

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUVERAVA
FACULDADE DE FILOSOFIA CIENCIAS E LETRAS DE ITUVERAVA

Adriano Gonçalves Miranda

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM CORRENTES TRANSPORTADORAS DE
ELEVADORES DE COLHEDORAS DE CANA-DE- AÇÚCAR**

ITUVERAVA

2023

ADRIANO GONÇALVES MIRANDA

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM CORRENTES TRANSPORTADORAS DE
ELEVADORES DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.
Fundação Educacional de Ituverava para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Gustavo Borges Valim.

**ITUVERAVA
2023**

ADRIANO GONÇALVES MIRANDA

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM CORRENTES TRANSPORTADORAS DE
ELEVADORES DE COLHEDORAS DE CANA-DE- AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.
Fundação Educacional de Ituverava para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Ituverava, ____ de _____ de ____.

Orientador: _____
Gustavo Borges Valim

Examinador: _____
Eli Tadeu Mira Júnior

Examinador: _____
Gabriel Pitta de Paula

MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM CORRENTES TRANSPORTADORAS DE ELEVADORES DE COLHEDORAS DE CANA-DE- AÇÚCAR¹

MIRANDA, Adriano Gonçalves²
VALIM, Gustavo Borges³

RESUMO: Operações industriais requerem a manutenção adequada de máquinas e equipamentos, o que pode ser alcançado por meio da manutenção preventiva. Esta abordagem envolve a realização de ações programadas regularmente para evitar falhas, juntamente com um monitoramento constante baseado em dados em tempo real, com o objetivo de reduzir falhas e aprimorar a eficiência operacional. No contexto da manutenção preventiva das correntes da esteira de elevadores, fatores como a escolha de materiais apropriados, análise do desgaste, aperto correto dos parafusos de fixação da esteira do elevador, verificação do desgaste dos rolos e buchas, alinhamento das engrenagens, juntamente com a substituição regular das taliscas e sua intercalação, desempenham um papel muito importante para maximizar a vida útil dessas correntes. Um estudo realizado em uma Usina de cana de açúcar demonstrou que a combinação da manutenção preventiva realizada a cada 300 horas ou a cada 15 dias de trabalho por mecânicos especializados, juntamente com a manutenção preventiva diária realizada pelos operadores da colhedora de cana, resultou em um notável aumento na vida útil das correntes. Além disso, essa abordagem reduziu a necessidade de mecânicos para realizar manutenções básicas, permitindo que se concentrassem em serviços especializados.

Palavras-chave: Colhedora. Manutenção. Preventiva.

PREVENTIVE MAINTENANCE ON CONVEYOR CHAINS FOR SUGAR CANE HARVESTER ELEVATORS

SUMMARY: Industrial operations require proper maintenance of machinery and equipment, which can be achieved through preventive maintenance. This approach involves regularly scheduled actions to prevent failures, along with constant real-time data-based monitoring, aimed at reducing breakdowns and enhancing operational efficiency. In the context of preventive maintenance for elevator chain systems, factors such as selecting appropriate materials, wear analysis, proper tightening of elevator chain fastening bolts, checking roller and bushing wear, gear alignment, as well as regular replacement and intercalation of cleats, play a significant role in maximizing the lifespan of these chains. A study conducted at a sugar cane mill demonstrated that a combination of preventive maintenance performed every 300 hours or every 15 working days by specialized mechanics, along with daily preventive maintenance carried out by sugar harvester operators, resulted in a notable increase in chain lifespan. Furthermore, this approach reduced the need for mechanics to conduct basic maintenance, enabling them to focus on specialized services.

Keywords: Harvester. Maintenance. Preventive.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, o Brasil mantém sua liderança como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar na safra de 2023-2024, sendo

¹ Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. Fundação Educacional de Ituverava.

² Graduando no curso de Engenharia Mecânica. E-mail: adrianogoncalvesmiranda@gmail.com

³ Orientador, Mestre em Matemática e mecânica. Docente da FE/FFCL.

também o maior produtor de açúcar e etanol, no entanto, o país enfrenta o desafio de aumentar a produção de biocombustíveis simultaneamente.

Para Ramos *et al* (2016) as colhedoras de cana-de-açúcar desempenham um papel importante nesse processo e representam o maior custo de manutenção da frota. Elas são responsáveis por cortar, recolher, picar e transportar os rebolos de cana até os tratores ou caminhões transbordos no campo, iniciando assim o processo de CCT (Corte, Carregamento e Transporte), onde uma falha mínima pode resultar na interrupção de todos os processos subsequentes, incluindo o processamento da cana na usina sucroalcooleira.

Segundo Braunbeck e Oliveira (2006, p. 300-308) diversos elementos precisam ser cuidadosamente tratados nas colhedoras, como o corte basal, o desponte da cana, o transporte da cana cortada, o picador e o carregamento da cana, bem como o movimento de tração da colhedora. Todos esses processos envolvem desgaste, manutenção e possíveis quebras que podem ser evitadas.

Além disso, Gregório, Santos e Prata (2018, p. 108) destacam que a manutenção preventiva é uma das abordagens mais eficazes, por ela que é possível prevenir danos específicos e conseqüentemente evitar paradas não programadas dos equipamentos. Assim, a manutenção preventiva permite uma avaliação constante dos desgastes e dos custos de manutenção, conforme Gregório, Santos e Prata (2018, p. 108) a manutenção preventiva é essencialmente necessária, podendo estar atrelada a alternativas criativas e inovadoras.

Os autores afirmam que a manutenção corretiva não planejada (emergencial) é a mais dispendiosa, seguida pela manutenção preventiva e pela manutenção preditiva. Entretanto, o custo total não é determinado apenas pelo tipo de manutenção, mas sim por vários fatores, incluindo perdas de produção e custos indiretos.

Correntes mal mantidas ou com problemas podem reduzir a produtividade e aumentar o desperdício de cana, especialmente nestas operações que envolvem grandes volumes de material. Também qualquer que seja a irregularidade pode resultar em quebras e travamentos da esteira, levando a paradas não planejadas que exigem manutenção corretiva, mas que podem ser evitadas a partir do manuseio correto, operação bem planejada e manutenção preventiva em conformidade com planos elaborados de forma concisa com o tipo de operação, tipo de terreno e solo.

A realização dos reparos necessários e a garantia de que o equipamento funcione de maneira eficiente durante a colheita são elementos que otimizam a eficiência do processo que envolvem colheita, transporte de industrialização da cana de açúcar. Este cenário foi

identificado durante a pesquisa "in loco", quando o trabalho se estendeu à prática. No contexto da inovação possibilitada pela manutenção preventiva, emergiu um modelo inovador e promissor, onde o operador da colhedora assume a responsabilidade direta pela manutenção das colhedoras e de seus instrumentos. Este modelo inovador serve como a base deste trabalho, cujo objetivo principal é demonstrar os procedimentos necessários para a manutenção adequada das correntes transportadoras.

Essas correntes desempenham um papel fundamental na operação eficiente da colheita e transporte da cana e frequentemente são responsáveis por interrupções na produção, muitas vezes decorrentes de falta de cuidado por parte dos operadores, falhas operacionais, problemas mecânicos ou simplesmente da ausência de manutenção adequada.

Portanto, este artigo tem como enfoque principal abordar a importância da manutenção preventiva, das substituições necessárias e das avaliações relacionadas às correntes transportadoras dos elevadores das colhedoras de cana-de-açúcar. Essa abordagem é de extrema relevância, uma vez que problemas nesse aspecto podem resultar na paralisação de todas as outras atividades e como consequência, na escassez do insumo essencial para a Usina de açúcar e álcool, a cana-de-açúcar.

2 CORRENTES TRANSPORTADORAS E TRANSMISSÃO

Para Almeida, Key e Barbieri (2022, p. 36) as correntes desempenham um papel fundamental como componentes de transmissão de força em máquinas agrícolas, são projetadas para manipular energia mecânica, a fim de movimentar peças e executar diversas funções mecânicas em equipamentos como tratores, colheitadeiras, plantadeiras, ceifadeiras e muitos outros.

Almeida, Lima e Barbieri (2017, p. 370) ensinam que as transmissões ou transporte por correntes têm suas vantagens e desvantagens. Entre as vantagens, destacam-se a relação de transmissão constante, aplicação em ambientes críticos, capacidade de acionar várias rodas com uma única corrente, alcance de grandes distâncias entre centros, ausência de escorregamento e alto rendimento que fica em torno de 97%.

Como ocorrem com os demais tipos de transmissões industriais de potência, deve-se garantir que a velocidade tangencial de uma corrente estará sempre abaixo do limite dos 20 m/s. Quanto às desvantagens, apresentam ruído devido ao contato metálico, desgaste nas articulações, necessidade de lubrificação adequada ou procedimentos específicos aos

equipamentos que trabalham sem lubrificação em operações específicas com eventual necessidade de sistemas adicionais para tensão e amortecimento de vibrações, funcionamento ruidoso e menor vida útil devido ao desgaste contínuo nas articulações.

Ademais, em conformidade com Budynas e Nisbett (2016, p. 895) as correntes têm a capacidade de transmitir potência entre eixos separados por distâncias significativas, com centros de até 10 metros de separação, destacam-se por sua elevada eficiência na transmissão de carga e não sofrem escorregamento por serem movimentadas por engrenagens e rodas dentadas. Elas consistem em uma série de elos interligados, onde cada elo possui uma forma específica com aberturas ou entalhes que se encaixam nas engrenagens ou rodas dentadas, esses elos são mantidos juntos por pinos ou eixos que permitem o movimento da corrente.

Almeida (2015, p. 100 – 106) relata que as correntes são normalmente fabricadas com materiais robustos, como aço carbono, aço inoxidável ou aços ligados, com a escolha dependendo da aplicação específica e das condições de operação.

Vale destacar também que em ambientes agrícolas, onde as máquinas frequentemente operam em condições úmidas, expostas a produtos químicos ou materiais abrasivos, isso pode levar a escolha de materiais como aço inoxidável ou a aplicação de revestimentos anticorrosivos, evitando-se a fadiga mecânica provocada por condições de clima e ambiente. E também, em culturas como a cana-de-açúcar, a qualquer parte da colhedora que mantém contato direto com a cana, não pode ser lubrificada, uma vez que a lubrificação pode contaminar o material colhido. Logo, torna-se necessário que a regulagem da sua tensão seja periódica.

Segundo Gregório, Santos e Prata (2018, p. 116) essa manutenção básica pode ser executada pelo operador mantenedor, ou seja, operador da colhedora que tem os conhecimentos básicos para executar tarefas de acordo com seus conhecimentos adquiridos a partir de treinamento e operação (rotina de trabalho).

Além disso, o tamanho e as especificações das correntes agrícolas variam de acordo com as necessidades específicas de diferentes máquinas e implementos agrícolas. A escolha apropriada do tipo de corrente deve seguir especificações fundamentadas no tipo de trabalho, na quantidade de rodas motrizes e movidas, na rotação, na quantidade de dentes das engrenagens, na quantidade de elos das correntes e na distância entre os passos da corrente.

A escolha inadequada pode aumentar o atrito entre os componentes, resultando em maior desgaste e risco de quebras. A tabela abaixo fornece uma referência para auxiliar na escolha adequada em relação às rotações por minuto e ao passo da corrente:

Tabela 01: Valores definidos para rodas dentadas entre 17 e 25 dentes operando em lubrificação adequada.

Passo da corrente	Rotação máxima (1)	Passo da corrente	Rotação máxima (1)
06,350 mm	5000 rpm	31,750 mm	1200 rpm
09,525 mm	5000 rpm	38,100 mm	900 rpm
12,700 mm	3750 rpm	44,450 mm	700 rpm
15,875 mm	2750 rpm	50,800 mm	550 rpm
19,050 mm	2000 rpm	63,500 mm	450 rpm
24,400 mm	1500 rpm	76,200 mm	300 rpm

Fonte: Almeida, Lima, Barbieri (2017, p. 379).

2.1 Engrenagens

Almeida (2015, p. 114) relata que as engrenagens são elementos cilíndricos dentados essenciais para a transferência de energia mecânica entre movimentos rotativos, são fabricadas em uma ampla variedade de dimensões e materiais, tornando-as adequadas para atender a diversas demandas mecânicas e aplicações em sistemas de transmissão de movimento circular.

Ele afirma que as engrenagens, frequentemente conhecidas como rodas dentadas, desempenham um papel fundamental na transmissão de potência entre eixos rotativos, são essenciais para se possibilitar tanto a redução, quanto o aumento do torque com perdas mínimas de energia, além de permitirem ajustes nas velocidades de rotação sem dissipação de energia devido à sua natureza de não deslizamento, tendo aplicações em diversas áreas, cada uma com requisitos específicos de estrutura alinhados às necessidades de transmissão de movimento.

De acordo com Almeida, Lima e Barbieri (2017, p. 374) as engrenagens costumam ter um número ímpar de dentes, uma vez que as correntes têm um número par de rolos, sendo assim, para assegurar a precisão na utilização durante as etapas de projeto, fabricação e manutenção de máquinas que dependem de transmissão por engrenagens, é essencial conduzir uma análise aprofundada dos tipos mais comuns e significantes na indústria. Essa escolha visa garantir um desgaste uniforme, pois ocorre uma alternância nos encaixes entre os dentes e os rolos, o que contribui para aumentar durabilidade do sistema, destaca ainda que a relação de transmissão de um único estágio por correntes não deve ultrapassar 1:7.

As dimensões das engrenagens são verificadas conforme as especificações da norma DIN 3962⁴ e pode ser confeccionada a partir de uma ampla gama de materiais e composições químicas, a maioria delas é composta por polímeros e metais.

No que diz respeito ao projeto em que serão utilizadas correntes, é fundamental considerar a capacidade de transmissão de carga em relação a três modos de falhas: fadiga das placas de conexão, impacto dos rolos ao se engatarem nos dentes da roda dentada, desgaste entre os pinos de cada conexão e as buchas sobre os pinos.

Observa-se ainda que a escolha adequada do material para as engrenagens é fundamental para garantir o desempenho e a durabilidade em aplicações específicas, em qualquer tipo de operação, assim como, no transporte feito pelo elevador da cana colhida até a caçamba do caminhão ou trator transbordo, pois as correntes manterão contato e atrito direto.

2.2 Noções básicas de um conjunto movido por correntes

Almeida, Lima e Barbiere (2022) relatam que as correntes servem para executar três funções básicas, sendo elas, transmissão de potência, transporte de materiais e sincronização. Quanto a transmissão de potência, elas trabalham em conjunto com as engrenagens para transferir força de um componente para outro por meio do engrenamento dos dentes das rodas aos rolos das correntes, o que resulta em uma relação de velocidades positiva.

Além disso, no transporte de materiais, as correntes são adaptadas com aditamentos específicos que carregam as cargas, tornando-as ideais para aplicações como transportadores de taliscas, transportadores de arraste e elevadores de caneca, sendo que em específico estaremos referenciando os transportadores de taliscas, que são os que compõem as esteiras dos elevadores das colhedoras de cana.

A manutenção adequada é fundamental para garantir o desempenho e a durabilidade dessas correntes em diversas aplicações. Almeida (2015, p. 103) destaca ainda que dependendo do tipo de corrente, devem ser utilizadas em baixas velocidades (menores que 2 m/s), pois, a corrente é consideravelmente pesada e em velocidades excessivas podem

⁴ De acordo com Almeida (2015) a norma DIN 3962 é uma norma técnica que estabelecem diretrizes e especificações relacionadas a engrenagens cilíndricas de dentes retos. Essa norma define parâmetros como tolerâncias, dimensões, perfis de dentes e outras características essenciais para a fabricação e o uso de engrenagens cilíndricas de dentes retos. É amplamente utilizada na indústria mecânica para garantir a qualidade e a compatibilidade das engrenagens em sistemas mecânicos.

eventualmente apresentar falhas ou ter sua vida útil reduzida devido à influência de esforços gerados pela força centrífuga ou por vibrações, podendo apresentar problemas, tais como ruído excessivo, encaixe inadequado, chicoteamento ou vibração e endurecimento que poderão causar o desalinhamento, folga inadequada, desgaste e outros fatores específicos, dependendo de cada situação.

Solucionar essas questões é essencial para garantir o funcionamento adequado das correntes em diversas aplicações industriais e mecânicas. É importante ressaltar que a regulagem adequada é outro fator de extrema importância, pois a falta dela pode causar danos aos elos, roletes, buchas e pinos da corrente, bem como desgaste excessivo nas rodas dentadas motoras e movidas.

Para Almeida (2014, 115) os eixos que transmitem movimentos, obrigatoriamente devem ser paralelos às correntes e as engrenagens devem estar em mesmo plano, pois se estiverem desalinhadas as placas de união dos elos, sofrerão esforço que provocarão desgastes, desalinhamento da corrente, danos em rolamentos das rodas dentadas, nos motores de acionamento e em seus eixos, podendo haver desmontagem ou falha da corrente.

2.3 Componentes das correntes dos elevadores da colhedora de cana

Segundo Almeida (2015, p. 101) as correntes são compostas por diversas peças incluindo rolos, pinos, talas e buchas, que se encaixam de maneira precisa para desempenhar funções essenciais na transmissão de força e resistência, cada uma dessas peças desempenha um papel fundamental nesse processo.

Almeida, Lima e Barbiere (2017, p. 369) relatam que as correntes de rolos seguem padrões dimensionais estabelecidos pela norma ANSI B.29.1 e que existem diversos tamanhos, cada um projetado para transmitir determinadas faixas de potências, e os principais componentes incluem pinos, buchas, rolos e placas.

Os pinos e buchas são suscetíveis a desgaste, enquanto os rolos amortecem impactos e as placas mantêm os pinos e buchas alinhados. Os rolos, com formato cilíndrico, desempenham uma função de suportar a carga transmitida quando a engrenagem se encaixa na corrente, localizados internamente, eles devem possuir alta qualidade para resistir de forma eficiente ao impacto das cargas.

Os pinos, também cilíndricos, são responsáveis por suportar as cargas que resultam em deformação ou flexão durante a operação, especialmente devido ao contato com as talas. Os

contatos diretos entre os rolos e os pinos exigem que estes últimos tenham resistência e dureza adequadas para suportar a flexão das peças e o atrito gerado durante o funcionamento das esteiras.

As talas, também conhecidas como placas, são posicionadas nas laterais internas e externas da corrente, desempenhando a função de absorver a tensão gerada pela tração durante a transmissão de força, devem apresentar características como elasticidade e resistência, permitindo que se adaptem as variações de velocidade e aos choques que ocorrem durante a operação do equipamento.

Por último, as buchas têm a importante função de suportar o cisalhamento, a flexão e o desgaste abrasivo resultantes do contato com as placas e os pinos. Devido a sua localização crítica, essas peças requerem atenção especial em termos de manutenção e avaliação, uma vez que estão sujeitas aos impactos decorrentes das operações da corrente, portanto, podem desgastar-se mais facilmente, exigindo a retirada de elos ou até mesmo a substituição da corrente.

2.4 Manutenções preventivas das correntes

De acordo com Almeida (2015, p. 33) a manutenção preventiva é uma abordagem sistemática adotada para garantir que as máquinas, equipamentos, veículos e sistemas funcionem de maneira eficiente e confiável ao longo do tempo.

Devem ser um conjunto de práticas e ações realizadas de forma regular e programadas com o objetivo de prevenir falhas e problemas antes que ocorram. Assim, evitam paradas não planejadas, perdas de produção, custos elevados de reparo e, em alguns casos, até mesmo situações perigosas.

Essas ações envolvem inspecionar visualmente, testar e avaliar o estado geral dos equipamentos em intervalos regulares, a partir da identificação de sinais de desgaste, danos ou mau funcionamento, pois os componentes têm uma vida útil determinada, se desgastam com o tempo e devem ser substituídos antes que atinjam um estado crítico, evitando assim a falha do equipamento, especialmente quando envolvem transmissão ou transporte a partir de correntes.

Almeida (2015, p. 39) ensina que é de suma importância destacar a necessidade de manter registros precisos de todas as atividades de manutenção, incluindo datas de inspeção, reparos, substituições e outras ações, a fim de acompanhar o histórico do equipamento e prevenir paradas indesejadas.

Outro aspecto relevante a considerar são as análises de falhas, as quais devem ser utilizadas para compreender as causas anteriores e tomar medidas preventivas a fim de evitar recorrências no futuro, contribuindo para um aprendizado coletivo no contexto da manutenção e, assim, prevenir novos incidentes.

Conforme relata Gregório, Santos e Prata (2018, p. 106) a manutenção preventiva pode ser realizada com base nas informações do fabricante ou no histórico de falhas anteriores, o que envolve a substituição programada das peças, independentemente do estado atual delas. Pois as peças podem ser trocadas mesmo se estiverem em boas condições operacionais, pois há probabilidade de falha destas que poderão provocar parada das máquinas.

Para que haja esta conscientização, torna-se necessário garantir que os funcionários envolvidos na manutenção tenham o treinamento e conhecimentos adequados às boas práticas de manutenção para que sejam realizadas corretamente.

2.5 Treinamento voltado à manutenção preventiva

Gregório, Santos e Prata (2018, p. 44) relatam que a importância do treinamento aos envolvidos na manutenção é muito importante para assegurar a segurança, eficiência e durabilidade dos equipamentos. Equipes de manutenção que passam por capacitação são mais bem preparadas para realizar suas tarefas, tornam-se capazes de diagnosticar problemas com mais rapidez e precisão, o que resulta em intervenções mais ágeis e conseqüentemente na minimização do tempo de inatividade das máquinas e equipamentos.

Uma equipe de manutenção bem treinada é capaz de identificar e corrigir problemas antes que se tornem avarias graves, significa que a necessidade de reparos caros e os custos associados a paradas não programadas são reduzidos significativamente. Além disso, as máquinas que recebem manutenção regular e eficaz tendem a ter uma vida útil mais longa, o que se traduz em economias substanciais em longo prazo.

O processo de aprendizagem oferece aos funcionários a oportunidade de substituir comportamentos anteriores por novos, criando a possibilidade de transformação. A aprendizagem é uma ferramenta poderosa para valorizar e desenvolver as pessoas, uma vez que afeta a forma como agem, embora não modifique quem é intrinsecamente (RIBEIRO, 2018, p. 94).

No entanto, quando os operadores são mais bem treinados e possuem um conhecimento mais profundo da máquina na qual trabalham, a manutenção adequada torna-se mais viável, resultando em máquinas mais confiáveis. Isso implica que a produção pode ser programada e executada de forma mais consistente, sem surpresas desagradáveis no meio do processo produtivo.

Empresas que investem em treinamento de manutenção geralmente são mais competitivas no mercado, produzem mais, com menor custo e maior qualidade, o que as coloca em posição vantajosa em relação à concorrência, conforme afirma Gregório, Santos e Prata (2018, p. 45).

É fundamental reconhecer que o treinamento da equipe de manutenção não deve ser visto como um custo, mas como um investimento que gera retornos significativos em eficiência, confiabilidade e custos operacionais, sendo uma prática fundamental para manter operações de produção mais eficazes e bem-sucedidas.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

De acordo com um estudo realizado no período de agosto a novembro de 2023 em uma Usina de Açúcar e Alcool, foi possível identificar que o método de manutenção preventiva adotado na empresa está fundamentado na filosofia de trabalho que envolve o operador mantenedor.

Nessa abordagem, o próprio operador assume a corresponsabilidade pela manutenção da máquina, onde há combinação da manutenção preventiva realizada a cada 300 horas ou a cada 15 dias de trabalho por mecânicos especializados, juntamente com a manutenção preventiva diária realizada pelos operadores da colhedora de cana.

O processo de manutenção preventiva adotado começa com uma inspeção visual detalhada da esteira do elevador, essa inspeção pode ser realizada pelo operador da colhedora, ou seja, o operador mantenedor, e também envolve interferências mecânicas sempre que houver alterações nos valores das variáveis que afetem o padrão, indicando a possibilidade de falhas iminentes durante a operação. Essas verificações são realizadas constantemente, a fim de acompanhar possíveis alterações nos ruídos, temperaturas, folgas e outros indícios.

Durante a inspeção, é examinada minuciosamente a condição da esteira em busca de desgaste excessivo, cortes, danos, parafusos das taliscas quebrados, parafusos frouxos ou espanados, elos das correntes danificados, ou qualquer outra interferência que possa

comprometer o funcionamento e resultar em desgaste acelerado das peças e dos conjuntos de correntes.

Quaisquer problemas identificados são registrados como pendências, uma ordem de serviço é aberta para que a manutenção seja realizada, e estas servem como base para a implementação de ações preventivas futuras e contribuem para o aprendizado da equipe com base em situações, ações, acertos e erros na execução da manutenção.

As verificações de tensão das correntes ocorrem no mínimo uma vez por turno e são reguladas quando necessário. Logo, para que esta manutenção aconteça, as ferramentas sempre estão disponíveis nas colhedoras de cana ou em caminhões oficinas que ficam na lavoura.

O operador da colhedora é responsável por garantir que as tensões das correntes estejam dentro das especificações, uma vez que uma tensão inadequada pode resultar em desalinhamento, desgaste irregular, quebra de parafusos e taliscas, danos em engrenagens, quebra de rolamentos, quebra de eixos dos motores hidráulicos, quebra de elos ou desgaste excessivo do conjunto de correntes. Para que não ocorram falhas de manutenção, é essencial estabelecer um padrão de tensionamento para se evitar desorganização no trabalho e reduzir o tempo de inatividade da colhedora.

Durante a inspeção inicial, quando identificados componentes da esteira do elevador desgastados além de um limite aceitável, as peças são substituídas. Dessa forma, a manutenção preventiva da esteira do elevador se torna um processo sequencial e essencial que garante o desempenho eficiente e a durabilidade da máquina.

As conservações das correntes são feitas periodicamente, pois a falta desse cuidado, seja por falta de dados precisos ou cálculos incorretos de paradas, pode resultar em falhas antes do período estimado para a intervenção, levando a reposições prematuras de componentes.

Conforme destacado por Gregório, Santos e Prata (2018, p. 107) a manutenção preventiva é eficaz quando realizada antecipadamente e em intervalos pré-estabelecidos ou de acordo com critérios predefinidos.

Nesta empresa, a manutenção preventiva não se limita a intervenção de mecânicos. Os operadores das colhedoras desempenham um papel fundamental na manutenção, realizando inspeções periódicas, ajustes, manutenção básica e intervenções sempre que necessário para evitar desgastes prematuros, reduzindo a necessidade de mecânicos especializados em

manutenções básicas, permitindo que se concentrem em manutenções mais complexas em outras colhedoras que exijam cuidados específicos.

Em resumo, de acordo com as experiências de trabalho identificadas nesta empresa, a manutenção autônoma, ou seja, a manutenção preventiva realizada pelo operador da colhedora se encaixa em um dos pilares da Manutenção Produtiva Total (MPT) que, de acordo com Almeida (2015) envolve a corresponsabilidade de todos os membros da empresa em ações de manutenção e operação adequada dos equipamentos, trazendo diversos benefícios para a organização, uma vez que todos os funcionários participam ativamente por meio de ações em pequenos grupos.

3.1 Análises dos dados

A primeira etapa da manutenção preventiva conduzida pelos operadores envolve a realização de inspeções regulares e detalhadas nos equipamentos, especificamente na esteira do elevador da colhedora. Os operadores são treinados para conduzir verificações visuais antes, durante e após a operação. Essas inspeções abrangem a identificação de qualquer anomalia, como desgaste excessivo, vibrações anormais e ruídos incomuns, com o objetivo de efetuar uma inspeção minuciosa para detecção precoce de problemas.

Além disso, os operadores têm a responsabilidade de manter o equipamento limpo e livre de sujeira e detritos que possam prejudicar seu desempenho. Durante as inspeções, também verificam e apertam parafusos, porcas e fixações que possam estar soltos devido a operação contínua. Eles regulam a tensão da esteira quando necessário, evitando desgaste prematuro e problemas relacionados a componentes soltos.

Se por acaso, durante a inspeção os operadores identificarem peças desgastadas ou danificadas, eles são capazes de realizar a substituição, desde que esteja dentro de suas habilidades e conhecimentos. É importante ressaltar que cada colhedora possui um caderno de registro para documentar os problemas identificados durante a inspeção. Essa documentação é uma parte fundamental no controle da manutenção preventiva.

Os operadores passam por treinamentos técnicos que os capacitam a realizar inspeções, identificar problemas e executar tarefas de manutenção básica, isso garante que estejam preparados para desempenhar suas funções de maneira eficaz e segura.

Caso um problema exceda a capacidade dos operadores para solucioná-lo, é essencial que eles saibam como comunicar de maneira eficaz com a equipe de manutenção

especializada. Essa comunicação clara permite a coordenação das ações necessárias para resolver problemas mais complexos de maneira rápida e eficiente, sem desperdício de tempo e deslocamento desnecessários.

A manutenção preventiva conduzida pelos operadores é baseada em princípios científicos e de engenharia que visam identificar problemas antes que se tornem críticos. Essa abordagem oferece diversas vantagens, como a detecção precoce de problemas, a redução de paradas não programadas e a redução de custos com reparos. No entanto, torna-se necessário que os operadores sigam diretrizes, procedimentos estabelecidos e atuem com segurança para evitar intervenções em áreas de risco.

Essa abordagem complementa a manutenção mais especializada realizada por equipes dedicadas, contribuindo para a eficiência e a longevidade das colhedoras, evitando paradas desnecessárias e aumentando a eficiência operacional, que por sua vez, resulta em uma produção mais eficaz. É importante destacar que por trás deste projeto há uma equipe de instrutores envolvidos nos treinamentos e preparação da equipe, tanto de operadores quanto de mecânicos, pois conforme relatado, o projeto tem por objetivo capacitar a equipe de trabalho para agir em conjunto, ou seja, operação, oficina mecânica e gestão. Qualquer elo que seja quebrado dessa união resultará em falta de comunicação e desgaste emocional dos envolvidos, tudo tem que ser muito bem documentado e possuir diretrizes em que envolvam o departamento da segurança do trabalho.

De acordo com dados fornecidos pela empresa, descritos nas tabelas dois, três e quatro, disponíveis abaixo, percebe-se que, se consideramos somente os custos gastos com trocas de correntes nos anos de 2021 e 2023, houve uma redução de custo de R\$ 97.412,49 (noventa e sete mil, quatrocentos e doze reais e quarenta e nove centavos), mesmo com o aumento do valor do metro da corrente no mercado. Logo, conclui-se que houve redução na utilização de 520,2 metros no período analisado, além da redução do tempo de indisponibilidade das máquinas, aumento na produção e redução de custos operacionais.

Considerando os dados fornecidos pela empresa, observa-se uma redução de custos significativos após a implementação do projeto no ano de 2021, em relação à troca de correntes, sendo que no ano de 2022 obteve reduções e pode ser considerado um período de transição e aprendizado aos novos costumes de trabalho adquiridos pelos operadores.

No total, os valores gastos com o consumo de correntes nos dois anos atingiram R\$ 271.539,79, no entanto, no ano de 2021 foram utilizados 68% deste custo total e em 2023 apenas 38%. É importante notar que mesmo considerando um aumento de cerca de 5% no

custo por metro de corrente entre os anos avaliados, conforme a tabela 03, a diminuição no consumo foi ainda mais expressiva.

As tabelas abaixo foram disponibilizadas pela empresas em estão descritas nas seguintes ordens, a tabela 02 relatam a quantidade de materiais utilizados, a tabela 03 demonstram os valores destes materiais utilizados e na tabela número 03 o custo unitário de cada material.

Tabela 02: Classe colhedora de cana - Quantidade de peças aplicadas.

Descrição Material/Serviço	2021	2022	2023	Total Geral
PORCA SEXT PARLOCK 8.8 3/8UNF 24F	9472	7477	6362	38214
CORRENTE ELEVADOR 3510/20 (11,8MTS)	945,2	648,2	425	4148,29
ENGRENAGEM MOTRIZ ELEVADOR 3510/20	102	72	67	597
PARAFUSO SEXT 8.8 3/8"X2.3/4" UNF	5098	3212	949	12359
	15520,2	15706,2	7803	55318,29

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 03: Classe colhedora de cana – Valores em reais.

Descrição Material/Serviço	2021	2022	2023	Total Geral
PORCA SEXT PARLOCK 8.8 3/8UNF 24F	2839,93	2640,58	1375,49	6856,00
CORRENTE ELEVADOR 3510/20 (11,8MTS)	184476,14	136453,53	87063,65	407993,32
ENGRENAGEM MOTRIZ ELEVADOR 3510/20	14691,48	12372,90	17113,74	44178,12
PARAFUSO SEXT 8.8 3/8"X2.3/4" UNF	10990,21	5639,81	1407,87	18037,89
	212997,77	157106,82	106960,75	477065,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 04: Classe colhedora de cana – Custo médio unitário.

Descrição Material/Serviço	2021	2022	2023	Total Geral
PORCA SEXT PARLOCK 8.8 3/8UNF 24F	0,30	0,35	0,22	0,25
CORRENTE ELEVADOR 3510/20 (11,8MTS)	195,17	210,51	204,86	176,79
ENGRENAGEM MOTRIZ ELEVADOR 3510/20	144,03	171,85	255,43	135,76
PARAFUSO SEXT 8.8 3/8"X2.3/4" UNF	2,16	1,76	1,48	1,86
	11,26	14,25	13,71	15,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

Importante destacar que a relação dos materiais disponíveis nas tabelas acima, além das correntes, são materiais que estão diretamente atrelados aos desgastes das correntes e são importantes termômetros para a análise efetiva do consumo de correntes, do desgaste e

manutenção, pois são itens que mantêm e proporcionam o movimento em conjunto com as correntes e formam a esteira do elevador.

Conforme relatos dos responsáveis pela manutenção das esteiras dos elevares e troca das correntes, antes da inserção do projeto de manutenção preventiva feita pelos operadores, um conjunto de correntes mantinha a vida útil por uma safra, aproximadamente sete meses. Hoje a vida útil deste material é consideravelmente mais alta, podendo chegar a dezoito meses, desde que sejam feitas todas as ações necessárias.

Em suma, a manutenção preventiva realizada pelos operadores desempenha um papel fundamental na otimização da operação das colhedoras, garantindo um funcionamento eficiente e reduzindo custos operacionais, demonstrando a eficácia dessa abordagem no contexto da Usina de Açúcar e Alcool analisada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a implementação da manutenção preventiva realizada pelos operadores nas colhedoras de cana desempenha um papel fundamental na otimização da operação, garantindo um funcionamento eficiente das colhedoras, reduzindo os custos com operação e manutenção. A inspeção visual detalhada da esteira do elevador, a regulagem da tensão das correntes, a substituição antecipada de componentes desgastados e a comunicação eficiente com a equipe de manutenção especializada, demonstram um comprometimento com a eficiência operacional e aumento da disponibilidade das máquinas.

A diminuição no consumo de correntes, aliada a prolongação da vida útil desses componentes, evidencia a efetividade do programa de manutenção preventiva implementada e revela que a abordagem preventiva realizada pelos operadores está alinhada com os princípios da Manutenção Produtiva Total (MPT), promovendo a responsabilidade de todos os membros da empresa em ações de manutenção e operação adequada dos equipamentos.

A filosofia de trabalho utilizada pela equipe envolve a responsabilidade dos operadores na manutenção, combinada com a manutenção especializada realizada a cada 300 horas por mecânicos especializados, e contribui para a detecção precoce dos problemas mecânicos nas esteiras dos elevadores das colhedoras de cana, reduz o desgaste do conjunto de correntes das esteiras e com isso reduz as paradas não programadas.

Essa integração entre operadores e equipe de manutenção especializada contribui para a eficiência geral da operação, assim como uma manutenção preventiva contínua e diária, em

que a partir de soluções simples como verificação e regulagem da tensão das correntes das esteiras dos elevadores da colhedora de cana, reduz a quantidade de manutenções envolvendo trocas de peças ou até mesmo a troca do conjunto de correntes antes do tempo previsto.

Destaca-se ainda a importância do treinamento voltado a manutenção preventiva, pois equipes capacitadas são mais eficientes na identificação e resolução de problemas. Assim, a implementação bem-sucedida da manutenção preventiva pelos operadores das colhedoras de cana, não apenas impacta positivamente com a redução dos custos e a eficiência operacional, mas também cria uma cultura organizacional centrada na responsabilidade compartilhada, aprendizado contínuo e valorização das equipes, promovendo uma operação mais segura e sustentável, tema este que poderá ser as bases da continuação da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. de; LIMA, K. F. de; BARBIERI, R. **Elementos de Máquinas: Projeto de Sistemas Mecânicos**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2017. 689p.

ALMEIDA, P. S. de. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Érica, 2014.

ALMEIDA, P. S. de. **Manutenção mecânica industrial: princípios técnicos e operações**. São Paulo: Érica, 2015. 152 p.: il. (Série Eixos).

BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. **Colheita de Cana-de-Açúcar com Auxílio Mecânico**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 300-308, jan./abr. 2006.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 10ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, DF, v. 11, n. 1 abril 2023. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em: 27 ago. 2023.

GREGÓRIO, G. F. P.; SANTOS, D. F.; PRATA, A. B. **Engenharia da Manutenção**. Sagah, 2018. 195p.

MANUAL DO OPERADOR. **Colhedora de Cana-de-açúcar John Deere 3520**. OMNW00272 Edição G8 – ano 2008. Disponível em: <http://www.fatecc.com.br/ead-moodle/manutencaomecanica/materialextra/manualdooperador3520.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.

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**. Energ. Agric., Botucatu, 31(2), 121-128, 2016. Disponível em:

https://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2102/pdf_85. Acesso em: 17 out. 2023.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. ed. Porto Alegre, RS: Editora Bookman, 2005.

SILVA, N. L. M. da. **Estudo do desgaste de componentes de sistemas de amarração de plataformas offshore**. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14391/1/2016_NarcianeLorenaMunizdaSilva_tcc.pdf. Acesso em: 08 out. 2023.