizadaAdequacaoTecnologia.pdf>. Acesso em: 30 de março de 2025.

FERREIRA, J. L.; SOUZA, G. H.; MORAES, M. A. Tecnologia embarcada em colhedoras de cana-de-açúcar: impactos na eficiência operacional. Cadernos de Engenharia Agrícola, Campinas, v. 15, n. 2, p. 78-88, 2023.

FERREIRA, Ricardo A.; LIMA, Gabriela F. Tecnologias embarcadas na mecanização agrícola: impactos na produtividade da colheita de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 26, n. 4, p. 259–265, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa>. Acesso em: 06 de maio de 2025.

FERREIRA, W. P. M.; SILVA, F. M.; SILVA, J. G. Desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar em função do perfil de carga do motor. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/cc369e92-7011-4120-b06a-2b71dd046116/download>. Acesso em: 30 de março de 2025.

GLOBO RURAL. Energia elétrica gerada com a cana evitou 70 milhões de toneladas de CO₂. Revista Globo Rural, 12 abr. 2022. Disponível em: <https://globo rural.globo.com/Noticias/Opinioao/Vozes-do-Agro/noticia/2022/04/energia-eletrica-gerada-com-cana-evitou-70-milhoes-de-toneladas-de-co.html>. Acesso em: 06 de maio de 2025.

JOHN DEERE. Manual técnico da colhedora de cana-de-açúcar. 2006.

LIMA, César Gonçalves; LANÇONI, Adilson Aparecido; SOARES, Wesley Martinelli; CARRER, Celso da Costa. Efeito da aplicação de um sistema de automação agrícola em colheita mecanizada de cana-de-açúcar como ferramenta de gestão e controle de custo operacional. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 24, n. 2, p. 146–152, 2020. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgskroton.com.br/article/view/8672>. Acesso em: 06 de maio de 2025.

LIMA, R. S.; OLIVEIRA, V. P. Avaliação do desempenho de colhedoras mecanizadas de cana-de-açúcar em diferentes condições operacionais. Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 26, n. 4, p. 234-240, 2022.

MELO, André Campos. Avaliação comparativa entre colhedoras de cana-de-açúcar de uma linha e de duas linhas, com espaçamento simples. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/255306>. Acesso em: 06 de maio de 2025.

PAULOSSO, Leonardo Henrique; MARJOTTA-MAISTRO, Marta Cristina; SANTOS, Jeronimo Alves dos. Análise das mudanças da colheita manual da cana-de-açúcar para a mecanizada no setor sucroenergético. Guarujá-SP: Científica Digital, 2023. Disponível em: <http://dspace.unisa.br/handle/123456789/2758>. Acesso em: 06/05/2025.

RAMOS, C. R. G.; LANÇAS, K. P.; SANTOS, R. de S.; MARTINS, M. B.; SANDI, J. Eficiência e demanda energética de uma colhedora de cana-de-açúcar em talhões de diferentes comprimentos. Energia na Agricultura, v. 31, n. 2, p. 121–128, 2016. Disponível em: revistas.fca.unesp.br. Acesso em: 06 de maio de 2025.



RAMOS, Lúcio Aurélio. Avaliação de desempenho no corte da colheita mecanizada de cana-de-açúcar. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Agroindústria) – Instituto Federal de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifsp.edu.br/handle/123456789/2022>. Acesso em: 6 maio 2025. repositorio.ifsp.edu.br

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Ed. da USP, 2009.

SANTOS, F. M.; RIBEIRO, T. J.; ALMEIDA, C. R. Eficiência técnica de colhedoras de cana-de-açúcar: uma análise baseada nos componentes operacionais. Revista Brasileira de Máquinas Agrícolas, Piracicaba, v. 30, n. 3, p. 45-52, 2021.

SILVA, Alessandro Santos; AMORIM, Matheus Jacinto de. O papel da cooperação na otimização da cadeia de suprimentos da cana-de-açúcar. In: SCIENCE & BUSINESS CONNECTION: Anais do Congresso Científico e Tecnológico, 2., 2024, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: Even3, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/2-science-business-connection-407088/811819-o-papel-da-cooperacao-na-otimizacao-da-cadeia-de-suprimentos-da-cana-de-acucar/>. Acesso em: 06 de maio de 2025.

SOUZA, D. A.; MARTINS, P. H. Aproveitamento energético da biomassa da cana-de-açúcar: desafios e oportunidades. Revista Energia e Meio Ambiente, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 92-101, 2024

SOUZA, Zilmar de. Energia elétrica da biomassa da cana como reservatórios virtuais. Brasil Energia, 20 mar. 2024. Disponível em: <https://brasilenergia.com.br/energia/energia-eletrica-da-biomassa-da-cana-como-reservatorios-virtuais>. Acesso em: 06 de maio de 2025.