ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Eli Mateus Borges De Oliveira
Maike Cesar Vian Ernandes
Marco Antônio Nunes De Assis
Pedro Afonso De Souza Evaristo
Rodrigo Fagundes Ferreira Da Costa
Thaila de Oliveira Ruy

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM MATERIAIS RODANTES DE MÁQUINAS PESADAS

Fernandópolis
2025

Eli Mateus Borges De Oliveira
Maike Cesar Vian Ernandes
Marco Antônio Nunes De Assis
Pedro Afonso De Souza Evaristo
Rodrigo Fagundes Ferreira Da Costa
Thaila de Oliveira Ruy

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM MATERIAIS RODANTES DE MÁQUINAS PESADAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Manutenção de Máquinas Pesadas, no Eixo de Controle e Processos Industriais, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio de Assis.

Fernandópolis
2025

Eli Mateus Borges De Oliveira
Maike Cesar Vian Ernandes
Marco Antônio Nunes De Assis
Pedro Afonso De Souza Evaristo
Rodrigo Fagundes Ferreira Da Costa
Thaila de Oliveira Ruy

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM MATERIAIS RODANTES DE MÁQUINAS PESADAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Manutenção de Máquinas Pesadas, no Eixo de Controle e Processos Industriais, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio de Assis.

Examinadores:

_____

Alex Tomas Henrique de Souza

_____

André Zagato Gomes

_____

Marcos Antonio de Assis

Fernandópolis
2025

DEDICATÓRIA

Dedicamos este artigo aos nossos familiares, amigos e professores, que não mediram esforços para que chegássemos até aqui. Dedicamos a nosso querido orientador, Marcos Antonio de Assis, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Dedicamos este Trabalho de Conclusão de Curso aos nossos professores, que foram fundamentais ao longo de nossa jornada, compartilhando conhecimento e nos orientando com dedicação. Ao nosso professor orientador, Marcos Antonio de Assis, que nos acompanhou de perto, oferecendo apoio, incentivo e direcionamento em cada etapa deste trabalho. Estendemos nossa dedicação aos amigos e colegas de classe, que, desde o início do curso, estiveram juntos, colaborando, apoiando e superando, em conjunto, cada desafio encontrado. E, de forma muito especial, dedicamos aos nossos familiares, que estiveram sempre ao nosso lado, oferecendo suporte, compreensão e encorajamento nos momentos mais difíceis, até a concretização desta conquista.

.

EPÍGRAFE

“Manutenção não é custo. É investimento em tempo, eficiência e segurança.”

Autores

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM MATERIAIS RODANTES DE MÁQUINAS PESADAS

Eli Mateus Borges De Oliveira
Maike Cesar Vian Ernandes
Marco Antônio Nunes De Assis
Pedro Afonso De Souza Evaristo
Rodrigo Fagundes Ferreira Da Costa
Thaila de Oliveira Ruy

RESUMO: Este trabalho aborda os impactos da lubrificação na durabilidade dos rolamentos e no desempenho do sistema rodante de colhedoras de cana-de-açúcar. A pesquisa evidencia que a má lubrificação, associada à falta de manutenção preventiva, acelera o desgaste dos componentes, eleva os custos operacionais e compromete a produtividade. O estudo contempla uma análise detalhada dos tipos de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), dos indicadores de desempenho (MTBF, MTTR e disponibilidade) e dos principais fatores de falha. Por meio de inspeções em campo, foram identificadas práticas operacionais inadequadas e medidas que contribuem para aumentar a vida útil dos rolamentos e reduzir os riscos de superaquecimento e incêndios. Conclui-se que uma gestão de manutenção eficiente, aliada à correta lubrificação e capacitação dos operadores, é fundamental para garantir a segurança, a eficiência e a sustentabilidade das operações agrícolas.

Palavras-chave: Manutenção Industrial, Sistema Rodante, Colhedora de Cana-de-Açúcar, Eficiência Operacional

ABSTRACT: This study addresses the impact of lubrication on the durability of bearings and the performance of the undercarriage system of sugarcane harvesters. The research shows that poor lubrication, combined with the lack of preventive maintenance, accelerates component wear, increases operational costs, and compromises productivity. The study includes a detailed analysis of maintenance types (corrective, preventive, and predictive), performance indicators (MTBF, MTTR, and availability), and the main failure factors. Through field inspections, inadequate operational practices were identified, along with measures that help extend bearing lifespan and reduce risks of overheating and fires. It concludes that efficient maintenance management, combined with proper lubrication and operator training, is essential to ensure safety, efficiency, and sustainability in agricultural operations.

Keywords: Industrial Maintenance, Undercarriage System, Sugarcane Harvester, Operational Efficiency

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar desempenha um papel estratégico na economia brasileira, posicionando o país como líder mundial nas exportações de açúcar, responsável por 61,8% do mercado global, além de ser um dos principais produtores de etanol — um biocombustível em constante expansão. A produção está concentrada, principalmente, nos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais, sendo que São Paulo responde por mais de 50% da área plantada no país. O Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), criado em 1975, foi um marco no incentivo à produção de etanol no Brasil, como resposta à crise do petróleo, fortalecendo ainda mais esse setor (Fontanetti, 2017).

Diante da crescente demanda e da necessidade de aumento da produtividade, a mecanização agrícola tornou-se indispensável, especialmente por meio do uso de colhedoras de cana-de-açúcar. Esse maquinário, projetado especificamente para a colheita em larga escala, trouxe significativas transformações nas condições de trabalho, exigindo dos operadores maior domínio técnico, capacidade cognitiva e atenção constante. Segundo Narimoto (2012), o corte mecanizado apresenta desafios adicionais em relação ao corte manual, pois exige cuidados no corte de base, preservação dos equipamentos, limpeza adequada do produto e, sobretudo, garantia da segurança operacional. Além disso, a busca pela redução de custos e pela maximização da eficiência operacional se tornou essencial para a competitividade do setor.

Entre os diversos sistemas que compõem a colhedora, o sistema rodante destaca-se como um dos mais críticos, uma vez que é responsável pela locomoção do equipamento em terrenos com condições severas. Esse sistema é composto por roletes, esteiras e aro motriz, acionados por um motor hidráulico. Devido à sua operação em ambientes adversos, com presença de detritos, lama e irregularidades no solo, o sistema rodante está sujeito a elevados níveis de desgaste. Fatores como excesso de velocidade, manutenção inadequada e lubrificação deficiente contribuem significativamente para falhas não programadas, elevando os custos operacionais e o tempo de máquina parada (Lunarti, 2023).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo propor estratégias para a redução de custos operacionais e aumento da vida útil dos materiais rodantes, por meio da implementação de um plano de manutenção preventiva aliado

a protocolos operacionais específicos. A proposta visa minimizar desgastes prematuros, riscos de superaquecimento e, consequentemente, a ocorrência de acidentes, como incêndios, promovendo maior segurança, eficiência e sustentabilidade nas operações agrícolas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. MÁQUINAS COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

A colhedora de cana-de-açúcar é um equipamento desenvolvido para realizar a colheita mecanizada, eliminando a necessidade dos processos tradicionais de queima e corte manual. Trata-se de uma máquina robusta, composta por um conjunto de sistemas industriais integrados, responsáveis por realizar, de forma sequencial e eficiente, operações de corte da base, alimentação, picagem, pré-limpeza e carregamento da cana colhida. A utilização desse maquinário proporciona não apenas maior produtividade, mas também redução significativa dos impactos ambientais, custos operacionais e do esforço físico exigido no trabalho rural.

De acordo com Ripoli e Ripoli (2009, apud Silva, 2023), a primeira colhedora de cana autopropelida foi desenvolvida em 1906 nos Estados Unidos, marcando o início da mecanização deste processo agrícola. No Brasil, entretanto, a introdução desse tipo de equipamento ocorreu de forma mais tardia, com o surgimento dos primeiros modelos nacionais no final da década de 1950, acompanhando a crescente demanda por modernização e aumento da eficiência no setor sucroenergético.

A figura 1 ilustra os principais componentes de uma Colhedora de Cana-de-Açúcar.

Figura 1. Componentes Básicos da Colhedora de Cana-de-Açúcar

Fonte: (John Deere, 2016)

2.1.1. Relevância da colhedora no processo produtivo

A colhedora de cana-de-açúcar é um equipamento desenvolvido para realizar a colheita mecanizada, eliminando a necessidade dos processos tradicionais de queima e corte manual. Trata-se de uma máquina robusta, composta por um conjunto de sistemas industriais integrados, responsáveis por realizar, de forma sequencial e eficiente, operações de corte da base, alimentação, picagem, pré-limpeza e carregamento da cana colhida. A utilização desse maquinário proporciona não apenas maior produtividade, mas também redução significativa dos impactos ambientais, custos operacionais e do esforço físico exigido no trabalho rural.

De acordo com Ripoli e Ripoli (2009, apud Silva, 2023), a primeira colhedora de cana autopropelida foi desenvolvida em 1906 nos Estados Unidos, marcando o início da mecanização deste processo agrícola. No Brasil, entretanto, a introdução desse tipo de equipamento ocorreu de forma mais tardia, com o surgimento dos primeiros modelos nacionais no final da década de 1950, acompanhando a crescente demanda por modernização e aumento da eficiência no setor sucroenergético.

2.2. SISTEMA RODANTE DA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR

De acordo com Fraenkel (1980, apud Silva, 2025), o desenvolvimento das esteiras rodantes foi aprimorado ao longo dos anos, com foco na melhoria da

aderência ao solo e na capacidade de enfrentar terrenos adversos. As esteiras passaram a ser consideradas o sistema de tração mais eficiente para equipamentos que operam sob elevados esforços horizontais, como é o caso das colhedoras de cana-de-açúcar. Sua aplicação proporciona maior estabilidade, menor compactação do solo e melhor desempenho em terrenos alagados, inclinados, irregulares ou de baixa coesão, condições frequentemente encontradas nas lavouras de cana.

O sistema rodante das colhedoras desempenha papel fundamental na mobilidade da máquina, sendo composto por esteiras, roletes, aros motrizes e outros componentes que trabalham em conjunto para garantir a tração necessária nas operações agrícolas. Este sistema não apenas permite a locomoção da máquina, mas também impacta diretamente sua eficiência operacional, o consumo de combustível e a durabilidade dos componentes.

Na Figura 2, é possível observar, por meio de uma fotografia registrada em campo pelos próprios autores durante o desenvolvimento deste trabalho, um sistema rodante de uma colhedora de cana-de-açúcar em operação real. A imagem ilustra as características construtivas e as condições às quais esse sistema está submetido durante as atividades agrícolas.

Figura 2. Sistema de tração com Rodantes

Fonte: (Autores, 2025)

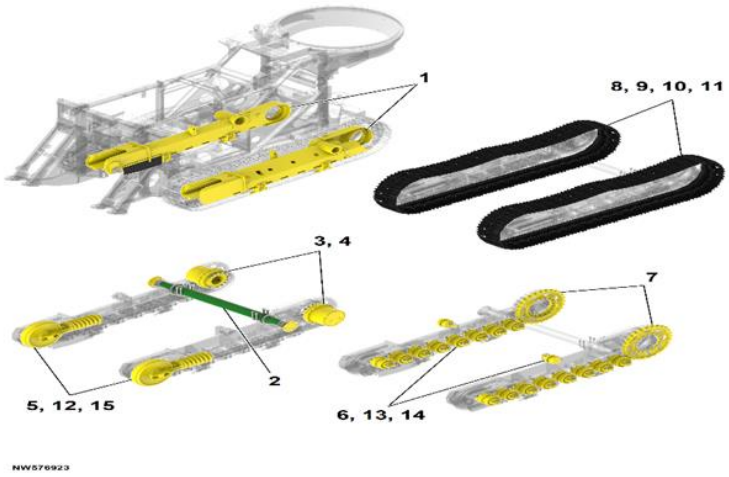
2.2.1. Composição do sistema rodante

O sistema rodante presente nas colhedoras de cana-de-açúcar é composto por diversos elementos que, em conjunto, garantem a tração, estabilidade e mobilidade da máquina, mesmo em terrenos com condições severas. Conforme ilustrado na Figura 3, sua composição inclui: dois trucks (1), responsáveis pelo suporte

estrutural do conjunto; eixo tander (2), que realiza a interligação dos componentes; dois cubos redutores (3 e 4), que recebem a transmissão de torque do motor hidráulico, reduzindo a rotação e aumentando a força aplicada às esteiras; dois conjuntos de roda guia com mola tensora (5), fundamentais para manter a tensão adequada das esteiras; dezesseis roletes inferiores e dois roletes superiores (6), que distribuem o peso da máquina e garantem o apoio adequado durante o deslocamento; dois aros motrizes (7), que transmitem a força de tração para as esteiras; e, por fim, duas esteiras rodantes (8), que proporcionam a aderência e a locomoção da colhedora no campo.

De acordo com o Catálogo Técnico da John Deere (2020), essa configuração foi projetada para maximizar a durabilidade, a capacidade de tração e a eficiência operacional da máquina, especialmente em solos úmidos, irregulares e com alto índice de detritos. Cada componente do sistema possui função específica e está sujeito a desgastes diferenciados, sendo essencial o acompanhamento constante por meio de inspeções e manutenções preventivas para garantir a máxima performance do equipamento.

Figura 3. Componentes do sistema de rodantes



Fonte: (John Deere, 2020)

2.2.2. Função e importância do sistema rodante no desempenho da máquina

O material rodante é um componente fundamental nas máquinas agrícolas, especialmente nas colhedoras de cana-de-açúcar. Esse sistema é composto por um conjunto de elementos mecânicos responsáveis pela locomoção e

pela estabilidade do equipamento, permitindo que a operação ocorra de maneira eficiente, segura e produtiva. Sua principal função é garantir o deslocamento adequado da colhedora pelos mais variados tipos de terreno, incluindo solos irregulares, inclinados, alagados ou com baixa coesão, sem comprometer o desempenho da máquina (Ribeiro, 2024).

A eficiência operacional da colhedora está diretamente relacionada à robustez e ao bom funcionamento do material rodante. Entre seus principais benefícios, destaca-se a elevada capacidade de tração em condições severas, o que assegura a continuidade das operações agrícolas mesmo em ambientes com alto nível de umidade ou irregularidades no relevo. Além disso, por distribuir de forma mais homogênea o peso da máquina sobre uma maior área de contato com o solo, o sistema de esteiras promove uma significativa redução na compactação do terreno, contribuindo para a preservação das propriedades físicas do solo e para a sustentabilidade das práticas agrícolas (Mills, 2023).

2.2.3. Condições operacionais adversas e seus impactos nos componentes

De acordo com o Grupo HT (2025), o acúmulo de detritos — como terra, lama, folhas e resíduos vegetais — no sistema rodante pode comprometer seriamente o desempenho das máquinas, provocando o travamento dos roletes e acelerando o desgaste dos componentes. A ausência de uma limpeza regular favorece a ocorrência de danos estruturais, como trincas em buchas, quebras nas sapatas e desgaste prematuro dos elos da esteira. Além disso, o Grupo ressalta que o treinamento adequado dos operadores é um fator determinante para prolongar a vida útil dos equipamentos. A operação incorreta, com esforços mal distribuídos, pode gerar sobrecargas localizadas, resultando em desgaste desigual dos componentes, desalinhamento dos mancais e, consequentemente, aumento dos custos de manutenção e redução da disponibilidade da máquina.

2.3. PRINCIPAIS FALHAS E DESGASTES DO SISTEMA RODANTE

O desgaste é definido como a perda gradual de material decorrente do contato entre superfícies sólidas, sendo um fenômeno típico em componentes sujeitos a movimento relativo, especialmente em sistemas com partes móveis. No caso das

colhedoras de cana-de-açúcar, as esteiras mantêm contato constante e direto com o solo, o que, inevitavelmente, leva ao desgaste progressivo dos seus componentes ao longo do tempo.

O sistema rodante, como um todo, está submetido a elevados níveis de tensão mecânica, e quando essas tensões excedem os limites operacionais recomendados, ocorre uma aceleração significativa do desgaste, reduzindo drasticamente a vida útil dos materiais. Conforme Rech (2022), para que o desgaste ocorra, quatro condições precisam estar presentes simultaneamente: contato entre superfícies, aplicação de carga, movimento relativo e presença de agentes abrasivos, como partículas de terra, areia ou detritos.

2.3.1. Impacto de hábitos operacionais no desgaste do sistema rodante

O desempenho e a durabilidade do material rodante em máquinas agrícolas estão diretamente relacionados às práticas de operação e manutenção adotadas. Hábitos operacionais inadequados, muitas vezes negligenciados no dia a dia no campo, podem acelerar de forma significativa o desgaste dos componentes, aumentar o consumo de combustível e elevar consideravelmente os custos de manutenção. Práticas como aceleração excessiva, utilização de peças de baixa qualidade, manobras bruscas ou repetição constante de curvas para o mesmo lado comprometem não apenas a eficiência operacional, mas também reduzem drasticamente a vida útil dos sistemas mecânicos. Rech (2022) aponta os detalhes, conforme descritos nos subtópicos a seguir.

2.3.1.1. Velocidade em excesso

O uso de aceleração acima dos parâmetros recomendados acelera significativamente o desgaste dos componentes do sistema rodante. Um equívoco comum no campo é acreditar que operar com meia carga e alta velocidade resulta em maior produtividade. No entanto, a prática mais eficiente e econômica é trabalhar com carga plena em baixa velocidade, o que otimiza o consumo de combustível, reduz o estresse sobre os componentes e prolonga a vida útil do equipamento.

2.3.1.2. Uso de peças de baixa qualidade

A adoção de peças paralelas ou de baixa qualidade compromete diretamente a durabilidade do sistema rodante e de outros componentes da máquina. Apesar de, inicialmente, representarem um menor investimento, essas peças apresentam vida útil reduzida, menor resistência e maior propensão a falhas, o que gera custos recorrentes e perda de produtividade.

2.3.1.3. Mudanças bruscas de direção

Manobras repentinas, como curvas fechadas ou mudanças rápidas de direção, geram forças laterais excessivas sobre o sistema rodante. Esse esforço adicional acelera o desgaste de componentes como sapatas, roletes e buchas, além de aumentar o risco de desalinhamento e falhas prematuras.

2.3.1.4. Virar sempre para o mesmo lado

Realizar constantemente manobras para o mesmo lado promove um desgaste desigual no sistema rodante. Esse desequilíbrio gera concentrações de tensão que podem provocar quebras, desalinhamentos e desgaste acentuado de componentes em um dos lados do equipamento. Alternar o sentido das manobras contribui para um desgaste mais uniforme e prolonga a vida útil dos componentes.

2.3.1.5. Tensionamento excessivo das correntes

Correntes excessivamente tensionadas geram sobrecarga nas buchas, na roda motriz e na roda guia, acelerando o desgaste desses elementos. Por outro lado, correntes muito folgadas podem causar o desencaixe ou descarrilamento das esteiras. Seguir rigorosamente as recomendações de tensionamento indicadas no manual do fabricante é fundamental para preservar o sistema.

2.3.1.6. Manutenção inadequada ou insuficiente

A ausência de práticas de manutenção adequadas compromete diretamente a durabilidade do sistema rodante. É essencial realizar a verificação periódica do tensionamento das esteiras, efetuar o giro dos pinos e buchas — prática que redistribui os pontos de desgaste — e substituir componentes desgastados antes que provoquem danos maiores. A periodicidade dessas ações deve considerar as condições de operação e o tipo de solo.

2.3.1.7. Falta de limpeza do sistema rodante

A não realização da limpeza diária do sistema rodante favorece o acúmulo de terra, lama, pedras e resíduos vegetais, que atuam como agentes abrasivos, acelerando o desgaste de buchas, sapatas e elos da esteira. O acúmulo de detritos pode provocar o travamento de roletes e dificultar o funcionamento dos componentes móveis, comprometendo a eficiência operacional.

2.4. TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com Lafaia (2001), as estratégias de manutenção podem ser classificadas em três categorias principais: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva — esta última também denominada, em alguns contextos, como manutenção preventiva-preditiva. Cada uma dessas abordagens possui características específicas, aplicáveis conforme a criticidade dos equipamentos, os custos operacionais e os riscos envolvidos no processo produtivo.

A manutenção corretiva é acionada após a ocorrência de falhas e pode ser subdividida em dois tipos: corretiva não planejada, que ocorre de forma emergencial após falhas inesperadas, gerando maiores custos e tempo de máquina parada; e corretiva planejada, na qual a intervenção é programada, permitindo melhor gestão de recursos e menor impacto na operação (Kardec e Nascif, 2013, apud Lunart, 2023).

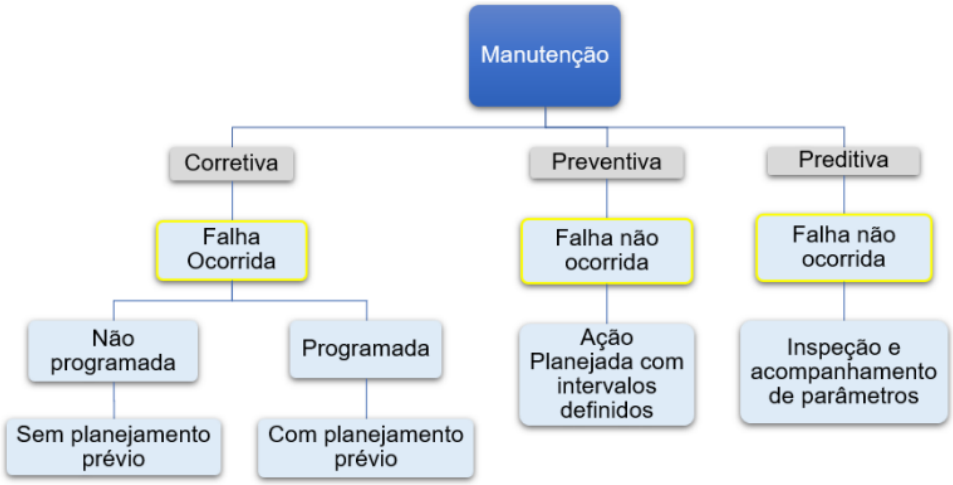
Por sua vez, a manutenção preventiva consiste na realização de intervenções sistemáticas, previamente programadas, baseadas no tempo de uso,

ciclos operacionais ou recomendações do fabricante, com o objetivo de evitar a ocorrência de falhas.

Já a manutenção preditiva é fundamentada no monitoramento contínuo das condições dos equipamentos, utilizando técnicas como análise de vibração, termografia e análise de lubrificantes. Esse método permite identificar sinais de desgaste ou falhas iminentes, possibilitando intervenções no momento ideal, reduzindo custos e aumentando a disponibilidade operacional.

Na Figura 4, é possível visualizar um diagrama explicativo que ilustra de forma clara as principais características, diferenças e aplicações dos três tipos de manutenção, facilitando a compreensão de suas funções e contribuições para a gestão eficiente dos ativos industriais.

Figura 4. Características dos tipos de manutenção



Fonte: (Lunart, 2023)

2.5. INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO

O MTBF (*Mean Time Between Failures* – Tempo Médio Entre Falhas) é um dos principais indicadores utilizados para avaliar a confiabilidade de equipamentos e sistemas. Ele representa o tempo médio de operação contínua entre uma falha e outra, sendo que valores mais elevados indicam maior confiabilidade e menor frequência de falhas do ativo. Por outro lado, o MTTR (*Mean Time To Repair* – Tempo Médio para Reparo) mensura a eficiência da equipe de manutenção em restaurar o funcionamento do equipamento após a ocorrência de uma falha; quanto menor o

MTTR, menor o tempo de indisponibilidade e menores os impactos negativos sobre a produção.

Outro indicador fundamental é a disponibilidade operacional, que expressa o percentual de tempo em que o equipamento permanece em condições de uso. Esse índice influencia diretamente a produtividade, principalmente em ambientes automatizados e de alta demanda operacional. Além desses indicadores, o custo de manutenção também deve ser constantemente monitorado. Ele engloba todas as despesas relacionadas à manutenção, incluindo mão de obra, peças de reposição, ferramentas, serviços e sistemas de monitoramento. A análise desse custo é essencial para avaliar a viabilidade das estratégias adotadas — sejam corretivas, preventivas ou preditivas — e para buscar o melhor equilíbrio entre desempenho operacional e investimento.

Esses indicadores, de forma integrada, são indispensáveis para uma gestão eficiente da manutenção industrial, servindo de base para a tomada de decisões estratégicas, otimização de recursos e aumento da competitividade das operações (Totvs, 2023).

3. DESENVOLVIMENTO: ESTUDO DE CASO EM SISTEMA RODANTE DE COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM USINA DA REGIÃO

3.1. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

Os procedimentos de manutenção do material rodante são essenciais para garantir o desempenho, a segurança e a longevidade dos componentes das colhedoras de cana-de-açúcar. Inicialmente, recomenda-se a realização de inspeções diárias, incluindo a verificação visual de desgastes, trincas, folgas excessivas ou componentes soltos. Deve-se também observar atentamente a existência de vazamentos de óleo nos cubos redutores e conferir a tensão das esteiras rodantes — esteiras excessivamente tensionadas podem causar desgaste prematuro dos componentes, enquanto esteiras muito folgadas aumentam o risco de descarrilamento.

O alinhamento correto do *truck* deve ser revisado regularmente, prevenindo o desgaste irregular do material rodante. Além disso, a limpeza diária do sistema rodante é indispensável para a remoção de barro, palha, pedras e resíduos

vegetais, que aceleram o desgaste, comprometem a lubrificação e podem travar componentes móveis.

Durante as intervenções de campo no material rodante, o procedimento seguro exige que o equipamento seja estacionado em local limpo, nivelado e firme. É fundamental identificar todos os riscos potenciais, como esmagamento, quedas de ferramentas e acionamentos acidentais, e adotar medidas preventivas, incluindo a sinalização e delimitação da área com cones, fitas de segurança ou cavaletes, restringindo o acesso apenas à equipe autorizada.

Para trabalhos mais complexos, deve-se realizar o bambear e a abertura da esteira rodante para o encavaletamento do equipamento, utilizando cavaletes adequados à sua capacidade de carga. O bloqueio e etiquetagem (*Lockout/Tagout* - LOTO) são procedimentos obrigatórios antes de qualquer intervenção, garantindo que não haja acionamento acidental dos sistemas. As manutenções e substituições de componentes móveis, como roda-guia, aro motriz, roletes, cubos redutores, esteiras e guias, podem demandar o uso de equipamentos auxiliares, como caminhão munck para movimentação de peças pesadas, e caminhão-bombeiro, caso seja necessário o uso de maçarico ou máquina de solda.

3.2. ROTINAS DE INSPEÇÃO E LUBRIFICAÇÃO DO SISTEMA RODANTE

A adoção de rotinas rigorosas de inspeção e manutenção do sistema de lubrificação do material rodante é fundamental para garantir a eficiência operacional dos equipamentos, aumentar a vida útil dos componentes e prevenir falhas inesperadas. Essas inspeções devem seguir rigorosamente as normas e recomendações dos fabricantes, sendo realizadas em diferentes intervalos: diariamente, semanalmente, mensalmente, trimestralmente, semestralmente ou conforme a quantidade de horas de operação do equipamento.

Inspeções diárias, geralmente realizadas a cada 10 horas de operação ou no início e na troca de turnos, englobam análises visuais para identificar desgastes, danos aparentes, folgas excessivas ou vazamentos. Nesta etapa, é essencial a limpeza completa do material rodante para remover resíduos como barro, palha e pedras, que podem acelerar o desgaste e prejudicar a lubrificação dos componentes. Além disso, verifica-se o tensionamento das esteiras e inspecionam-se itens críticos,

como roletes, redução final, cilindros com mola e graxa, pinos, sapatas e elos das correntes.

Inspeções semanais, ou a cada 50 horas de operação, envolvem a checagem dos níveis de óleo da redução final e do sistema hidráulico, além da avaliação da lubrificação dos pinos das esteiras, roletes inferiores e superiores, roda-guia e cilindros com mola e graxa. Caso o tensionamento das esteiras esteja fora dos padrões recomendados pelo fabricante, é realizado o ajuste necessário, buscando-se manter uma folga adequada — normalmente entre 32 e 38 milímetros.

Inspeções mensais, ou a cada 250 horas de trabalho, abrangem uma avaliação mais detalhada do sistema de lubrificação da máquina. São verificadas as condições das sapatas e dos elos das correntes para identificar desgastes excessivos, além da análise do nível e condição do óleo da caixa de redução final. Também se realizam inspeções nos roletes e roda-guia, observando possíveis folgas ou danos que possam comprometer a segurança e o desempenho do equipamento.

Inspeções trimestrais, realizadas a cada 500 horas de operação, priorizam a verificação da tensão da mola do tensor, garantindo a manutenção da tensão ideal da esteira. São observadas as condições das sapatas das esteiras e, quando necessário, realiza-se a substituição das unidades desgastadas ou fora dos padrões de uso. Também se inspecionam os pinos das esteiras, efetuando a troca em caso de desgaste ou danos.

Por fim, as inspeções semestrais, efetuadas a cada 1000 horas de operação, incluem a medição do torque de aperto das sapatas das esteiras, prevenindo folgas e o consequente desgaste prematuro dos componentes. Avaliam-se ainda as condições dos cilindros da suspensão, realizando-se lubrificação quando necessário, além de inspecionar o sistema hidráulico em busca de vazamentos ou danos, promovendo a substituição de peças conforme a necessidade identificada.

A figura 5 demonstra como é implementado um check-list padrão na indústria. Este material foi coletado diretamente com a gestão da manutenção de uma frota de colhedoras de cana-de-açúcar da região.

Figura 5. Check-list padrão de manutenção

DATA:			FRENTE:				OS:		
FROTA:			HORÍMETRO:						
COMPONENTE		-	VALOR ENCONTRADO L.D. SIM | NÃO		VALOR ENCONTRADO L.E. SIM | NÃO		GUIAS DAS ESTEIRAS L.D. OK/ÑOK		GUIAS DAS ESTEIRAS L.E. OK/ÑOK
ESTEIRA	DIAMETRO DA BUCHA	GIRADA?							
		13 mm 4,5 mm					1º		1º
	ALTURA DO ELO	98 | mm 86,5 | mm					2º		2º
	PASSO	Regua 684.4 702.2							
ROLETES SUPERIORES	DIAMETRO	150 | mm 135 | mm							
RODA GUIA	ALTURA DA PISTA	20 mm 27 mm							
ESTEIRA	ALTURA DA GARRA	25 | 35 mm 15 | 25 mm							
RODA MOTRIZ	ARO	185 mm 172 mm							
ROLETES INFERIORES	DIAMETRO DOS ROLETES	Nº	B /R	L.D.	L.E.	B /R			
	Rolete bucha	1							
		2							
		3							
	203 | 52,8 mm	4							
	188 | 42,8 mm	5							
	Rolete rolamentado	6							
	203 | 46,5 mm	7							
	188 | 39,4 mm	8							
MÃO DE AMIGO SOLDADO?			L.D. SIM | NÃO		L.E. SIM | NÃO				
PINO E BUCHA GIRADO?			L.D. SIM | NÃO		L.E. SIM | NÃO				
MARCA E MODELO DA CORRENTE?		ASSINALE A QUE ESTA SENDO UTILIZADA?							
		ITM JD (ELO 98mm)							
		ITM JD (ELO 102mm)							
		BERCO (ELO 103mm							
OBS.									

Fonte: Autores (2025)

3.3. BOAS PRÁTICAS OPERACIONAIS PARA EVITAR DESGASTE PREMATURO

A preservação do material rodante durante a operação de colhedoras de cana-de-açúcar é fundamental para garantir o desempenho eficiente do equipamento, prevenir falhas mecânicas e maximizar sua vida útil. Para isso, torna-se imprescindível adotar práticas operacionais corretas, realizar manutenções adequadas e investir continuamente na capacitação dos operadores.

Um dos principais cuidados consiste em manter a velocidade de operação dentro dos limites recomendados pelo fabricante, evitando assim

sobrecargas e esforços excessivos nos componentes do sistema. Da mesma forma, o controle da rotação é essencial: manobras bruscas, acelerações repentinas ou mudanças rápidas de direção devem ser evitadas, pois aumentam o desgaste e comprometem a integridade dos sistemas mecânicos.

A avaliação prévia das condições do terreno é outro aspecto determinante. Antes do início da operação, é necessário inspecionar o solo, identificando obstáculos, trechos excessivamente úmidos, secos ou compactados. A adaptação das técnicas operacionais às características do terreno contribui significativamente para a conservação do material rodante e para o funcionamento seguro da máquina.

Entre os principais erros que reduzem a vida útil do equipamento, destacam-se a sobrecarga da colhedora — ao ultrapassar a capacidade máxima recomendada —, o que sobrecarrega os componentes, especialmente o material rodante, acelerando o desgaste e elevando os riscos de falha. Igualmente, a negligência diante de sinais de anomalias, como ruídos, vibrações ou alterações no desempenho, pode resultar em danos graves. Tais indícios devem ser verificados prontamente, permitindo a identificação e correção de falhas iniciais antes que evoluam para problemas maiores ou paradas não programadas.

A limpeza criteriosa do material rodante ao término do expediente é uma prática indispensável. O acúmulo de terra, palha e resíduos de cana entre os componentes aumenta o atrito, dificulta a movimentação e favorece a corrosão devido à retenção de umidade. Paralelamente, é fundamental realizar a lubrificação adequada das partes móveis, seguindo rigorosamente as recomendações do fabricante. Isso assegura o funcionamento suave dos mecanismos, reduz o desgaste por atrito e evita problemas de superaquecimento.

Outra medida relevante para a longevidade do material rodante é o uso de peças de reposição de qualidade, devidamente homologadas e compatíveis com o equipamento. A utilização de componentes originais proporciona maior resistência e desempenho, especialmente em ambientes de operação severa. Além disso, investir na capacitação dos operadores é estratégico: profissionais bem treinados adotam procedimentos corretos de operação e manutenção, minimizando erros e potencializando a conservação do equipamento.

Por fim, a combinação entre uma rotina rigorosa de manutenção preventiva, a utilização de peças certificadas, a limpeza e lubrificação regular e a

formação contínua dos operadores representa a base para a eficiência do material rodante e para o aumento da vida útil da colhedora. Conforme destaca a ITR South America, a adoção dessas boas práticas resulta em maior produtividade, menor incidência de falhas e melhor retorno sobre o investimento ao longo das safras.

3.4. ANÁLISE DE CUSTOS DOS COMPONENTES

A Tabela 1 a seguir apresenta o detalhamento dos custos dos principais componentes do sistema de transporte e movimentação do material rodante, como esteiras e roletes. Os valores consideram tanto a quantidade necessária de cada item quanto o respectivo preço unitário, possibilitando uma visão clara do impacto financeiro de cada componente na manutenção e operação das colhedoras.

Dentre os itens listados, destacam-se: o cubo redutor, responsável por reduzir a velocidade e aumentar o torque nos sistemas motrizes, com duas unidades totalizando R$ 30.875,64; o componente motriz, encarregado de acionar o sistema, com duas unidades ao custo de R$ 2.320,00; os roletes duplos, essenciais para a sustentação e movimentação das esteiras, com oito unidades somando R$ 11.080,00; os roletes simples, que complementam o sistema de transporte, com duas unidades totalizando R$ 1.234,00; e os roletes inferiores, que oferecem suporte inferior às esteiras, com oito unidades ao custo de R$ 8.656,00. Adicionalmente, as esteiras — fundamentais para a tração e deslocamento do equipamento — são apresentadas com duas unidades avaliadas em R$ 34.000,00.

O custo total do conjunto de componentes atinge R$ 88.165,64, valor que deve guiar o planejamento financeiro, a tomada de decisão e a previsão orçamentária das atividades de manutenção e operação.

Tabela 1. Custo dos componentes

Item	Quantidade	Valor Unitário (R$)	Subtotal (R$)
Cubo redutor	2	15.437,82	30.875,64
Motriz	2	1.160,00	2.320,00
Rolete duplo	8	1.385,00	11.080,00
Rolete superior	2	617,00	1.234,00
Rolete simples	8	1.082,00	8.656,00
Esteira	2	17.000,00	34.000,00
Total Geral			88.165,64
Serviço virada pino/bucha			5.600,00

Fonte: (Autores, 2025)

3.4.1. Análise de custo por hora de vida

A análise comparativa entre diferentes fabricantes de esteiras rodantes permitiu avaliar a relação entre vida útil dos componentes, custos operacionais e práticas de manutenção. Observou-se que, mesmo entre esteiras do mesmo fabricante, a adoção de manutenção adequada pode proporcionar uma redução de aproximadamente 50% no custo por hora de trabalho.

No caso dos equipamentos do fabricante FHR, os dados revelam que o item NF 932 apresentou uma vida útil quase duas vezes superior à do NF 741. Os índices de desgaste e uso registrados também foram mais elevados no NF 932, refletindo sua maior durabilidade e resistência. Ademais, o custo por hora de operação foi menor para o NF 932, indicando uma eficiência econômica superior. Esses resultados podem ser visualizados na Tabela 2 a seguir, que apresenta o comparativo técnico detalhado entre os modelos analisados do fabricante FHR.

Tabela 2. Comparativo técnico da fabricante FHR

Comparativo Técnico – ESTEIRA 98 MM / Marca do Equipamento: Jd

Atributo	NF 741 (01/04/24)	NF 932 (27/03/24)	Diferença / Observação
Data	01/04/2024	27/03/2024	Datas próximas
Fabricante	FHR	FHR	Igual
Modelo Esteira	ESTEIRA 98 MM	ESTEIRA 98 MM	Igual
Marca Equipamento	Jd	Jd	Igual
Motivo do Descarte	Final Vida Útil	Final Vida Útil	Igual
Valor 1 (mil horas)	2.409	4.513	NF 932 durou quase o dobro
Valor 2 (mil horas)	1.754	2.337	Maior no NF 932
Valor 3 (mil horas)	654	2.176	Muito maior no NF 932
Total (mil horas)	2.408	4.513	Total quase o dobro no NF 932
Índice (Custo/Hora)	4,96	2,65	NF 741 tem índice quase o dobro do NF 932

Fonte: (FHR, 2025)

Para o fabricante ITM MR, o modelo NF 888 destacou-se por apresentar vida útil quase duas vezes maior que a do NF 728, além de maior resistência em componentes críticos como pinos e colares. O custo por hora de vida útil do NF 888 também foi significativamente menor, confirmando que este modelo proporciona melhor durabilidade e economia operacional ao equipamento. O comparativo técnico entre os modelos do fabricante ITM MR pode ser consultado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Comparativo técnico da fabricante ITM

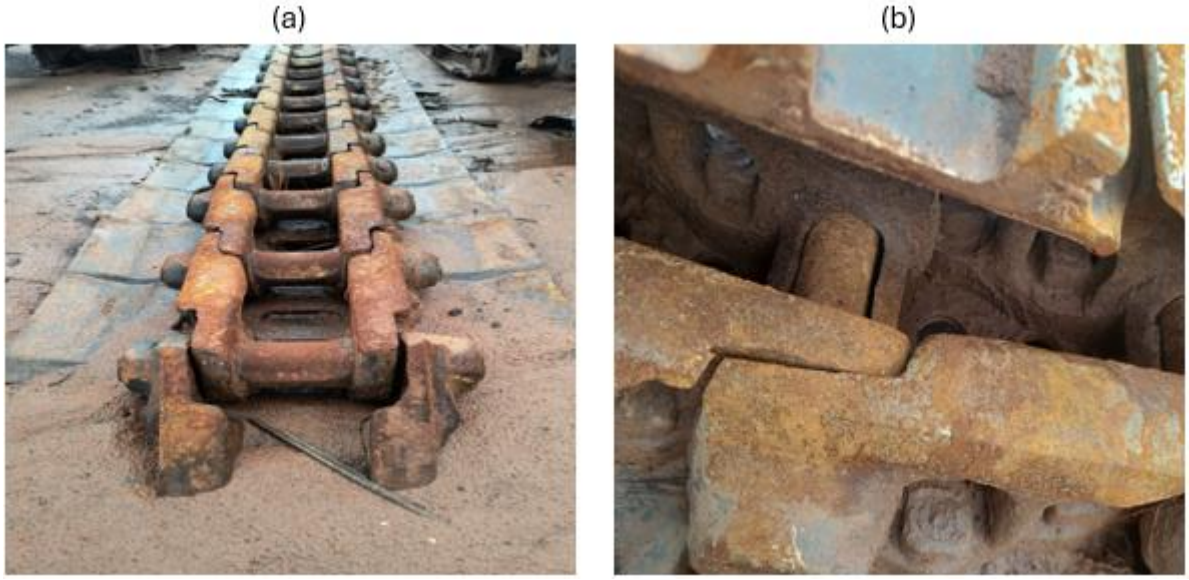
Comparativo Técnico – ITM MR / ESTEIRA 98 MM / Marca do Equipamento: Jd

Atributo	NF 888	NF 728	Diferença/Observação
Data	02/06/2023	04/11/2023	Diferentes
Fabricante	ITM MR	ITM MR	Igual
Modelo Esteira	ESTEIRA 98 MM	ESTEIRA 98 MM	Igual
Marca Equipamento	Jd	Jd	Igual
Motivo do Descarte	Final Vida Útil	Final Vida Útil	Igual
Vida Útil (mil horas)	4.336	2.441	NF 888 durou quase o dobro
Giro do Pino (mil h)	2.178	1.679	Maior no NF 888
Descarte Pino (mil h)	2.158	762	Muito maior no NF 888
Vida Colar (mil h)	4.336	2.441	NF 888 tem maior durabilidade
Custo/Hora de Vida (R$)	2,76	4,90	NF 888 é significativamente mais econômico

Fonte: (ITM MR, 2025)

A Figura 6 ilustra visualmente dois exemplos práticos observados em campo. Na imagem (a), observa-se a esteira rodante submetida a manutenção adequada, com a realização do giro de pino e bucha, resultando na redução de custos e prolongamento da vida útil do componente. Já a imagem (b) apresenta um cenário de manutenção deficiente, em que a ausência do procedimento adequado ocasionou desgaste prematuro e incorreto do componente, levando ao aumento do custo por hora de operação e à substituição precoce da esteira, que poderia ter sua vida útil estendida com o giro de pino e bucha.

Figura 6. Observações em campo



Fonte: (Autores, 2025)

3.4.2. Estratégias para redução de custos e aumento da vida útil dos componentes

A Tabela 4 apresenta uma análise técnica detalhada do desgaste dos componentes das esteiras de um equipamento, considerando separadamente os lados esquerdo e direito do sistema rodante. Foram avaliadas as medidas iniciais, totais e atuais de desgaste de cada item, além do respectivo percentual de desgaste, classificando-os conforme o estado operacional em três categorias: OK, Atenção e Não OK.

Os resultados evidenciaram uma maior criticidade no lado esquerdo, que apresentou um número significativo de componentes fora dos padrões recomendados

de uso, incluindo casos em que o desgaste ultrapassou 100% do limite estabelecido. Em contrapartida, o lado direito apresentou condições mais favoráveis, com a maioria dos componentes dentro dos parâmetros aceitáveis para operação segura e eficiente. Essas informações são fundamentais para embasar decisões sobre intervenções de manutenção preventiva e corretiva. Com base nessa análise, é possível direcionar a substituição programada dos itens mais críticos, reequilibrar a operação do equipamento e implementar práticas que promovam maior segurança, desempenho e durabilidade ao sistema de esteiras, além de otimizar os custos de manutenção e minimizar paradas não programadas.

Tabela 4. Análise técnica do desgaste dos componentes do sistema rodante

Esteira Lado Esquerdo

Código		Des rição	Med.Ini al	Desg.Total	Medida	% Desg.	Estado	HT*
000004	A	ALTURA ELO 98,0 ITM	98,00	87,50	93,30	44,8	OK	641,00
000011	B	BUCHA ESTEIRA 60,0 US'	13,00	4,90	5,40	93,8	N o OK	35,00
000042	C	PASSE ITM	685,30	697,50	697,00	95,9	N o OK	23,00
000013	D	ROLETE SUPERIOR 149	150,00	137,00	142,00	61,5	Aten o	325,00
000021	E	ALTURA FLANGE RODA GUIA 20	20,00	32,00	22,00	16,7	OK	2595,00
000608	F	ROLETE ROLAMENTO 1	45,00	33,00	38,50	54,2	OK	440,00
000610	G	ROLETE ROLAMENTO 2	45,00	33,00	40,10	40,8	OK	753,00
000055	H	ROLETE INFERIOR 3 - ULTRASSON	50,70	43,00	48,90	23,4	OK	1702,00
000056	I	ROLETE INFERIOR 4 - ULTRASSON	50,70	43,00	49,10	20,8	OK	1979,00
000057	J	ROLETE INFERIOR 5 - ULTRASSON	50,70	43,00	47,80	37,7	OK	860,00
000058	K	ROLETE INFERIOR 6 - ULTRASSON	50,70	43,00	47,60	40,2	OK	771,00
000612	L	ROLETE ROLAMENTO 7	45,00	33,00	31,00	116,7	N o OK	75,00
000614	M	ROLETE ROLAMENTO 8	45,00	33,00	40,70	35,8	OK	930,00
000019	N	ALTURA GARRA SAPATA	25,40	12,50	19,00	49,6	OK	528,00
000022	O	SEGMENTO (ARO MOTRIZ) 347	183,00	174,00	174,00	100	N o OK	

Esteira Lado Direito

Código		Des rição	Med.Ini al	Desg.Total	Medida	% Desg.	Estado	HT*
000004	A	ALTURA ELO 98,0 ITM	98,00	87,50	92,90	48,6	OK	550,00
000011	B	BUCHA ESTEIRA 60,0 US'	13,00	4,90	8,40	56,8	OK	395,00
000042	C	PASSE ITM	685,30	697,50	696,00	87,7	N o OK	73,00
000013	D	ROLETE SUPERIOR 149	150,00	137,00	143,00	53,8	OK	445,00
000021	E	ALTURA FLANGE RODA GUIA 20	20,00	32,00	24,00	33,3	OK	1038,00
000608	F	ROLETE ROLAMENTO 1	45,00	33,00	39,00	50	OK	519,00
000610	G	ROLETE ROLAMENTO 2	45,00	33,00	39,50	45,8	OK	614,00
000055	H	ROLETE INFERIOR 3 - ULTRASSON	50,70	43,00	48,30	31,2	OK	1147,00
000056	I	ROLETE INFERIOR 4 - ULTRASSON	50,70	43,00	48,40	29,9	OK	1219,00
000057	J	ROLETE INFERIOR 5 - ULTRASSON	50,70	43,00	49,50	15,6	OK	2812,00
000058	K	ROLETE INFERIOR 6 - ULTRASSON	50,70	43,00	49,30	18,2	OK	2336,00
000612	L	ROLETE ROLAMENTO 7	45,00	33,00	43,00	16,7	OK	2595,00
000614	M	ROLETE ROLAMENTO 8	45,00	33,00	42,70	19,2	OK	2189,00
000019	N	ALTURA GARRA SAPATA	25,40	12,50	19,00	49,6	OK	528,00
000022	O	SEGMENTO (ARO MOTRIZ) 347	183,00	174,00	181,00	22,2	OK	1817,00

Fonte: (Autores, 2025)

Para reduzir os custos de manutenção do material rodante, é fundamental adotar estratégias baseadas em dados de desgaste, conforme apresentado na tabela de acompanhamento dos componentes. A primeira medida consiste em realizar manutenções preventivas de acordo com o nível de desgaste identificado nas peças. Por exemplo, componentes como buchas das esteiras e segmentos do aro motriz que já ultrapassaram 90% de desgaste, conforme indicado na tabela, devem ser substituídos antes que ocorram falhas totais, prevenindo paradas não programadas e danos secundários.

Outra estratégia eficaz é a programação da troca dos itens críticos. Quando determinado componente atinge 100% de desgaste — como o segmento do aro motriz no lado esquerdo da esteira —, há risco imediato de comprometimento de outros sistemas do equipamento. Realizar a substituição de forma planejada evita reparos emergenciais mais complexos e onerosos.

A gestão de estoque também é determinante para minimizar o tempo de máquina parada. Componentes sujeitos a desgaste frequente, como roletes, devem estar sempre disponíveis em estoque. Isso evita atrasos na manutenção por falta de peças e permite aquisições em maior quantidade, potencialmente reduzindo o custo unitário.

Além das ações diretas de manutenção, a forma de operação do equipamento influencia diretamente a durabilidade dos componentes do material rodante. Práticas como evitar manobras bruscas, manter velocidade adequada e respeitar os limites de carga estabelecidos pelo fabricante são fundamentais para prevenir desgastes prematuros. Operadores devidamente treinados conseguem identificar situações que aceleram o desgaste e ajustar a condução da máquina, prolongando a vida útil das peças.

A organização das rotinas de manutenção impacta significativamente nos custos totais. A implementação de um plano de manutenção estruturado, com inspeções periódicas, registro detalhado dos serviços executados e controle das horas de uso de cada componente, possibilita identificar padrões de desgaste e agir preventivamente, tornando o processo mais eficiente e econômico.

Outro aspecto relevante é a utilização de peças de maior durabilidade, mesmo que apresentem custo inicial superior. Por exemplo, roletes ultrassônicos demonstraram desempenho superior em relação aos convencionais, resultando em menor frequência de trocas e redução do custo total de manutenção.

As condições de operação também devem ser monitoradas continuamente. O desgaste acelerado de componentes, como a garra sapata e o elo da esteira, pode estar relacionado a sobrecarga ou uso em terrenos excessivamente agressivos. Ajustar a operação de acordo com o tipo de solo e as condições do campo contribui diretamente para aumentar a vida útil das peças.

A incorporação de tecnologias para o monitoramento do desgaste em tempo real, como sensores e sistemas automáticos, potencializa a eficiência da manutenção. Essas ferramentas permitem a identificação do momento ideal para substituição de cada componente, evitando falhas inesperadas e despesas desnecessárias.

Por fim, a análise do custo por hora de utilização de cada componente possibilita identificar quais itens são mais vantajosos para substituição programada, otimizando o investimento e evitando custos elevados a longo prazo.

3.5. SEGURANÇA OPERACIONAL E SUSTENTABILIDADE

A operação segura de colhedoras de cana-de-açúcar demanda uma abordagem multifacetada, que abrange simultaneamente os aspectos técnicos do maquinário, a qualificação dos operadores e a consideração dos fatores ambientais inerentes à atividade agrícola. Esse processo exige planejamento detalhado, disciplina operacional e investimentos contínuos em prevenção, sendo indispensável para assegurar a produtividade e a integridade dos envolvidos.

Um programa eficaz de segurança operacional tem como ponto de partida a implementação rigorosa de um plano de manutenção preventiva. Inspeções diárias e minuciosas devem ser parte da rotina, contemplando a verificação dos componentes críticos, como facas de corte, sistemas hidráulicos, esteiras transportadoras e sistemas de frenagem. Essas ações reduzem significativamente os riscos de falhas que podem comprometer a segurança, a eficiência e a disponibilidade do equipamento.

A limpeza sistemática do equipamento é outro pilar fundamental da segurança operacional. O acúmulo de resíduos — palha, poeira e material vegetal — compromete não apenas o desempenho, mas também aumenta o risco de incêndios, sobretudo em períodos de estiagem. A padronização dos procedimentos de limpeza contribui para a preservação dos equipamentos e a segurança da equipe.

A lubrificação correta dos componentes móveis, seguindo rigorosamente as especificações do fabricante, é imprescindível para evitar desgastes prematuros, prolongar a vida útil dos equipamentos e reduzir a probabilidade de falhas inesperadas. A atenção à distribuição equilibrada da carga, especialmente em terrenos acidentados, previne tombamentos e preserva a integridade física dos operadores, além de evitar danos materiais.

Do ponto de vista humano, a capacitação contínua dos operadores é essencial. Além do domínio técnico, é fundamental o conhecimento dos protocolos de segurança específicos para o campo. Os treinamentos devem abranger identificação de áreas de risco, técnicas seguras de manobra, procedimentos emergenciais e noções de primeiros socorros adaptadas ao contexto rural, com ênfase para acidentes envolvendo animais peçonhentos. Programas periódicos de reciclagem garantem o alinhamento às melhores práticas e às constantes inovações tecnológicas do setor.

O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) deve ser completo, obrigatório e supervisionado rigorosamente. São indispensáveis capacetes, óculos de proteção, luvas resistentes, protetores auriculares e, principalmente, perneiras confeccionadas com materiais altamente resistentes, como couro tratado ou fibras especiais, com altura mínima de 40 cm. O vestuário deve incluir botas de cano alto com biqueira de aço e roupas robustas, de preferência com tratamento ignífugo, assegurando proteção adicional contra calor e chamas.

Portanto, a segurança na operação de colhedoras é resultado da integração entre manutenção mecânica adequada, procedimentos operacionais padronizados, capacitação contínua e uso correto dos EPIs. Trata-se de um compromisso coletivo voltado não apenas à produtividade, mas à preservação da vida e da saúde de todos os envolvidos.

3.5.1. Riscos de superaquecimento e possíveis queimadas

A esteira rodante representa um dos pontos mais críticos das colhedoras, pois é responsável pela tração e sustentação do equipamento em terrenos irregulares. O superaquecimento desse sistema pode ocasionar falhas graves e até incêndios de grandes proporções.

Entre os principais riscos do superaquecimento estão a degradação dos componentes metálicos, cuja temperatura máxima de projeto é de 90 °C. Como a

medição é realizada na parte externa, a temperatura interna pode ser até 15 °C superior, acelerando a perda das propriedades do óleo, deformações estruturais e redução da resistência dos materiais. O aumento do calor também intensifica o atrito, gerando desgaste precoce de rolamentos e roldanas, e pode alterar a tensão da esteira, levando a deslizes, desengrenamentos ou até rompimentos. Além disso, o acúmulo de palha e óleo próximo a áreas superaquecidas potencializa o risco de combustão, podendo causar incêndios tanto no equipamento quanto no canavial. Outros efeitos incluem redução da aderência, aumento da patinagem, maior consumo de combustível e perda de tração e eficiência.

As principais causas desse problema incluem tensão inadequada das esteiras, desgaste ou desalinhamento de roldanas, falta de lubrificação, sobrecarga operacional, operação em terrenos excessivamente úmidos ou lamacentos, acúmulo de resíduos e falhas no sistema de transmissão. Para prevenir o superaquecimento, recomenda-se: ajustar corretamente a tensão da esteira; realizar limpeza diária; lubrificar rolamentos, correntes e roldanas periodicamente; inspecionar visualmente componentes críticos; monitorar a temperatura com termômetros infravermelhos; e trocar preventivamente peças desgastadas.

3.5.2. Medidas de prevenção de acidentes

A manutenção do material rodante exige planejamento cuidadoso e cumprimento rigoroso das normas de segurança. Os componentes envolvidos — rodas, esteiras, eixos, cubos e rolamentos — são pesados, complexos e trabalham sob condições severas.

Destaca-se, nesse contexto, a importância da Análise Preliminar de Risco (APR), que identifica e avalia potenciais perigos, propondo controles preventivos para cada etapa da manutenção. A APR deve ser elaborada previamente, com participação ativa da equipe técnica e do setor de segurança.

A capacitação dos trabalhadores é imprescindível, abrangendo procedimentos de segurança, análise de riscos, interpretação e aplicação da APR, bem como operação de ferramentas e equipamentos específicos. A atualização constante em normas regulamentadoras, como NR 6, NR 10, NR 12 e NR 31, é obrigatória para garantir intervenções seguras tanto em campo quanto em oficina.

Para todas as rotinas de manutenção, é essencial a elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), que detalham atividades, EPIs obrigatórios, ferramentas necessárias, etapas de execução e critérios de liberação do equipamento. Atividades com riscos adicionais, como soldagem, acesso a componentes pressurizados ou trabalhos em altura, requerem emissão de Permissão de Trabalho (PT), liberação formal e supervisão técnica qualificada.

Durante a execução, cuidados específicos devem ser observados: utilizar cavaletes e calços ao suspender a máquina, que é um dispositivo de apoio feito geralmente de aço, projetado para suportar grandes cargas. Ele é colocado sob partes elevadas da máquina (como chassis, eixo ou implementos) para evitar que a máquina caia caso o sistema hidráulico ou o macaco falhem, conforme mostrado na Figura 7; também é importante adotar procedimentos de bloqueio e etiquetagem (lockout/tagout) para sistemas elétricos; e realizar a despressurização completa de sistemas hidráulicos antes da intervenção. O uso correto de EPIs, como luvas, óculos e calçados de segurança, é obrigatório em todas as etapas.

Devem ser consideradas ainda as questões ergonômicas, como uso de suportes mecânicos, rodízio de tarefas e pausas programadas. No manuseio de graxas, óleos e fluidos hidráulicos, é necessário utilizar EPIs químicos e garantir o acesso às Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQs). Todos os produtos perigosos devem ser devidamente identificados conforme o Sistema Globalmente Harmonizado (GHS).

Figura 7. Sistema de escoramento com cavaletes

Fonte: (Autores, 2025)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão da manutenção dos materiais rodantes em máquinas pesadas, especialmente nas colhedoras de cana-de-açúcar, revelou-se um fator determinante para a eficiência operacional, a segurança e a sustentabilidade das operações agrícolas. Ao longo deste trabalho, foi evidenciado que a adoção de práticas adequadas de lubrificação, inspeção, limpeza, alinhamento e substituição programada de componentes é fundamental para reduzir falhas, custos e riscos de acidentes, como incêndios decorrentes do superaquecimento.

O estudo de caso demonstrou que a implementação de rotinas sistemáticas de manutenção preventiva e preditiva, aliadas ao monitoramento de indicadores como MTBF, MTTR e disponibilidade, proporciona aumento significativo na vida útil dos componentes, além de otimizar o uso de recursos financeiros e minimizar as paradas não programadas. A análise de custos por hora de vida útil dos principais itens do sistema rodante reforçou a importância do planejamento e da tomada de decisão baseada em dados reais de desgaste e desempenho.

Outro aspecto destacado foi o impacto direto das práticas operacionais e da capacitação dos operadores na durabilidade dos materiais rodantes. A negligência de boas práticas ou o uso de peças de baixa qualidade potencializam o desgaste, aumentam os custos e comprometem a disponibilidade do equipamento. A integração entre manutenção mecânica, operação responsável e segurança no trabalho é imprescindível para garantir produtividade, longevidade dos ativos e preservação da integridade física dos profissionais.

Por fim, pode-se concluir que uma gestão eficiente da manutenção dos materiais rodantes depende do comprometimento de todos os envolvidos: gestores, técnicos de manutenção, operadores e fornecedores de peças. A adoção de tecnologias de monitoramento, o investimento em formação continuada e o planejamento estruturado de rotinas preventivas são elementos essenciais para alcançar excelência operacional, reduzir custos e promover operações agrícolas mais seguras e sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANCHI, Ângelo Domingos. **Impacto da produtividade agrícola e da vida dos equipamentos na produção e no custo da colhedora de cana-de-açúcar**. 2017. Orientador: Prof. Dr. Angel Pontin Garcia. Campinas, 2017.

FONTANETTI, C**. Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal6, 2017.

GRUPO HT. Maus hábitos rodante. Disponível em: https://www.grupoht.com.br/maus-habitos-rodante/. Acesso em: 16 abr. 2025.

ITM Group. Rollers – track rollers for heavy equipment. ITM Group. 2025. Disponível em: https://www.group-itm.com/en/applications-and-products/products/rollers/. Acesso em: 16 abr. 2025.

JOHN DEERE. Manual técnico ou catálogo da colhedora de cana-de-açúcar. Brasil, . Disponível em: link https://www.deere.com.br/pt/m%C3%A1quinas-e-implementos-agr%C3%ADcolas/. Acesso em: 16 abr. 2025.

LUNART, Luis Felipe Arantes Peixoto. Estudo de caso do processo de manutenção em colhedoras de cana-de-açúcar de uma usina de bioenergia. 2023. Projeto de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

MILLS. Aplicação do trator de esteiras para o segmento agrícola. Blog uP - Informação em Alta, 21 nov. 2023. Disponível em: https://blog.mills.com.br/post/aplicacao-do-trator-de-esteiras-para-o-segmento-agricola?category=Produtos. Acesso em: 16 abr. 2025.

PEIXOTO, L**. Estudo de caso do processo de manutenção de colhedoras de cana-de-açúcar em uma usina de bioenergia**. Uberlândia.

RECH. Material rodante: quais são as principais causas de desgaste. Blog Rech, 6 set. 2022. Disponível em: https://blog.rech.com/material-rodante-quais-sao-as-principais-causas-de-desgaste/. Acesso em: 16 abr. 2025.

RIBEIRO, Paulo. Material rodante da colhedora de cana-de-açúcar: entenda sua importância e funcionalidade. Paulo SR, 21 nov. 2024. Disponível em: https://paulosr.com.br/material-rodante-da-colhedora-de-cana-de-acucar-entenda-sua-importancia-e-funcionalidade/. Acesso em: 16 abr. 2025.

RICAR CABINES. O que é uma colheitadeira? Entenda a importância de se ter uma cabine. Disponível em: http://www.ricarcabines.com.br/blog/o-que-e-uma-colheitadeira-entenda-a-importancia-de-se-ter-uma-cabine/. Acesso em: 16 abr. 2025.

SILVA, Rodrigo Dias da. Gestão da manutenção de material rodante em colhedora: uma análise sobre disponibilidade e custo. Universidade de Rio Verde, 2025. Disponível em: https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/RODRIGO%20DIAS%20DA%20SILVA.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

TORQUATO, S. A. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 29, p. 49–62, 2013. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/277. Acesso em: 16 abr. 2025.

TOTVS. Indicadores de manutenção: conheça os 12 principais. Blog TOTVS. Disponível em: https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/indicadores-de-manutencao-industrial/. Acesso em: 16 abr. 2025.