

ALISSON LOPES DE OLIVEIRA

**ASPECTO GERAL SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA
DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Londrina
2021

ALISSON LOPES DE OLIVEIRA

**ASPECTO GERAL SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA
DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso de Engenharia Mecânica da
Instituição Universidade Norte do Paraná.

Orientador:

Londrina
2021

ALISSON LOPES DE OLIVEIRA

**ASPECTO GERAL SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA
DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Norte do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Londrina, 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, aos meus pais, pela paciência, companheirismo e incentivo para concluir mais uma etapa acadêmica da minha formação.

A Universidade Norte do Paraná e a todos os professores do Curso de Engenharia Mecânica.

Por todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigado!

OLIVEIRA, Alisson Lopes. **Aspecto geral sobre a manutenção preventiva de colhedoras de cana-de-açúcar**. 2021. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica – Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2021.

RESUMO

O Brasil é considerado maior produtor e exportador dos subprodutos derivados da cultura da cana-de-açúcar. A mecanização da colheita de cana-de-açúcar, aumentou sua produção obtendo um produto de melhor qualidade. No entanto, é necessário o uso racional do parque de máquinas destinado a essa tarefa, mantendo assim, a preservação mecânica desses equipamentos. O objetivo geral desse trabalho foi conhecer, através da revisão bibliográfica, como a manutenção preventiva de colhedoras dentro do ambiente produtivo da cana-de-açúcar pode evitar possíveis quebras e manutenções corretivas no período de colheita. E os objetivos específicos foram: Conhecer as características gerais do sistema de colheita mecanizado na cultura da cana-de-açúcar; entender como ocorre a gestão do equipamento agrícola em usinas sucroalcooleiras; discutir como a manutenção preventiva da colhedora serve como indicador de desempenho, assim como, o custo/benefício dessa prática. A busca pelos trabalhos foi realizada pela internet em sites acadêmicos e os artigos em plataformas de busca confiáveis. Sendo assim, no capítulo foi abordado, como as usinas sucroalcooleiras começaram a investir em colhedora de cana-de-açúcar, um equipamento destinado para o corte mecanizado da cana, com intuito de ser mais rápido produtivamente com menor custo e de forma automatizada. Adicionalmente, a gestão desses equipamentos é necessário para melhoram o desempenho operacional proporcionando a otimização no uso de máquinas e equipamentos agrícolas. Por fim, a conservação do maquinário deve ser realizada de maneira regular, prevenindo a ocorrência de qualquer dano, deterioração ou desgaste.

Palavras-chave: Canavial; colheita; equipamentos; conservação.

OLIVEIRA, Alisson Lopes. **Overview of preventive maintenance of sugarcane harvesters**. 2021. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica – Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Brazil is considered the largest producer and exporter of by-products derived from the sugarcane culture. The mechanization of sugarcane harvesting increased its production, obtaining a better quality product. However, it is necessary to rationally use the machinery park destined for this task, thus maintaining the mechanical preservation of this equipment. The general objective of this work was to know, through the literature review, how the preventive maintenance of harvesters within the sugarcane productive environment can avoid possible breakages and corrective maintenance during the harvest period. And the specific objectives were: To know the general characteristics of the mechanized harvesting system in the sugarcane culture; understand how agricultural equipment is managed in sugar and ethanol plants; discuss how preventive maintenance of the harvester serves as a performance indicator, as well as the cost/benefit of this practice. The search for the works was carried out on the internet on academic websites and the articles on reliable search platforms. Thus, the chapter discussed how sugarcane mills began to invest in a sugarcane harvester, an equipment designed for the mechanized cutting of sugarcane, in order to be productively faster with less cost and in an automated way. Additionally, the management of this equipment is necessary to improve operational performance, providing optimization in the use of agricultural machinery and equipment. Finally, the maintenance of machinery must be carried out regularly, preventing the occurrence of any damage, deterioration or wear.

Keywords: Cane fields; harvest; equipments; conservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Compartilhamento da colhedora de cana-de-açúcar.....Pag. 18.
- Figura 2** – Colhedora de cana-de-açúcar.....Pag. 20.
- Figura 3** – Localização de componentes de uma colhedora de cana-de-açúcar.....Pag. 22.
- Figura 4** – Desgaste de rodantes e das facas de corte basal.....Pag. 23.
- Figura 5** – Compartimentos de colhedoras de cana-de-açúcar que mais influenciam a indisponibilidade da máquina.....Pag. 24.
- Figura 6** – Relação entre horas em operação e horas em manutenção. Siglas: (HO) horas no período de trinta dias; (HM) horas de motor, tempo em que o motor ficou em funcionamento; (HE) horas de elevador, tempo em que a colhedora esteve colhendo.....Pag. 27.
- Figura 7** – Manutenção preventiva em colhedoras de cana-de-açúcar.....Pag. 28.
- Figura 8** – Custo global e custo com reparo e manutenção de uma colhedora.....Pag. 29.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA DE COLHEITA MECANIZADO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	6
2.1 SEPARAÇÃO DE LINHAS	8
2.2 SISTEMA DE CORTE E ALIMENTAÇÃO	9
2.3 SISTEMA DE CORTE E ALIMENTAÇÃO	10
3 GESTÃO DO EQUIPAMENTO AGRÍCOLA EM USINAS SUCROALCOOLEIRAS	11
3.1 COLHEDORAS E SEUS COMPONENTES QUE PODEM ESTAR SUJEITOS A MANUTENÇÃO	11
4 MANUTENÇÃO DE COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR	15
4.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	16
4.1 CUSTOS DE REPARO E MANUTENÇÃO DE COLHEDORAS.....	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIA	31

1. INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar ocorre em todas as regiões brasileiras e representa grande importância na economia do país, e isso se deve as extensas áreas cultivadas e ao nível de produção que o Brasil atingiu. Adicionalmente, o Brasil é considerado maior produtor e exportador dos subprodutos, açúcar e álcool no mundo, sendo que metade da produção de açúcar é destinada à exportação, demonstrando a representatividade desse produto no país e no exterior.

Na última década o Brasil pode contar com a mecanização da colheita de cana-de-açúcar, o que consequentemente aumentou sua produção e simultaneamente obtendo um produto de melhor qualidade, além de, apresentar menor custo e de maneira ambientalmente adequada. Ainda, a mecanização do corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar trouxe vantagens de maneira imediata em relação a produtividade e saúde, visto que, colaborou na erradicação do processo de queimadas da cana para colheita e na melhoria das condições e saúde dos trabalhadores.

Nesse contexto, a colheita mecanizada contribuiu para as questões ambientais e agronômicas do trabalhador, porém, também ocasionou uma certa preocupação para as empresas, visto que, a preservação do maquinário é de extrema importância para que não ocorra imprevistos no momento da colheita. Dessa forma, existe dois ciclos no uso anual das colhedoras que são de operação que ocorre durante a safra e o de manutenção que ocorre no período da entressafra.

Com intuito de otimizar o trabalho e aumentar a disponibilidade de frota, a manutenção preventiva e corretiva amplia a faixa de uso e prolonga a vida do equipamento. Com a evolução da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, tornou-se necessário o uso racional do parque de máquinas destinado a essa tarefa, mantendo assim, a preservação mecânica desses equipamentos tão fundamental no processo de colheita da cultura. Sendo assim, existe a possibilidade de que a

intervenção preventiva nas máquinas colhedoras mantenha o alto nível de rendimento operacional durante a safra?

Portanto, o objetivo geral desse trabalho foi conhecer, através da revisão bibliográfica, como a manutenção preventiva de colhedoras dentro do ambiente produtivo da cana-de-açúcar pode evitar possíveis quebras e manutenções corretivas no período de colheita. E os objetivos específicos foram: Conhecer as características gerais do sistema de colheita mecanizado na cultura da cana-de-açúcar; entender como ocorre a gestão do equipamento agrícola em usinas sucroalcooleiras; discutir como a manutenção preventiva da colhedora serve como indicador de desempenho, assim como, o custo/benefício dessa prática.

Para esse trabalho foi realizado uma revisão de literatura sobre a ocorrência da manutenção preventiva de colhedoras de cana-de-açúcar, no qual, foi conduzido baseando-se na consulta de livros, sites, teses, dissertações e artigos. A busca pelos trabalhos foi realizada pela internet em sites acadêmicos e os artigos em plataformas de busca confiáveis. Ainda, foram priorizados trabalhos publicados nos últimos 15 anos. E para busca desses trabalhos foram utilizadas como palavras-chave: canavial, colheita, maquinário, gestão de equipamentos, reparo.

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA DE COLHEITA MECANIZADO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O Brasil é maior produtor e exportador de açúcar e álcool do mundo, sendo que metade da produção de açúcar é destinada à exportação, possuindo dessa forma grande importância na economia brasileira com aumento da produção crescente ao longo dos anos. A estimativa de produção de cana-de-açúcar para a safra de 2019/2020 é de 615,98 milhões de toneladas, sendo que a área colhida está estimada em 8,38 milhões (CONAB, 2019). Enquanto a estimativa de produção de etanol é de 30,3 bilhões de litros, e a produção de açúcar deverá atingir 31,8 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Sendo a região sudeste onde está concentrado a maior parte dos canaviais (CONAB, 2019).

Nas últimas décadas o sistema de produção canavieiro obteve grandes evoluções, isso graças ao aumento da mecanização (OLIVEIRA et al., 2010). A mecanização foi impulsionada principalmente pelo estabelecimento de prazos para erradicação das queimadas, Lei Estadual 11.941/2002 (FREDO et al., 2008). Adicionalmente, além das questões de eliminação das queimadas, a mecanização trouxe alterações e transformações decorrentes da introdução de novas tecnologias, como uso da tecnologia da informação e tecnologias utilizadas no momento do plantio e da colheita. A adoção da colheita mecanizada trouxe mudanças na gestão agrícola e sistematização dos canaviais para adequar e proporcionar uma maior eficiência das colhedoras (TORQUATO, 2013).

Sendo assim, o sistema mecanizado da cultura da cana-de-açúcar já é o principal método de corte utilizado nas regiões produtoras, especialmente em áreas com canaviais em expansão, não apenas por promover maior capacidade operacional como também adequação à legislação ambiental, por não utilizara a queima do canavial (PEREIRA; TORROZAN 2006). Adicionalmente, a mecanização atingiu aproximadamente 70% da área colhida no estado de São Paulo, sendo que, nas regiões em processo de expansão, como nos estados do Mato Grosso e Goiás, onde os canaviais são todos planejados, a mecanização é praticamente 100% (ÚNICA 2013).

As usinas sucroalcooleiras começaram a investir em colhedora de cana-de-açúcar, um equipamento destinado para o corte mecanizado da cana, com intuito de ser mais rápido produtivamente com menor custo e de forma automatizada (NOVACANA, 2014). No sistema mecanizado são utilizadas colhedoras autopropelidas que cortam, limpam e fazem a transferência dos colmos da cana-de-açúcar para os veículos de trasbordo ou direto para os veículos de transporte (RIPOLI; RIPOLI 2009).

As colhedoras disponíveis no Brasil possuem, em sua maioria, as mesmas características, mas, com pequenas variações dependendo do fabricante, quanto ao sistema de alimentação ou transporte do material no interior da colhedora. Adicionalmente, ainda existem dois tipos de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, sendo cana inteira e cana picada. No entanto, no Brasil a colheita mais utilizada é a de cana picada crua, que pode ser destinada tanto para produção de mudas quanto para colheita comercial (JOHN DEERE 2006). Segundo com Costa Neto (2006), quando utilizadas as colhedoras de cana-de-açúcar, pode-se atingir a capacidade de colheita de 600 a 1.000 toneladas por dia, demonstrando sua elevada capacidade operacional.

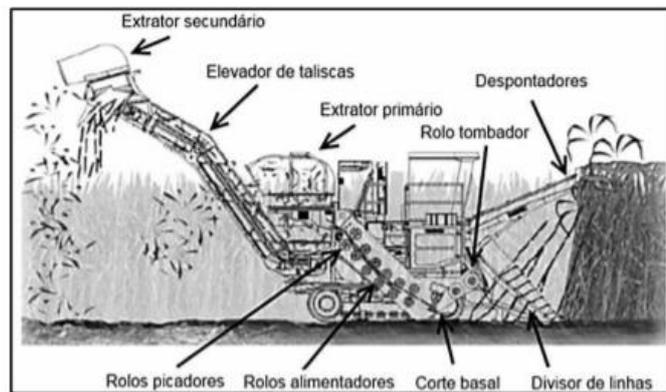
A colheita da cana-de-açúcar consiste na atuação de um conjunto de equipamentos, como: colhedoras, tratores-transbordo e caminhões que apresentam alto grau de interdependência operacional. Para a gestão adequada dessas máquinas e veículos é necessário ressaltar a importância de se conhecer como ocorre a interdependência entre as operações envolvidas, para fins de planejamento de procedimentos tanto de operação como de manutenção (BANCHI et al., 2012).

De modo geral o processo de colheita é iniciado pela colhedora que corta o colmo a partir do solo e, posteriormente a operação de corte, é realizada a picação e a limpeza da cana-de-açúcar, sendo finalizado com a transferência da cana-de-açúcar para o transbordo (VOLTARELLI et al., 2015).

O funcionamento da colhedora se baseia em: 1) colhe a cana de maneira picada, melhorando o processamento do produto; 2) as ponteiros da cana são retiradas pelos despontadores; 3) a cana é direcionada para os divisores de linha, sendo desembaraçada e inserida para dentro do equipamento rumo ao cortes; 4) o corte basal realiza o corte dos colmos com a ação das faquinhas em sua base; 5) os

colmos cortados são levados aos rolos alimentares, para ser fracionado em tamanhos menores; 6) a cana é levada até o cesto, para extrator primário remover as impurezas; 7) os colmos cortados são direcionados para o elevador de taliscas, onde a matéria-prima passa para o extrator secundário para retirada das impurezas (Figura 1) (VOLTARELLI et al., 2015).

Figura 1 - Compartilhamento da colhedora de cana-de-açúcar.



Fonte: Voltarelli et al. (2015)

Com o intuito de aperfeiçoar o processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar em regiões brasileiras, os fabricantes de equipamentos agrícolas vêm desenvolvendo colhedoras que resultam em melhoria no nível de qualidade com alto desempenho e eficiência operacional (FREITAS 2016). Dessa forma, por meio do gerenciamento eficaz da operação, é necessário conhecer em detalhes a colhedora, assim como, as etapas e os componentes que realizam o processamento da cana colhida. Portanto, uma colhedora de cana-de-açúcar, basicamente, possui dos sistemas: corte e alimentação, e de limpeza e descarga do material vegetal (JOHN DEERE, 2006).

2.1 SEPARAÇÃO DE LINHAS

Nas áreas com cana-de-açúcar que apresentam os colmos total ou parcialmente deitados, as colhedoras que cortam apenas uma linha necessitam, a cada passada, realizar o corte dos colmos em um plano vertical. Tal situação faz com que os fragmentos de colmos sejam liberados sobre a superfície do solo para

serem elevados pela colhedora. Por isso, essa situação faz com que seja necessário ajustar a altura do cortador de base em nível de sub-superfície e, conseqüentemente traz problemas para a demanda de potência da colhedora, desgaste de facas e contaminação da matéria-prima com impurezas minerais (PEREIRA; TORREZAN 2006).

Em contrapartida, através do auxílio mecânico, até cinco ruas são cortadas na base e elevadas simultaneamente até a mesa dos operadores, sem tombamento dos colmos e com cerca de 20% da quantidade de fragmentos gerados pelas colhedoras que cortam apenas uma linha (LINHARES et al., 2012).

2.2 SISTEMA DE CORTE E ALIMENTAÇÃO

Esse sistema apresenta como funcionalidade direcionar a cana-de-açúcar para dentro da colhedora para processá-la. O sistema ocorre inicialmente com a ação dos divisores de linhas (que possui como função trazer os colmos para próximo da plataforma), seguido pelo sistema de rolo tombador primário e secundário, que direcionam os colmos para o corte de base, e o controlador automático da altura de corte e o mecanismo de corte basal realizam o corte dos colmos através do impacto das facas de corte aos mesmos (NEVES 2003).

O corte de base é efetuado pelo princípio de corte inercial, onde as facas atingem o solo com velocidade de 20 a 22 m/s pelo que rapidamente perdem o gume. No entanto, o contato das facas com o solo deve ser evitado para conservar um corte de maneira eficiente e assim, reduzir perdas com menor número de impurezas no produto (CARVALHO FILHO 2000).

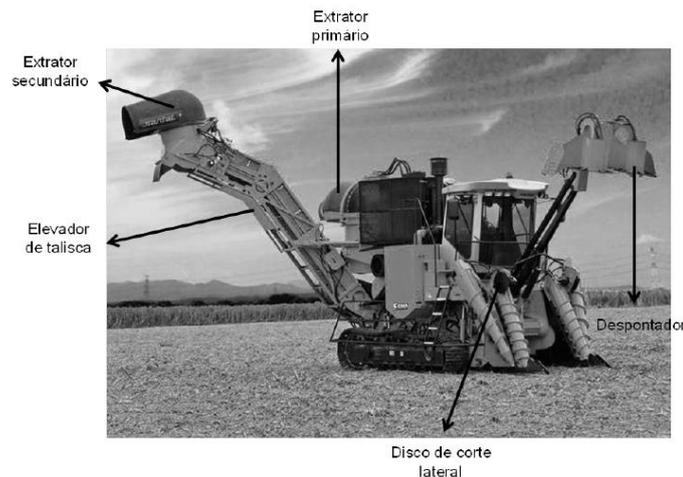
Adicionalmente, um dos principais problemas das colhedoras de cana-de-açúcar picada está relacionado ao sistema de corte e alimentação da colhedora, especialmente ao corte basal, independentemente da quantidade de fileiras colhidas. O sistema do cortador possui dois discos, acoplados nos rotores da máquina, possuindo nas extremidades facas fixadas. O posicionamento desses discos é nas entrelinhas do canavial no momento do corte, o que conseqüentemente aumenta a probabilidade de conduzir impurezas e terra para os mecanismos internos da colhedora (MAGALHÃES 2014). A grande maioria das colhedoras

comercializadas no Brasil possui esse tipo de mecanismo e atuam da mesma maneira, representando como ponto negativo e com potencial de falha (PIZZECO 2019).

2.3 SISTEMA DE LIMPEZA E DESCARGA

Constituído pelo despontador, disco de corte lateral, extrator primário e secundário e elevador de talisca (Figura 2). O despontador apresenta como funcionalidade o corte das pontas dos colmos, ainda presos ao solo. Já o disco de corte lateral possui como função realizar o corte dos colmos entrelaçados nas entrelinhas, reduzindo dessa forma as perdas desnecessárias dos colmos (Figura 2) (SANTAL 2015).

Figura 2 - Colhedora de cana-de-açúcar.



Fonte: Santal (2015).

Por outro lado, o extrator primário é responsável pela limpeza do produto colhido em cerca de 80%, retirando as impurezas minerais e vegetais, após os colmos serem fracionados. Com a mesma finalidade, o extrator secundário retira as impurezas suplementares remanescentes do extrator primário (Figura 2). O sistema de descarga da colhedora é representado pelo elevador de taliscas, possuindo como principal função a retirada da matéria-prima, já limpa, do cesto e transportá-la até a unidade de transbordo (SANTAL 2015).

3. GESTÃO DO EQUIPAMENTO AGRÍCOLA EM USINAS SUCROALCOOLEIRAS

A utilização de máquinas nas lavouras de cana-de-açúcar cresce constantemente no país e também aumenta a terceirização na prestação de serviços, que vem reduzindo custos para os produtores de açúcar e álcool. O processo de mecanização das na lavoura da cana-de-açúcar iniciou nos anos 60 com o carregamento mecânico. Posteriormente, o uso de novas tecnologias ganhou projeção nos anos 70 com a introdução da colheita mecanizada nas lavouras. Na década de 80 começa a modernização do setor canavieiro e nos 90 entram em campo as máquinas para corte de cana crua (ARAÚJO, 2002).

Nesse contexto, com a modernização do setor canavieiro, o desempenho operacional da colheita mecanizada ganha total importância no gerenciamento, à medida que o número, o tamanho e a complexidade das máquinas aumentam. Sendo assim, a gestão desses equipamentos é necessário para melhorar o desempenho operacional proporcionando a otimização no uso de máquinas e equipamentos agrícolas (CERVI et al., 2015).

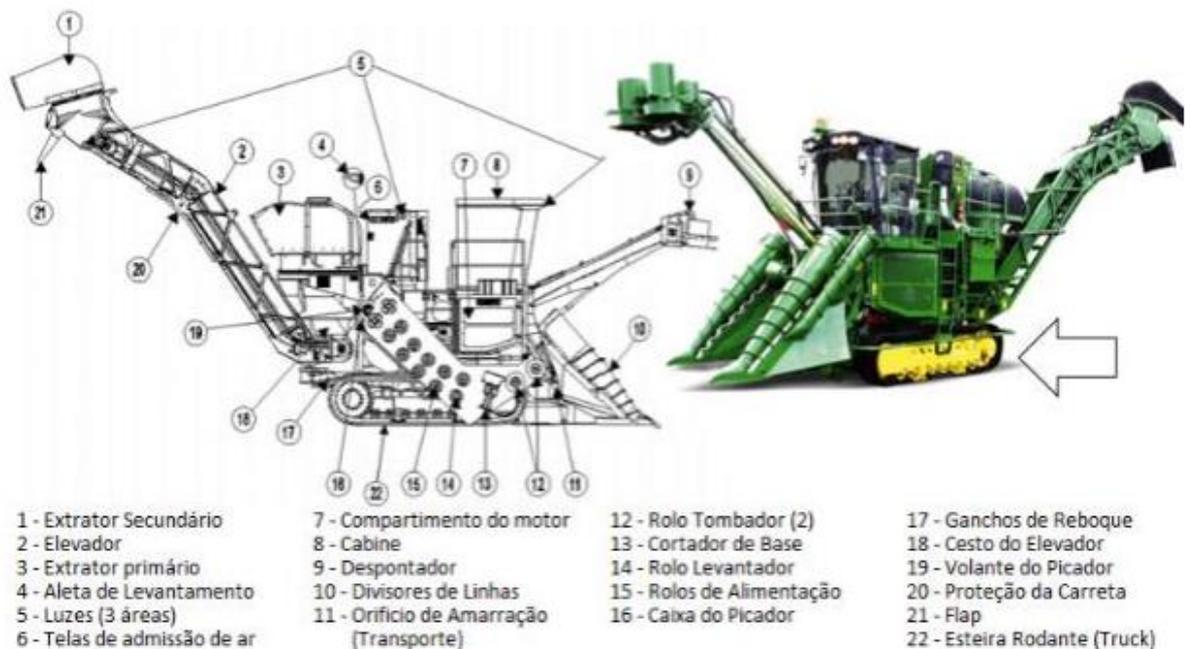
Adicionalmente, a gestão de um equipamento está diretamente relacionado a operação do equipamento, que pode exemplificar, custo de aquisição, seguros, combustível, lubrificantes e manutenção. Em contrapartida a gestão desse equipamento vai além, com o monitoramento e rastreamento, análise em tempo real das condições de utilização e operação e a coleta de informações relativos a produtividade (SHIMOSAKAI, 2015).

3.1 COLHEDORAS E SEUS COMPONENTES QUE PODEM ESTAR SUJEITOS A MANUTENÇÃO

As colhedoras de cana-de-açúcar tem como origem na Austrália e a partir da década de 70 foram desenvolvidas no Brasil, passando por várias modificações até chegarem aos modelos atuais. No entanto, mesmo diante da evolução da máquina, especialistas e usuários, argumentam que existem questões tecnológicas e operacionais que precisam evoluir para seu melhoramento (CHERUBIN, 2018).

As máquinas colhedoras podem ser classificadas de quatro maneiras: 1) fonte de potência (auto propelida ou montada lateralmente ao trator); 2) rodado (com pneus ou esteiras); 3) número de linhas de cana cortados por vez (uma ou duas) e 4) tipo de matéria-prima fornecida (colmos inteiros ou fracionados) (NARIMOTO, 2012). As colhedoras auto propelidas são utilizadas com maior frequência, estas apresentam vários componentes, e o desempenho operacional dessa máquina muitas vezes é comprometido por problemas em alguns desses componentes (Figura 3) (STRINGHETTA; LEITE 2018).

Figura 3 - Localização de componentes de uma colhedora de cana-de-açúcar.



Fonte: Stringhetta; Leite (2018).

Um dos componentes de colhedoras que apresentam elevado nível de manutenção são os rodantes, o conjunto de rodante apresentam como funções a sustentação, movimentação e direcionamento da colhedora. Uma série de variáveis pode influenciar no desgaste e na vida útil de componente (Figura 4). Portanto é de extrema importância realizar o acompanhamento através de inspeções quinzenais a condição do material do rodante, mapeando o desgaste dos componentes, com intuito de postergar sua vida útil (SHIMOSAKAI, 2015). Além dos problemas

mencionados acima como desgaste do rodante, outro componente extremamente importante nas colhedoras de cana-de-açúcar e no qual estão sujeitos a causar problemas operacionais caso não sejam monitorados, são os desgastes nas facas de corte (Figura 4) (VOLTARELLI et al., 2015).

Figura 4 - Desgaste de rodantes e das facas de corte basal.



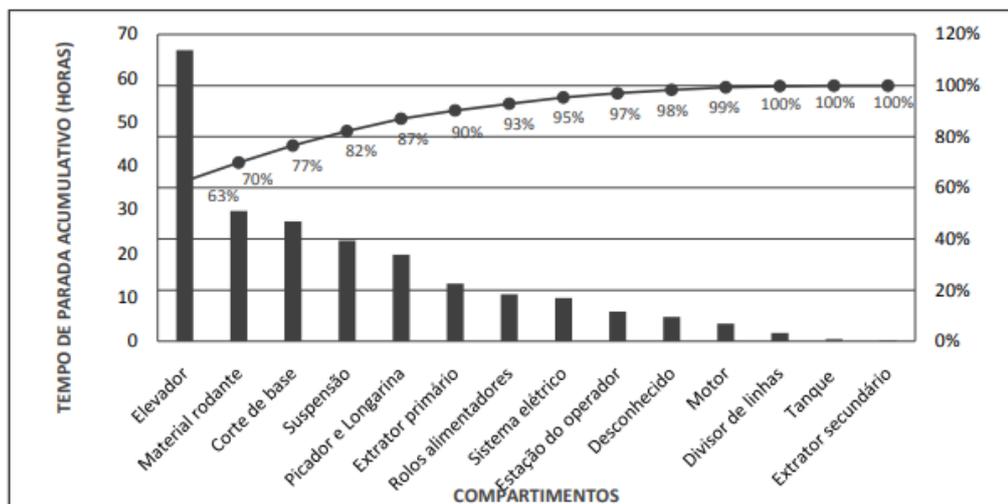
Fonte: Voltarelli et al. (2015).

O desgaste das facas de corte basal tem grande relação com índices de danos e abalos às soqueiras, por isso, o desgaste dessas facas devem ser monitorados para que haja melhoria no sistema de produção e colheita da lavoura (CASSIA et al., 2014). Dentro desse contexto, o controle de qualidade em operações agrícolas é destinados a detectar variações ou oscilações indesejáveis durante a ocorrência de determinada operação, com base em indicadores pré-selecionados ou confrontando-os a padrões especificados, com o objetivo de diminuir ou até mesmo inibir a presença de falhas, evitando gastos desnecessários com ações corretivas (SILVA et al., 2013).

Além disso, com o número cada vez maior de máquinas operando nos canaviais, o setor produtivo necessita se aperfeiçoar para que as operações não danifiquem a soqueira e comprometa a formação do canavial. A tecnologia da colheita mecanizada foi feita para colher a cana em determinada velocidade, e se isso é negligenciado o impacto sobre a brotação da soqueira pode ser elevado (SILVA; GARCIA, 2009). Ainda, segundo Silva; Garcia (2009) o uso das máquinas acima da capacidade operacional, trabalhando em alta velocidade, traz prejuízos para as plantas, como arranquio da cana, compactação do solo, falhas no canavial, além de, causar maior desgaste das colhedoras, estando mais propensas a manutenção e conseqüentemente maiores custos.

Nesse contexto, na figura 5 observa-se os compartimentos de uma colhedora de cana-de-açúcar que mais influenciam na disponibilidade da máquina, ou seja, mostrando quais compartimentos demandam maior tempo (horas) para serem reparados. Assim, os três compartimentos com maior número de intervenções e indicados como mais falhos são o elevador (115%), o rodante (65%) e o corte de base (63%). Todos os itens mencionados podem ser desgastados de maneira prematura devido a condições variáveis que equipamento poder ser imposto (Figura 5) (PIZZECO; SILVA 2019).

Figura 5 - Compartimentos de colhedoras de cana-de-açúcar que mais influenciam a indisponibilidade da máquina.



Fonte: Pizzeco; Silva (2019).

Portanto, reforça-se a importância de acompanhamento por meio de inspeções quinzenais a condição dos componentes de colhedoras que estão mais sujeitos a manutenção, seja por desgaste ou por outras variáveis. Adicionalmente, existe alguns componentes em colhedoras que demanda grande tempo de manutenção quando realizado em campo, tornando-se um dos principais ofensores a disponibilidade do equipamento. A complexidade da manutenção ocorre devido à grande dificuldade de manuseá-los, visto que, se faz necessário o uso de ferramentas específicas (STRINGHETTA; LEITE 2018).

4. MANUTENÇÃO DE COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR

A manutenção é designada para atividades de um equipamento que quebrou, ou seja, o reparo é confundido com manutenção. Nesse contexto, a manutenção visa prolongar a vida útil e propiciar boas condições de funcionamento às máquinas agrícolas, ao passo que atividades de reparo se referem ao conserto de peças quebradas ou desgastadas (MIALHE, 1974).

A ocorrência da manutenção em sistema produtivo é um princípio primordial para ter máquinas, no caso colhedoras, em condições excelentes para funcionar, garantindo, dessa forma a produtividade do equipamento com confiabilidade e segurança. No contexto de equipamentos agrícolas, com a utilização de colhedoras, incluir a inspeção dos equipamentos constantemente, substituição de peças, realização de observações preventivas das máquinas, além de lubrificações periódicas, reaperto de peças e entre outras atividades (SALVI et al., 2007).

Segundo Martins (2019) a manutenção possibilita impedimento de falhas e defeitos nos equipamentos, mantendo o aspecto original de funcionamento, no entanto, só é possível por meio do planejamento e gestão dos equipamentos que irá refletir na redução de custos, evitando paradas inesperadas e aumento da vida útil do equipamento. Para Freitas (2016) gerenciar a manutenção para otimização dos equipamentos envolve três aspectos que devem ser levados em consideração:

- a) Aspecto econômico: menor custo e falhas nos equipamentos;
- b) Aspecto humano: condições de segurança no trabalho;
- c) Aspecto técnico: duração e disponibilidade das máquinas.

No setor sulcroalcooleiro, a manutenção oferece serviço especializado no planejamento e na execução de atividades. No momento do planejamento pode-se escolher entre os diferentes tipos de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), estoque de peças de reposição, terceirização de serviços e proposições e/ou acompanhamento de inovações (KRUGLIANSKAS et al., 1986). Neste trabalho foi abordado apenas questão da manutenção preventiva de colhedoras de cana-de-açúcar.

4.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva tem por princípios básicos, reduzir a presença de falhas de forma antecipada. Tal manutenção é realizada em períodos pré-estabelecidos ou em alinhamento com aspectos já definidos, reduzindo probabilidades de falhas (COSTA et al., 2017). A conservação do maquinário deve ser realizada de maneira regular, prevenindo a ocorrência de qualquer dano, deterioração ou desgaste (MARTINS 2019). Adicionalmente, para definir o desempenho de um maquinário, e monitorar os principais indicadores são: Manutenção – quantidade de tempo que foi realizado a intervenção no equipamento em um período determinado; Disponibilidade – é quando observa-se a variação entre as porcentagens de 0% e 100% das condições da colhedora em operação (SANTANA, 2020).

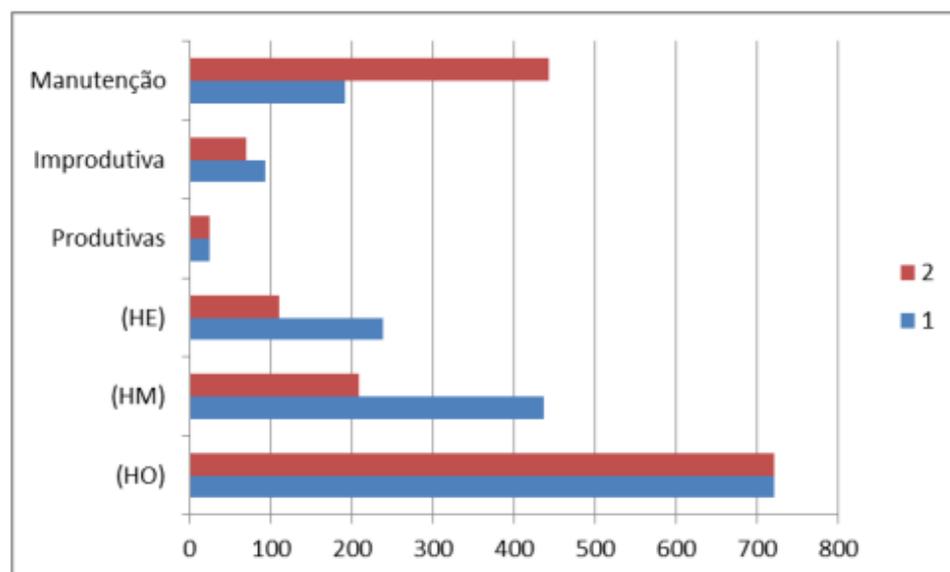
Dentre as etapas mais importantes dentro do ciclo da cultura da cana-de-açúcar, destaca-se o processo de colheita, em função disso, a relação máquina – solo – planta e mão-de-obra devem estar em equilíbrio para não comprometer a qualidade da operação. Portanto, o monitoramento em tempo real de variáveis relacionadas ao motor da máquina (colhedora), deve ser realizado com precaução e cautela, pois as variáveis são mensuradas por sensores alocados em pontos específicos do motor. Devido a isso, a manutenção desses sensores é de extrema importância para o excelente funcionamento da colhedora, o que pode refletir no desempenho da mesma durante a operação (HAKANSSON, 2005).

Existem dois ciclos na utilização de colhedoras na cultura da cana-de-açúcar, o de operação, no qual ocorre durante a safra, e o de manutenção que ocorre no período da entressafra. O momento da entressafra corresponde à época que a usina sucroalcooleira cessa suas atividades de colheita e moagem da matéria-prima, dando início a manutenção do maquinário. Tal manutenção de entressafra tem implicação na composição de gastos, através de reparos e manutenção ao longo do ano, uma vez que gera uma parcela significativa, com os denominados “gastos com reformas”. E através desse trabalho é possível dimensionar esses valores e em quais sistemas ocorrem esses reparos (PIZZECO 2019).

Alguns autores defendem que a manutenção preventiva pode causar problemas, na maiorias das vezes por falta de precisão dos dados, podendo ocorrer falhas graves antes do tempo definido para intervenção, além disso, pode ocorrer a troca de componentes de maneira prematura. A ausência de planejamento e troca de conteúdo faz com que ocorra o desperdício de tempo em manutenções preventivas que não são necessárias o que conseqüentemente acaba gerando uma grande quantidade de manutenções corretivas sem planejamentos, devido ao fato de não se aplicar o monitoramento contínuo (PELOIA; MILAN 2007).

Em contrapartida, Costa et al. (2017), constatou em seu estudo que a manutenção preventiva reflete na disponibilidade da frota, ou seja, quando levado em consideração o tempo em que a colhedora esteve colhendo cana, horas de elevador (HE), pode-se ver que o equipamento 01 (colhedora que recebeu manutenção preventiva) esteve por muito mais tempo em operação do que o equipamento 02 (não recebeu manutenção preventiva), e conseqüentemente seus resultados foram todos superiores com exceção das horas improdutivas (Figura 6).

Figura 6 - Relação entre horas em operação e horas em manutenção. Siglas: (HO) horas no período de trinta dias; (HM) horas de motor, tempo em que o motor ficou em funcionamento; (HE) horas de elevador, tempo em que a colhedora esteve colhendo.



Fonte: Costa et al. (2017).

Por se tratar de um equipamento extremamente complexo, as colhedoras de cana-de-açúcar precisam de um plano de manutenção de exímia eficácia. Como exemplo, na gestão desse equipamento é necessário mantê-lo sempre lubrificado e com óleo trocado, para que possam desempenhar suas funções com precisão e produtividade sem serem prejudicados pelas más condições do ambiente que trabalham (terra, poeira e sujeira em demasia), podendo contaminar severamente o sistema trazendo danos considerados simples ou até mesmo irreparáveis para a máquina (MARCELLINO, 2015).

Figura 7 - Manutenção preventiva em colhedoras de cana-de-açúcar.



Fonte: Marcelino (2015).

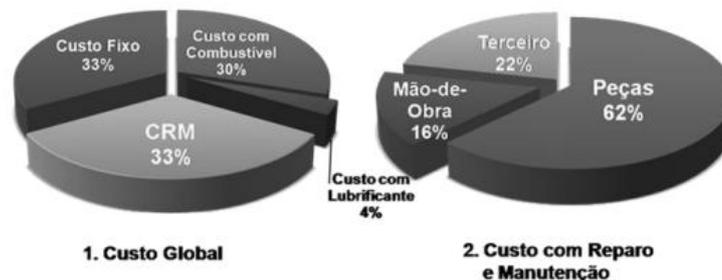
Sendo assim, a manutenção preventiva apresenta como vantagem e estratégia a disponibilidade de frota e equipamentos ao setor produtivo de uma empresa do setor sucroalcooleiro. Quando não se aplica a manutenção preventiva o equipamento pode estar trabalhando apenas com a metade de sua capacidade. E a preservação mecânica, através da manutenção preventiva desses equipamentos é extremamente necessária para que as colhedoras mantenham alto nível de rendimento operacional durante a safra, evitando ou até mesmo reduzindo o tempo de indisponibilidade mecânica do equipamento através de manutenções corretivas (BANCHI et al., 2012).

4.2 CUSTOS DE REPARO E MANUTENÇÃO DE COLHEDORAS

Os reparos e manutenções do setor automotivo nas unidades sucroalcooleiras são realizados geralmente com recursos próprios, pois possuem oficinas de reparos automotivos e funcionários mecânicos, exclusivos para essa finalidade, sendo apenas uma parte desse serviço realizada em empresas contratadas. Adicionalmente, o custo de reparo e manutenção é realizado através da soma de três fatores materiais, mão-de-obra e serviços com terceiros (BANCHI et al., 2008).

De acordo com Shimosakai (2015) tanto a idade quanto a utilização anual influenciam significativamente nos custos anuais de reparo e manutenção. Na figura abaixo, observa-se que 33% do custo global são fixos, sendo estes a soma das parcelas relativas a depreciação, taxas, salários. Enquanto, o custo variável, ou seja com combustível, lubrificante e custo de reparo e manutenção (CRM) representam 67% do global. Dentro do item custo de reparo e manutenção 62% são com peças, seguido pela mão de obra com 16% e 22% de representação de prestação de serviços realizados por terceiros (Figura 7) (BANCHI et al., 2008).

Figura 8 - Custo global e custo com reparo e manutenção de uma colhedora.



Fonte: Banchi et al. (2008).

Para entendimento aprofundado do custo com reparo e manutenção, é necessário ter o conhecimento de que este não é fixo e varia em função da vida dos equipamentos, ou seja, quanto mais velho o equipamento (colhedora) maior será o custo com reparo e manutenção (BANCHI et al., 2008).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no levantamento literário obtido para a realização deste trabalho de revisão, o sistema mecanizado da cultura da cana-de-açúcar já é o principal método de corte utilizado nas regiões produtoras. Em função disso o gerenciamento eficaz da operação, é necessário para conhecer em detalhes a colhedora. A gestão desses equipamentos melhoram o desempenho operacional proporcionando a otimização no uso de máquinas e equipamentos agrícolas.

O desempenho operacional de colhedoras muitas vezes é comprometido por problemas em alguns desses componentes. Diversas variáveis podem influenciar no desgaste e na vida útil de componente. Portanto é de extrema importância realizar o acompanhamento através de inspeções quinzenais. Além disso, existe alguns componentes em colhedoras que demandam grande tempo de manutenção quando realizado em campo, tornando-se um dos principais ofensores a disponibilidade do equipamento.

Por fim, a manutenção em sistema produtivo é um princípio primordial para ter máquinas, no caso colhedoras, em condições excelentes para funcionar, garantindo, dessa forma a produtividade do equipamento com confiabilidade e segurança. A conservação do maquinário deve ser realizada de maneira regular, prevenindo a ocorrência de qualquer dano, deterioração ou desgaste. Portanto, manutenção preventiva apresenta como vantagem e estratégia a disponibilidade de frota e equipamentos ao setor produtivo de uma empresa do setor sucroalcooleiro.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. **Indicadores da função motomecanização aplicados em usina de açúcar e álcool em um ambiente gerenciado por processos: um estudo de caso.** Dissertação de mestrado, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82549>. Acesso em: 12 set. 2021.
- BANCHI, A. D., LOPES, J. R., FERREIRA, V. A., & SCARANELLO, L. T. Análise de reforma de colhedoras de cana-de-açúcar. **Revista AgriMotor**, v. 75, p. 40-43, 2012. Disponível em: <https://assiste.com.br/admin/modSite/arquivos/post/7820deff968031f>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- BANCHI, A. D.; LOPES, J. R.; ZAGO, C. A. Estudo dos custos com reparo e manutenção em colhedoras de cana-de-açúcar parte I. **Revista Agrimotor**, v. 1, p. 12-13, 2008.
- CARVALHO FILHO, S. M. **Colheita mecanizada: desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia.** 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-20191218-173801/en.php>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- CERVI, R. G., ESPERANCINI, M. S. T., SILVA, H. D. O. F., ISLER, P. R., & DE OLIVEIRA, P. A. (2015). Avaliação do desempenho operacional da colheita e transbordo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Energia na agricultura**, v. 30, n. 3, p. 232-241, 2015. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153411106>. Acesso em: 12 set. 2021.
- CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 5, n. 1 - Safra 2018/19, **Quarto levantamento**, 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/annap/Downloads/BoletimZCanaZ1ZLevantamentoZ1819%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/annap/Downloads/BoletimZCanaZ1ZLevantamentoZ1819%20(2).pdf). Acesso em: 10 ago. 2021.
- COSTA NETO, J. D. da. A cana em tempo bom. **Revista CREA-PR**, Curitiba, n. 41, p. 16-19, out. 2006.
- COSTA, W. R. R., DA SILVA, T. N. N., EDUARDO, A. S. S., & RIBEIRO, J. S. S. Manutenção preventiva no setor sucroalcooleiro—estudo de caso em uma usina no vale do rio Ivinhema. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/4286>. Acesso em 12 set. 2021.
- CHERUBIN, N. Revista RPA News - **Cana & Indústria**, 2018. Disponível em: < <https://revistarpanews.com.br/ed/56-edicao2015/edicao-170/736-especial-colhedoras-decana>>. Acesso em: 12 set. 2021.

FREDO, C.E.; VICENTE, M.C.M.; BAPTISTELLA, C.S.L.; VEIGA, J.E.R. **Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas**. Junho de 2008. Disponível em: <http://www.iewa.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=9240>. Acesso em: 10 ago. 2021.

HÅKANSSON, I. **Machinery-induced compaction of arable soils: incidence, consequences, counter-measures**. Uppsala: Dept. of Soil Sciences, Division of Soil Management, 2005. 153 p. Disponível em: <https://pub.epsilon.slu.se/5517>. Acesso em: 23 mar. 2021.

JOHN DEERE. **Colhedora de cana John Deere 3510**: Manual do operador. 6. ed. Edição Sul Americana: Deere & Company, 2006. 238 p.

LINHARES, M.; SETTE JÚNIOR, C. R.; CAMPOS, F.; YAMAJI, F. M. Eficiência e desempenho operacional de máquinas. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 212-219, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/PWMQmnXPPG83BpcmJVMSSPK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 ago. 2021.

MARTINS, G. A. **Análise de indicadores de produtividade com aplicação de ferramentas de gestão da qualidade na manutenção de colhedoras de cana-de-açúcar** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo), 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-17032020-162409/en.php>. Acesso em: 12 set. 2021.

MARCELLINO, A. T. **Análise da implantação de uma sistemática de manutenção centrada na confiabilidade aplicada para colhedoras de cana de açúcar**. Dissertação de mestrado, 2015. Disponível em: <https://dspace.ufgd.edu.br/jspui/handle/123456789/347>. Acesso em: 12 set. 2021.

SANTANNA, A. M. G. **Disponibilidade mecânica de colhedoras de cana-de-açúcar: efeitos do tempo de uso na gestão da manutenção**. Dissertação de mestrado, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13666>. Acesso em: 12 set. 2021.

MAGALHÃES, C.M.C.. **Avaliação do desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar na região norte fluminense**. Tese de doutorado. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

NARIMOTO, L. R. **O trabalho dos operadores de máquinas colhedoras de cana-de-açúcar: uma abordagem ergonômica**. 2012. 186f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3696>. Acesso em: 13 set. 2021.

NEVES, J.L.M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 2003. 223p. Tese (Doutorado em

Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257591/1/Neves_JorgeLuisMangolini_D.pdf. Acesso em: 11 ago. 2021

NOVACANA. **Colhendo informações: mecanização dos canaviais pode ser mais eficaz**. 2016. Disponível em: <https://www.novacana.com>. Acesso em: 11 ago. 2021.

OLIVEIRA, M.D.M.; NACHILUK, K.; TORQUATO, S.A. sistemas de produção e matrizes de coeficientes técnicos da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.40, n.6, p 68-91, jun. 2010. Disponível em: <http://iea.naka.eti.br/ftpiea/publicacoes/ie/2010/tec6-0610.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. **Indicadores de desempenho operacionais de uma frente de colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, v. 36, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Peloia/publication>. Acesso em: 12 set. 2021.

PIZZECO, M. M. **Aplicação da engenharia de manutenção em colhedoras de cana de açúcar numa usina sucroalcooleira do triângulo mineiro: um estudo de caso**. Trabalho de conclusão, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26710>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PEREIRA, L.L.; TORREZAN, H.F. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. P. 333-334.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. 2. ed. Piracicaba: Edição dos Autores, 2009. 333 p.

SALVI, J. V.; MATOS, M. A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 201-209, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/D3QzRQpsrhqCm4gjfGMdZXm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 set. 2021.

SANTAL. **Catálogo da colhedora de cana-de-açúcar S5010 VT**. Ribeirão Preto. Santal Equipamentos S/A. 2015. Disponível em: <http://www.santal.com.br/produtos/s5010/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SILVA, F. I. C.; GARCIA, A. Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: Histórico e análise. **Nucleus**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4033681>. Acesso em: 13 set. 2021.

SHIMOSAKAI, V. C. D. M. **Custo de reparo e manutenção de colhedoras de cana-de-açúcar em função das horas de operação**. Dissertação de mestrado,

2015. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/256765>. Acesso em: 12 set. 2021.

STRINGHETTA, L. M. F.; LEITE, S. S. (2018). **Aplicação do TRF em manutenções preventivas no conjunto rodante de uma colhedora de cana-de-açúcar no setor agrícola de uma usina sucroalcooleira**. Dissertação de mestrado, 2018. Disponível em: <https://servicos.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/2024>. Acesso em: 13 set 2021.

TORQUATO, S. A. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 29, p. 49-62, 2013. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RB CIAMB/article/view/277. Acesso em: 10 ago. 2021.

ÚNICA (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR). **Indústria Brasileira de Cana-de-açúcar: uma trajetória de evolução**, 2013. Disponível em: <http://www.unica.com.br/linhadotempo/index.html>. Acesso em: 11 ago. 2021.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; TAVARES, T.O.; PAIXÃO, C.S.S. **Colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. UNESP. Jaboticabal, 2015. Disponível em: <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/784>. Acesso em: 10 ago. 2021.