



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA PARA ANÁLISE E CONTROLE DA TURVAÇÃO EM CERVEJA FILTRADA

Nome dos autores: José Marcos Kapp Filho e Lucas do Prado Baptista

Prof. Me. Alexandre Maier Eurich

RESUMO

A evolução da agricultura tem sido impulsionada pela busca por maior produtividade e eficiência. Desde a era agrícola tradicional até os avanços tecnológicos contemporâneos, a integração de sistemas eletrônicos, houve uma constante melhoria nas práticas agrícolas, destacando a importância do uso de máquinas e equipamentos modernos. Este trabalho de pesquisa tem como objetivo principal projetar e validar tecnicamente e financeiramente um sistema de lubrificação semiautomático para as partes móveis que possuem bicos graxeiros da plantadeira *Baldan SPD Speed Box 4000*. Esta máquina desempenha um papel importante no cultivo de trigo e demais culturas de inverno na região, e a ausência de uma solução automatizada para a lubrificação desses componentes representa uma perda de eficiência durante o trabalho realizado. O projeto será desenvolvido em várias etapas, incluindo análise detalhada da plantadeira, revisão da literatura sobre sistemas de lubrificação automática e semiautomática, levantamento de requisitos e restrições específicas, desenvolvimento do projeto detalhado do sistema semiautomático, implementação em ambiente controlado. O sistema semiautomático de lubrificação proposto visa não apenas facilitar o processo de manutenção, mas também aumentar a confiabilidade e a precisão das operações agrícolas, contribuindo assim para melhorar a produtividade e a sustentabilidade no setor agrícola local.

Palavras-chave: Lubrificação. Semiautomático. Plantadeira.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

SEMI-AUTOMATIC LUBRIFICATION SYSTEM IN PLANTER

ABSTRACT

The evolution of agriculture has been driven by the search for greater productivity and efficiency. From the traditional agricultural era to contemporary technological advancements, the integration of electronic systems, there has been a constant improvement in agricultural practices, highlighting the importance of using modern machinery and equipment. This research work's main objective is to design and technically and financially validate a semi-automatic lubrication system for the moving parts that have grease nipples of the Baldan SPD Speed Box 4000 planter. This machine plays a crucial role in the cultivation of wheat and other winter crops in the region, and the absence of an automated solution for lubricating these components represents a loss of efficiency during the work carried out. The project will be developed in several stages, including detailed analysis of the planter, literature review on automatic and semi-automatic lubrication systems, survey of specific requirements and restrictions, development of the detailed design of the semi-automatic system, implementation in a controlled environment. The proposed semi-automatic lubrication system aims to not only facilitate the maintenance process, but also increase the reliability and precision of agricultural operations, thus contributing to improving productivity and sustainability in the local agricultural sector.

Keywords: Lubrification. Semiautomatic. Planter.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

1 INTRODUÇÃO

A prática agrícola, que envolve o cultivo de terras e a criação de animais para a obtenção de alimentos, tem sido uma atividade essencial para a sobrevivência humana ao longo dos séculos. Inicialmente, na chamada Agricultura 1.0, esse processo era realizado de maneira rudimentar, com o uso de mão de obra manual e a força de animais, o que limitava significativamente a produtividade. Nessa fase, o sucesso das operações dependia exclusivamente da habilidade do operador (TEKINERDOGAN, 2018).

Com a Revolução Industrial, que ocorreu entre 1760 e 1850, houve um avanço no desenvolvimento de motores a vapor, que passaram a ser amplamente utilizados tanto nas indústrias quanto na agricultura. Esse período marcou a transição para a Agricultura 2.0, caracterizada pela introdução de tratores movidos a vapor, o que trouxe um aumento substancial na produtividade e eficiência das operações agrícolas (ZHAI, 2019).

No final do século XIX, surgiram os primeiros modelos de tratores movidos a motores de combustão interna. De acordo com Carpanezi (2021), esses novos tratores demonstraram maior eficiência em relação aos modelos a vapor, o que possibilitou sua consolidação no mercado. Entre as décadas de 1920 e 1950, esses tratores se difundiram amplamente, transformando o cenário agrícola e estabelecendo um novo padrão de mecanização.

Na segunda metade do século 20 e até o século 21, iniciou-se o rápido desenvolvimento de computadores e sistemas eletrônicos, que ao serem aplicados à agricultura proporcionou as máquinas agrícolas operarem de maneira eficiente e inteligente (ZHAI, 2019), o que possibilitou uma grande evolução durante as operações de plantio.

No âmbito das operações de plantio, a qualidade e o desempenho dos equipamentos utilizados desempenham um papel determinante no sucesso das atividades agrícolas. A plantadeira, em particular, representa um componente essencial nesse processo, sendo responsável pela distribuição precisa das sementes no solo, considerando que o número de sementes por metro deve atingir uma quantidade determinada pelo produtor, para isso todos os componentes devem



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

estar devidamente revisados e lubrificados, influenciando diretamente o rendimento e a qualidade da safra. Diante disso, torna-se evidente a importância de contar com um equipamento confiável e eficiente durante o plantio das culturas.

A lubrificação adequada dos componentes móveis é essencial para garantir o funcionamento eficiente da plantadeira, especialmente em operações prolongadas e em condições adversas. A falta de um sistema de lubrificação eficiente e automatizado em plantadeiras representa uma lacuna significativa nos processos operacionais.

Aproximadamente 36% das falhas prematuras de rolamentos ocorrem devido a lubrificação inadequada, como o excesso, a falta ou o tipo incorreto de lubrificante. Em 14% dos casos, as falhas de rolamentos ocorrem em função de contaminação através de vedações ou práticas de manuseio de lubrificante inadequadas (SKF, 2017).

A manutenção manual desses equipamentos, não apenas consome tempo e recursos preciosos, como o desperdício de graxa durante o processo, mas também aumenta as chances de uma lubrificação falha, considerando que uma lubrificação incorreta vai diminuir o tempo de vida útil do equipamento, tornando a depreciação constante (SINGH, 2017). Ao desenvolver um sistema semiautomático de lubrificação, busca-se não apenas facilitar o processo de manutenção, aumentar a confiabilidade e a precisão das operações agrícolas.

Dada a importância significativa dessa máquina para o cultivo de trigo na região, a ausência de uma solução automatizada para a lubrificação se torna evidente.

1.1 OBJETIVO GERAL

Projetar e validar técnica e financeiramente um sistema de lubrificação semiautomático para os bicos graxeiros da plantadeira *Baldan SPD Speed Box 4000*.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral seja alcançado deve-se:



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

- Realizar uma análise detalhada das características e especificações técnicas da plantadeira *Baldan SPD Speed Box 4000*, identificando componentes críticos e áreas suscetíveis à necessidade de lubrificação.
- Realizar uma revisão abrangente da literatura relacionada a sistemas de lubrificação automática e semiautomática.
- Realizar levantamento dos requisitos e restrições específicos para o desenvolvimento do sistema de lubrificação semiautomático para a plantadeira *Baldan SPD Speed Box 4000*, considerando as condições operacionais típicas de plantio.
- Desenvolver o projeto detalhado do sistema de lubrificação semiautomático, incluindo seleção de componentes, definição de estratégias de aplicação de lubrificante, integração com a plantadeira e considerações de segurança.
- Implementar o sistema de lubrificação semiautomático em um ambiente controlado, realizando testes de funcionamento e avaliação de desempenho.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

Os sistemas de lubrificação automática representam uma inovação importante no campo da engenharia mecânica, especialmente no contexto da manutenção de equipamentos industriais e agrícolas. Esses sistemas revolucionários oferecem uma solução eficiente e precisa para a aplicação de lubrificantes em pontos chave de máquinas e maquinários, garantindo um funcionamento suave e prolongado.

A automação definida como a utilização de “comandos lógicos programáveis e de equipamentos mecanizados para substituir as atividades manuais que envolvem tomadas de decisão e comandos-resposta de seres humanos.” (LAMB, 2015).

Ao contrário dos métodos convencionais de lubrificação, que dependem da intervenção humana para aplicar manualmente os lubrificantes em pontos específicos. Isso não apenas reduz o tempo e os custos associados à manutenção, mas também minimiza o risco de falhas mecânicas devido à falta de lubrificação adequada.

Além disso, os sistemas de lubrificação automática contribuem significativamente para a prolongada vida útil dos equipamentos, ao garantir uma lubrificação contínua e adequada dos componentes móveis. Isso resulta em uma maior eficiência operacional e menor necessidade de manutenção corretiva.

O sistema semiautomático de lubrificação, que se enquadra no paradigma do sistema automático, é distinto por requerer uma ativação por meio de um botão ou alavanca, conforme delineado no escopo do presente estudo. Este sistema de lubrificação semiautomático, ao contrário de sua contraparte totalmente automática, implica uma intervenção deliberada por parte do operador para iniciar seu funcionamento. Esta distinção funcional é essencial para a compreensão do sistema desenvolvido neste trabalho, uma vez que a ativação manual representa um elemento importante no ciclo operacional e na eficácia global do sistema de lubrificação em questão. Segundo Silva e Souza (2018), "os sistemas



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

semiautomáticos de lubrificação diferem dos sistemas totalmente automáticos pela necessidade de ativação manual, o que permite maior controle por parte do operador, mas também exige uma intervenção consciente durante o processo operacional".

2.1.1 VANTAGENS DA LUBRIFICAÇÃO AUTOMÁTICA E SEMIAUTOMÁTICO

Desempenha um papel importante na redução dos custos operacionais de máquinas, aprimorando sua confiabilidade e segurança, estendendo os intervalos de manutenção e otimizando a utilização dos recursos humanos. Nas áreas de difícil acesso, a realização de sistemas de lubrificação automática ou semiautomático demonstra ser uma solução viável, facilitando a aplicação do lubrificante e contribuindo para a manutenção de um ambiente de trabalho seguro e limpo. Apesar de possíveis considerações econômicas, a implementação de tais sistemas é justificada pelos benefícios significativos que oferecem em termos de eficiência operacional e prolongamento da vida útil dos equipamentos.

As principais vantagens da lubrificação automática são (BLOCH, 1996):

- Intervalos de tempo de lubrificação previamente determinados; impedindo a contaminação da massa;
- Quantidade de lubrificação predeterminada; evitando excesso de massa ou óleo dos dispositivos.

2.1.2 CONSIDERAÇÕES NA SELEÇÃO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO SEMIAUTOMÁTICO

Diferentemente do óleo, a graxa é um fluido não newtoniano, que além disso pode ser tixotrópico. Normalmente uma graxa lubrificante geralmente é aplicada remotamente apenas utilizando pressão durante todo o movimento do lubrificante, por meio dessa pressão alimentando os pontos de aplicação, (JOST, 1964). O primeiro lubrificador com graxa foi inventado em 1860, o Copo Stauffer, este copo utiliza a hélice de um parafuso para imprensar a graxa através de um orifício e daí para o rolamento. Mesmo depois de tanto tempo modelos atuais utilizam o mesmo princípio de funcionamento, (JOST, 1964).



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Considerando isso a seleção do sistema de lubrificação semiautomático adequado para uma plantadeira requer a análise criteriosa de diversos fatores, incluindo a velocidade de operação, a carga de trabalho, o ambiente de trabalho e a disponibilidade de recursos.

Levando em conta esses critérios existem possibilidades diferentes para que o trabalho seja gerado no sistema.

2.1.3 SISTEMA HIDROPNEUMÁTICO

Um sistema hidropneumático, requer uma combinação de água (ou óleo) e ar para seu funcionamento adequado. Dentro de um tanque de pressão, um pistão separa o óleo do ar, preservando os fluidos isolados, (A&L INDUSTRIES PERU, 2021).

Uma bomba pressuriza o óleo dentro do tanque. O ar comprimido faz a função de empurrar o óleo para fora quando for necessário. É utilizado um pressostato para controlar o funcionamento da bomba, mantendo a pressão do sistema em uma faixa definida. (A&L INDUSTRIES PERU, 2021).

2.1.4 SISTEMA HIDRÁULICO

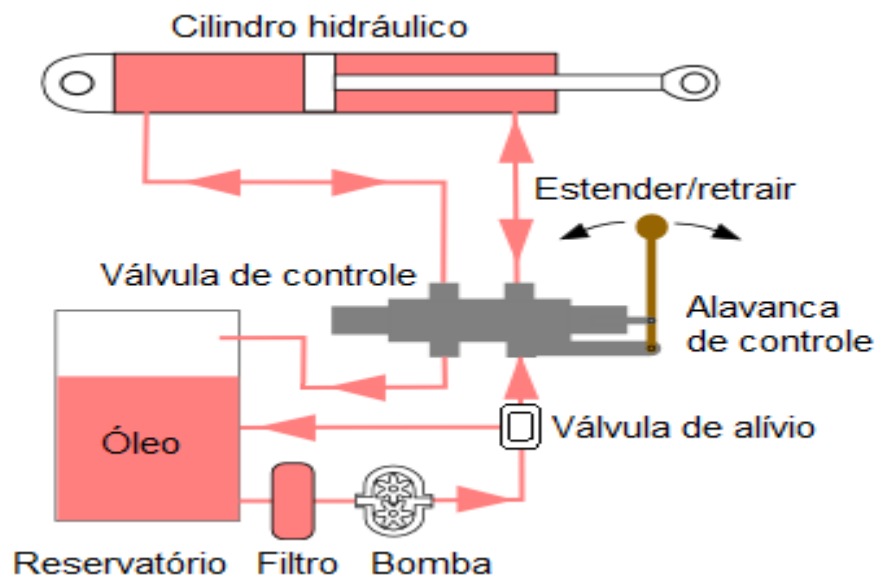
Sistema hidráulico de transmissão de potência, tem como princípio de funcionamento a transmissão de força e movimento através de um fluido (óleo), praticamente incompressível, (ROSA, 2019). Nos tratores agrícolas típicos, o sistema de levantamento hidráulico é amplamente utilizado em combinações com o engate de 3 pontos. É utilizado em automotrizas para controle de movimento e de posicionamento de órgãos ativos, (ROSA, 2019).

Comando do trator, sistema responsável por gerar a pressão do óleo, utilizado para acoplar as mangueiras do implemento, sendo canalizada por elas, a pressão do óleo é utilizada para a movimentação de um cilindro hidráulico, que deve ser ativo nos controles do painel do trator que movem o pistão, sistema representado na figura 1.

Figura 1: Detalhe de um sistema hidráulico de um trator



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias



Fonte: Revista Cultivar (2020).

A bomba hidráulica, cujo funcionamento é acionado pelo motor do trator, desempenha um papel importante na circulação do óleo hidráulico, o qual é alimentado a partir de um depósito garantindo um fornecimento contínuo. Em conjunto, a válvula de alívio, localizada entre a bomba e a válvula de controle, tem a função de permitir que o excesso de fluido retorne ao reservatório. Por sua vez, a válvula de controle regula o fluxo de óleo de acordo com as condições impostas ao sistema, direcionando seu sentido ou interrompendo o fluxo conforme necessário (MOLIN & FRASSON, 2014).

Posteriormente, o fluido em circulação é direcionado para o cilindro, onde é convertido em trabalho efetivo ao ser solicitado, resultando em sua expansão ou retração. Nesse momento, o cilindro exerce uma força que é diretamente proporcional ao seu diâmetro interno e à pressão hidráulica do óleo, movendo assim o objeto ao qual está conectado. Além disso, é possível a presença de um motor hidráulico, o qual, quando acionado por uma válvula específica de bombeamento contínuo, possibilita a ativação de eixos motrizes, entre outras funções (BOLLINGER, 2010).

2.1.5 TOMADA DE POTÊNCIA (TDP)



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

A tomada de potência ou TDP tem por principal finalidade transmitir a potência gerada no motor de um trator agrícola, é um dispositivo mecânico essencial para aplicações agrícolas.

A TDP é conectada diretamente ao motor do trator por meio de um eixo cardan que transmite a energia rotacional do motor para o implemento acoplado. Essa transmissão de potência pode ser controlada pelo operador através de uma alavanca ou interruptor dentro da cabine do trator.

Existem diferentes tipos de TDP, como a TDP independente, que pode operar mesmo quando o trator está parado, e a TDP dependente, que só funciona quando o trator está em movimento. A rotação da TDP é padronizada para facilitar a compatibilidade com diversos implementos, sendo as velocidades mais comuns 540 RPM e 1000 RPM, (SAVAGE, 2016).

2.1.6 MOTOR ELÉTRICO

Os motores elétricos de indução monofásicos transformam energia elétrica em energia mecânica usando o princípio de atração e repulsão entre um ímã e um núcleo magnético, que são ativados pela passagem de corrente elétrica.

No estator, componente que recebe a corrente alternada, estão localizadas as bobinas. Quando a corrente elétrica monofásica passa por elas, gera-se um campo magnético. Esse campo cria uma força eletromotriz, que induz uma corrente nas barras metálicas do rotor.

O rotor é onde se encontram essas barras metálicas, que estão organizadas em forma de espirais. Elas atuam como condutores de eletricidade e, ao serem submetidas ao campo magnético, começam a girar, transformando a energia elétrica em movimento mecânico, cumprindo a função para a qual o motor foi projetado. (Bolton, 2015).

2.2 TIPOS DE LUBRIFICAÇÃO E LUBRIFICANTES

Os lubrificantes desempenham um papel essencial na manutenção e no funcionamento eficiente de máquinas e equipamentos, incluindo aqueles utilizados na agricultura de precisão. Eles são substâncias que reduzem o atrito e o desgaste entre



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

as superfícies em movimento, ajudando a prolongar a vida útil dos componentes mecânicos e a garantir um desempenho adequado. Para Petronas (2007), a lubrificação pode ser definida como o fenômeno de redução de atrito entre duas superfícies em movimento relativo de uma sobre outra, introduzindo uma substância entre as mesmas. Lubrificação é simplesmente o uso de um material para melhorar a suavidade do movimento de uma superfície sobre a outra; o material que é usado dessa maneira é chamado de lubrificante (ALMEIDA, 2014).

Os lubrificantes podem ser classificados em diferentes categorias, com base em sua composição e propriedades como mostra na tabela 1.



Tabela 1: Tipo de lubrificação

| Tipo de Lubrificação | Definição | Aplicação típicas | Exemplos de lubrificantes |
|-------------------------------|---|--|---|
| Lubrificação por Filme Fluida | Uma fina camada de lubrificante fluido é formada entre as superfícies em movimento, criando uma barreira que reduz o contato direto entre elas | São ideais para aplicações que exigem altas velocidades e cargas elevadas. | Óleos minerais, sintéticos e lubrificantes à base de água |
| Lubrificação por Filme Limite | A lubrificação limite ocorre quando a película lubrificante atinge uma espessura mínima do ponto de vista prático. Ocorre devido a não possibilidade de manter uma película contínua de espessura adequada entre as superfícies | São ideais para aplicações que exigem altas velocidades e cargas elevadas. | Óleos minerais, sintéticos e lubrificantes à base de água |
| Lubrificação por Graxa | A graxa é aplicada em pontos de lubrificação específicos e permanece aderida às superfícies por um período prolongado, fornecendo proteção contínua contra o atrito e a corrosão. | Aplicável em uma ampla faixa de temperaturas, velocidades e cargas e resistência superior em ambientes contaminados. | Graxa à base de cálcio e graxa à base de sódio |

Fonte: Autoria Própria, (2024).

A lubrificação de pontos específicos em equipamentos agrícolas é realizada por meio do uso de graxa, que possui a capacidade de aderir às superfícies, mesmo sob variações de temperatura, além de proporcionar proteção contra a contaminação por sujeira (CASTRO, 2019).

2.3 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DA GRAXA

Composto principalmente por três elementos fundamentais, a graxa consiste em óleo lubrificante, espessante e aditivo. São lubrificantes feitos à base de um sabão metálico, geralmente de lítio, cálcio ou sódio enriquecido às vezes com aditivos de grafite, molibdênio, entre outros. Óleos fornecem a lubrificação primária e são



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

escolhidos com base nas condições de operação, temperatura e carga do equipamento. As graxas devem possuir boa adesividade e resistência ao trabalho, além de suportarem bem o calor e a ação da água e umidade (RUPRECHT, 2008).

A maioria das graxas contém um espessante que confere a consistência necessária para manter os óleos lubrificantes no lugar e evitar vazamentos. Os espessantes comuns incluem sabões de lítio, complexos de alumínio e de cálcio. Aditivos: são adicionados à graxa para melhorar suas propriedades de desempenho. Isso pode incluir aditivos antioxidantes para proteger contra a oxidação, aditivos anti-desgaste para reduzir o desgaste das peças e aditivos anticorrosivos para proteger as superfícies metálicas.

2.3.1 SELEÇÃO DA GRAXA

A escolha da graxa adequada depende de vários fatores, incluindo a aplicação, a carga, a velocidade, a temperatura e o ambiente operacional. É importante selecionar uma graxa com as propriedades corretas de viscosidade, resistência à água, estabilidade térmica e capacidade de carga para garantir o desempenho ideal e a proteção dos componentes. A graxa utilizada na plantadeira *Baldan Speed box 4000* e a base de lítio. A composição das graxas lubrificantes apresenta 75 a 95% de óleo lubrificante, 5 a 20% de agente espessante (sabões metálicos), e 0 a 15% de aditivo para agregar uma função específica (LIMA, 2009).

2.3.2 PROCESSO DE LUBRIFICAÇÃO COM GRAXA

O processo de lubrificação com graxa envolve a aplicação controlada de pequenas quantidades de lubrificante nos pontos de atrito dos equipamentos. Esta aplicação é realizada por meio de sistemas de distribuição, que podem variar de acordo com a necessidade operacional e estrutura do equipamento. Stachowiak e Batchelor (2014), afirmam que a qualidade do lubrificante é um aspecto importante, o qual reflete sua resistência à degradação em serviço, considerando esse motivo a graxa mais utilizada em equipamentos agrícolas é a graxa com base em sabão de lítio.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

2.4 LUBRIFICAÇÃO EM EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS

Diversos métodos de lubrificação agrícola estão disponíveis, incluindo o método manual, que requer mão de obra humana. Nos equipamentos agrícolas, há diversos pontos que necessitam de lubrificação para garantir um funcionamento correto e duradouro. Contudo, devido à multiplicidade de pontos de lubrificação, surge uma demanda de tempo considerável e planos de lubrificações em tempos periódicos, pois é necessário haver uma gestão adequada sobre esses pontos de graxa, para evitar o excesso de lubrificação; caso isso ocorra, a graxa fica sem espaço para se mover quando o rolamento começa a ser movimentado. Portanto, resulta em agitação da graxa, o que leva ao aumento da temperatura e eventual solidificação do lubrificante. Isso torna a graxa existente inútil e bloqueia a entrada de graxa nova (GONÇALVES, 2015).

De acordo com Mobley (2008) e Viana (2002) para uma boa gestão de lubrificação

O plano de lubrificação deve apresentar as seguintes características:

- Identificação dos equipamentos e pontos a serem lubrificados;
- Identificação do tipo de lubrificante adequado para cada equipamento ou maquinário;
- Identificação do tipo de lubrificação (total, limite ou mista);
- Tipo de método de aplicação;
- Quantidade de mão de obra;
- Frequência de lubrificação (intervalo de tempo);
- Informações de segurança para o equipamento lubrificado em operação.

Um bom plano de lubrificação é essencial para máquinas agrícolas, principalmente durante o processo de plantio, que precisa ser altamente eficiente e preciso. Estratégias otimizadas de lubrificação podem melhorar significativamente o



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

desempenho das máquinas, contribuindo para a redução de falhas e aumentando a precisão no campo (Kumar & Singh, 2018).

2.4.1 PLANTADEIRAS

Uma plantadeira é projetada para depositar as sementes no solo de maneira precisa e uniforme, além disso incorpora fertilizantes junto com a semente o que potencializa o crescimento da planta. O mecanismo de distribuição de sementes pode ser mecânico ou pneumático, responsável por liberar a quantidade de sementes desejada, (MOLIN & FRASSON, 2014), conforme mostrado na figura 2.

Figura 2: Discos de corte e rodas compactadoras da plantadeira *Baldan SPD Speed Box 4000*



Fonte: Autoria Própria, (2024).

Possui discos de corte que tem como função abrir o sulco onde a semente e o adubo serão depositados, logo após possui as rodas compactadoras que são responsáveis por fechar o sulco para cobrir as sementes e o adubo (KEPNER, BAINER, & BERGER, 1982).

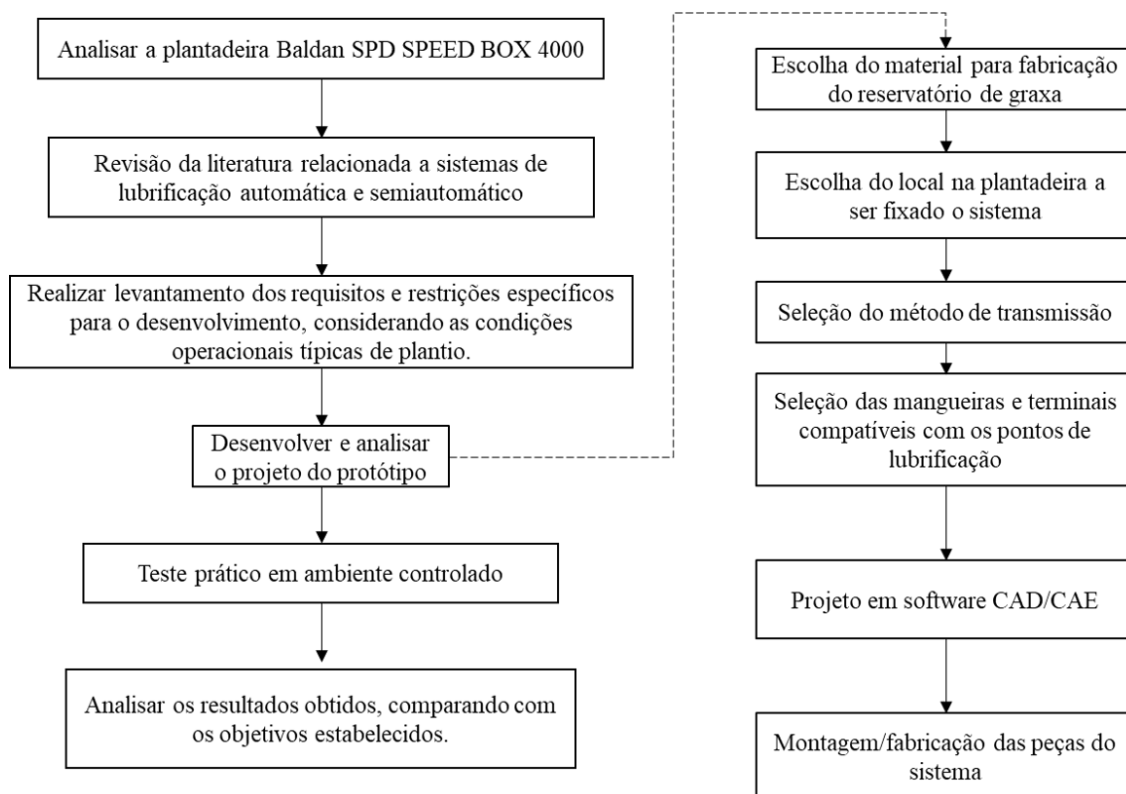
Dado que a eficiência e a durabilidade dos mecanismos da plantadeira dependem diretamente de uma lubrificação adequada, um sistema de lubrificação automático ou semiautomático é essencial para reduzir o desgaste e evitar paradas não planejadas. Assim, a seguir, são detalhadas as etapas de desenvolvimento e os testes práticos do protótipo de um sistema de lubrificação semiautomático aplicado à plantadeira Baldan Speed Box 4000.



3 MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma de atividades expõe, em um fluxograma, as atividades que serão realizados na presente pesquisa.

Fluxograma de atividades.



Fonte: Autoria própria (2024).

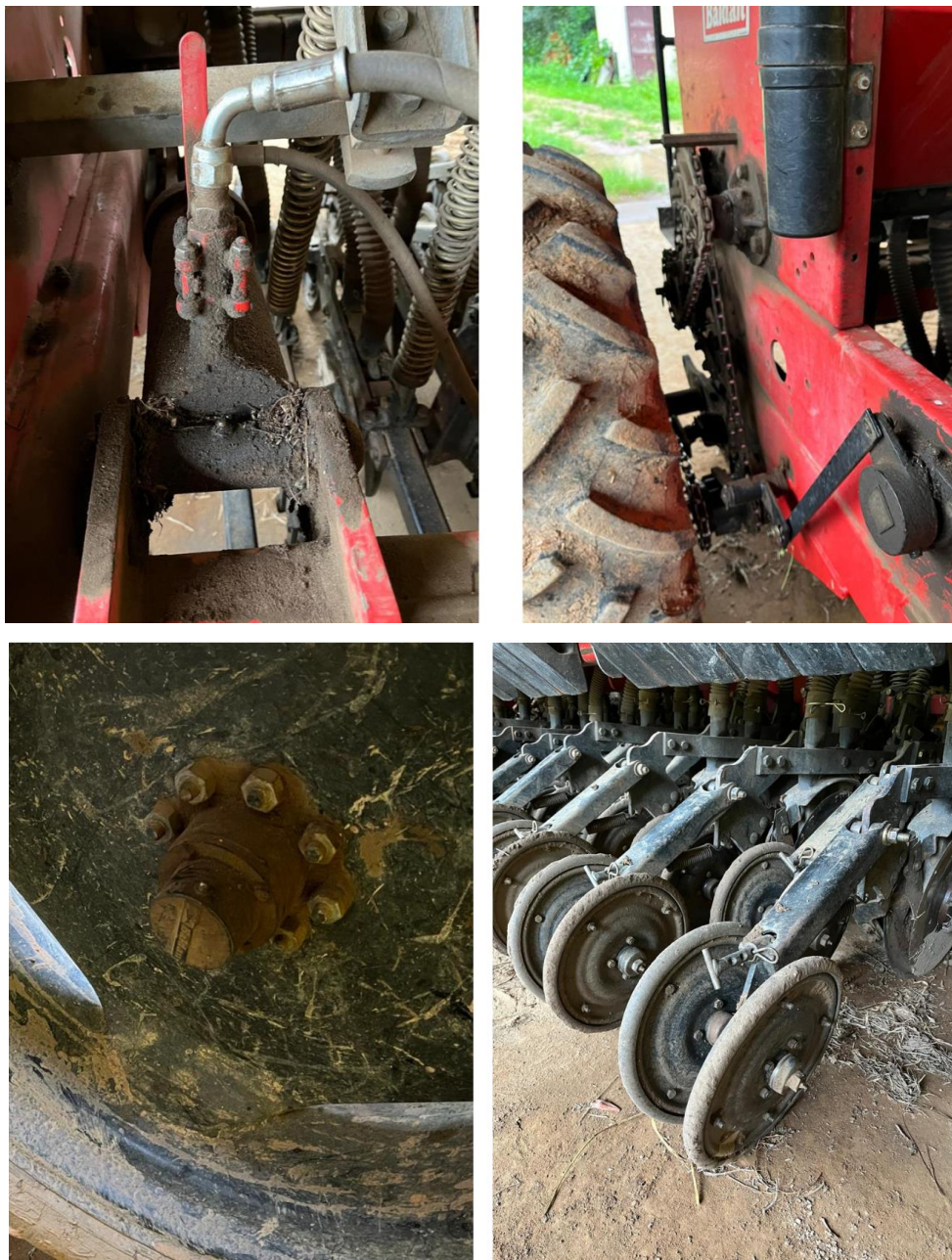
3.1 ANÁLISE DA PLANTADEIRA *BALDAN SPEED BOX 4000*

Durante a análise da plantadeira foi feito uma vistoria em todos os pontos de lubrificação, principais pontos mostrados na figura 3, e será feito um diagnóstico para saber a viabilidade de implementação do sistema em cada ponto devido a alguns pontos possuírem um acesso mais difícil de se manter conectado ao sistema durante a jornada de trabalho.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Figura 3: Principais pontos de lubrificação da plantadeira



Fonte: Autoria própria (2024).



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

3.2 REVISÃO DA LITERATURA RELACIONADA A SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO AUTOMÁTICA E SEMIAUTOMÁTICO

Inicialmente, será realizada uma busca bibliográfica em bases de dados acadêmicas, utilizando palavras-chave relevantes, tais como "sistemas de lubrificação automática", "manutenção preditiva", "equipamentos agrícolas", "semiautomático", entre outras. A revisão da literatura sobre sistemas de lubrificação automática e semiautomático forneceram uma base sólida de conhecimento para o desenvolvimento do presente trabalho. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para uma compreensão mais aprofundada dos sistemas de lubrificação automática e sua aplicabilidade no contexto proposto do sistema semiautomático da plantadeira.

3.3 REALIZAR LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS E RESTRIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Esta etapa da metodologia visa identificar de forma precisa e abrangente as necessidades do sistema de lubrificação semiautomático, bem como as limitações técnicas e operacionais que devem ser consideradas durante o processo de projeto.

Revisão de manuais de operação, catálogos e documentação técnica fornecida pelo fabricante da plantadeira *Baldan SPD Speed Box 4000* para identificar as recomendações de lubrificação existentes.

Identificação de restrições técnicas, como espaço disponível para instalação do sistema de lubrificação semiautomático, compatibilidade com o sistema existente da plantadeira.

Estabelecimento de critérios para o projeto do sistema de lubrificação semiautomático, considerando os requisitos identificados e as restrições levantadas.

3.4 PROJETO DO PROTÓTIPO

Desenvolver o projeto detalhado do protótipo do sistema de lubrificação semiautomático para plantadeira *Baldan Speed Box 4000*, considerando os requisitos levantados e as melhores práticas identificadas na revisão da literatura.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O projeto detalhado do protótipo do sistema de lubrificação semiautomático, é estruturado em diferentes etapas, visando melhorar sua eficiência, tais etapas consistem em:

- Escolha do local ideal na plantadeira *Baldan Speed Box 4000* para a instalação do sistema de lubrificação semiautomático, garantindo fácil acesso e eficiência na distribuição da lubrificação.
- Seleção do material adequado para o reservatório de graxa, levando em conta sua resistência química, durabilidade e compatibilidade com o ambiente de operação da plantadeira.
- Escolha do conjunto de transmissão com torque adequado para que o sistema entre funcionamento para que seja possível distribuir a graxa
- Seleção das mangueiras e conexões com medidas adequadas para que possam alcançar pontos de lubrificação, junto com as conexões adequadas para cada um deles.
- Utilização do software de modelagem 3D Solidworks para desenvolver o projeto detalhado das peças do sistema de lubrificação semiautomático, garantindo precisão e compatibilidade entre os componentes.
- Montagem das peças do sistema de lubrificação semiautomático de acordo com o projeto desenvolvido, possibilitando a integridade e o funcionamento correto de cada componente.

3.5 TESTE PRÁTICO EM AMBIENTE CONTROLADO

Os testes práticos em ambiente controlado serão realizados em um barracão. Nesse ambiente controlado, o desempenho e a confiabilidade do sistema de lubrificação semiautomático serão testados, permitindo uma avaliação detalhada de seu funcionamento sem possíveis variações do campo de trabalho.

3.6 ANÁLISE DE RESULTADOS



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Após a conclusão dos testes em campo e em ambiente controlado, os dados coletados serão submetidos a uma análise meticulosa do desempenho da lubrificação, tanto antes da implementação do sistema quanto após sua instalação.

Esta análise será realizada em comparação com os objetivos estabelecidos na fase inicial do projeto. Quaisquer discordâncias entre os resultados esperados e os observados serão identificadas e avaliadas cuidadosamente. Além disso, serão examinadas possíveis áreas de aprimoramento ou ajustes necessários no sistema de lubrificação semiautomático.

Ao considerar cada aspecto do tempo de lubrificação e seu impacto no desempenho do sistema, será possível assegurar um funcionamento otimizado e uma manutenção eficiente ao longo do ciclo de vida do equipamento. A busca incessante por excelência técnica e a melhoria contínua são fundamentais para garantir a máxima eficiência e confiabilidade em sistemas mecânicos complexos como esse.



4 RESULTADOS e DISCUSSÕES

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação de sistemas automáticos de lubrificação em equipamentos agrícolas enfrenta alguns desafios, incluindo a complexidade da integração em alguns pontos de engraxe devido a difícil acesso e a impossibilidade de estar conectado ao sistema 100% do tempo, considerando as condições de trabalho, o que inviabiliza a instalação do sistema em alguns pontos. Outro fator é a necessidade de treinamento adequado dos operadores e a garantia da confiabilidade e durabilidade dos componentes do sistema.

Em estudos iniciais visando a implementação de um sistema semiautomático de lubrificação para a plantadeira *Baldan Speed Box 4000*, inicialmente contemplava-se o uso de um sistema hidropneumático para acionar o cilindro responsável pela distribuição da graxa, porém devido ao alto custo de um compressor, com a força necessária para o sistema, a ideia se tornou inviável.

A partir da análise inicial, propôs-se a utilização de um sistema hidráulico integrado ao trator, no qual um pistão seria responsável por pressionar a graxa dentro do reservatório, promovendo sua distribuição para os pontos desejados. No entanto, essa abordagem mostrou-se inviável devido à dificuldade em controlar precisamente o volume de graxa escoada, resultando em um elevado desperdício de material.

Em seguida, com base em estudos de artigos acadêmicos e modelos de sistemas disponíveis no mercado, foi sugerido o uso da tomada de potência do trator para converter a energia rotativa em um eixo localizado no interior do reservatório. Esse eixo, ao completar cada rotação, enviaria uma quantidade controlada de graxa para o sistema. Porém devidos as dificuldades, a complexidade e robustez do projeto implicariam em um custo elevado, o que inviabilizou optarmos por tal método.

Diante dessas limitações, optou-se por simplificar o sistema, utilizando um motor elétrico como fonte de acionamento. Esse motor, por meio de polias e eixos, proporcionará a movimentação e distribuição da graxa de forma eficiente e controlada, representando uma solução mais viável tanto técnica quanto economicamente.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O sistema semiautomático de lubrificação é projetado para otimizar a distribuição de graxa nos pontos críticos de uma plantadeira. O reservatório é destinado ao armazenamento da graxa, que é fixado na estrutura da plantadeira. A energia mecânica é fornecida por um motor monofásico que possui uma potência nominal de 2 cavalos-vapor (cv) a uma rotação de 1.725 rotações por minuto (RPM).

A transmissão da rotação do motor é realizada através de duas polias conectadas por uma correia de borracha. A polia menor, com diâmetro primitivo de 100 mm, está acoplada ao motor, enquanto a polia maior, com diâmetro de 455 mm, é fixada abaixo do reservatório de graxa. A escolha dos diâmetros das polias é fundamental, uma vez que permite a redução da velocidade na extremidade do eixo, conforme cálculo abaixo.

$$N_m = 1725 \text{ rpm}$$

$$D_p \text{ maior} = 455 \text{ mm} \quad N \text{ eixo} = \frac{1725}{4,55} 379,12 \text{ RPM}$$

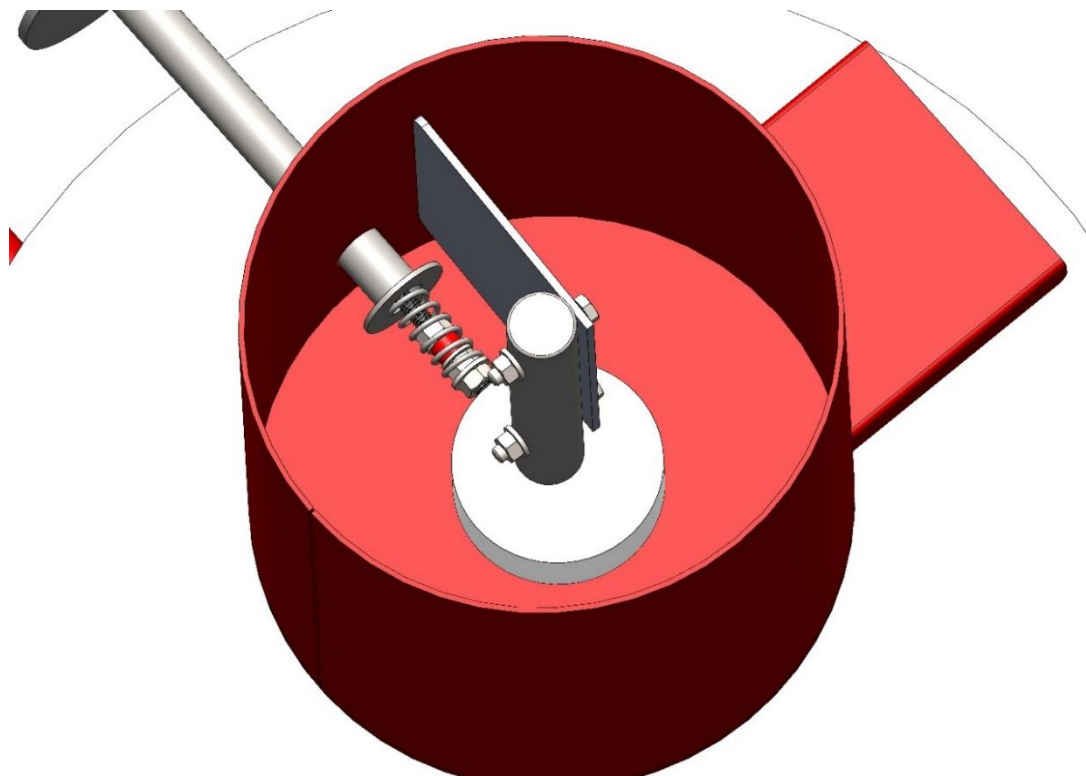
$$D_p \text{ menor} = 100 \text{ mm}$$

Mantendo, assim, o torque adequado, que é um dos principais requisitos do projeto.

A polia maior está montada em um eixo de 25 mm de diâmetro e 420,50 mm de comprimento. Este eixo atravessa a parte inferior do reservatório e possui uma chapa fixada em sua extremidade, projetada para promover a movimentação da graxa dentro do reservatório.

Um componente crítico do sistema é o cames, uma peça usinada com um furo excêntrico que permite a geração de movimento fora do centro, conforme mostra figura 4.

Figura 4: Reservatório e cames



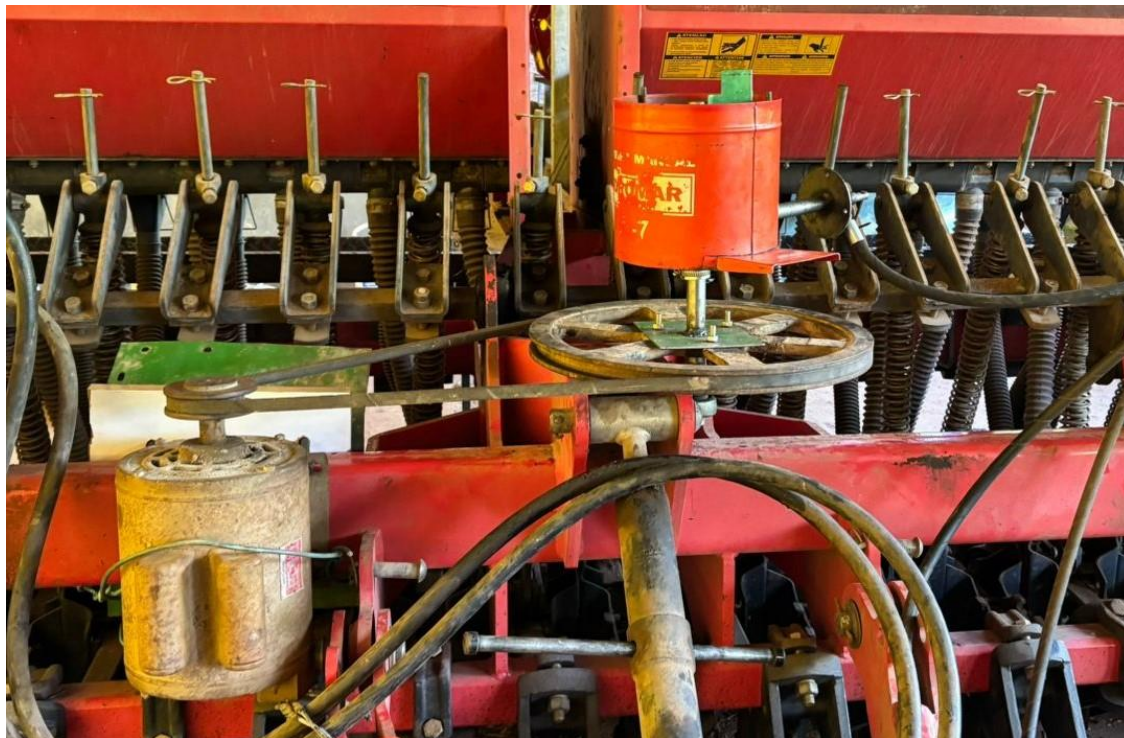
Fonte: Autoria própria (2024).

O cames é encaixado ao eixo na seção que se encontra dentro do reservatório. Devido à sua geometria excêntrica, o cames gira de forma a deslocar uma mola e um pequeno eixo, que é responsável pela liberação da graxa para os pontos de lubrificação necessários.

Esse mecanismo garante um fornecimento contínuo e controlado da graxa, otimizando o desempenho e a durabilidade dos componentes da plantadeira.

O sistema de lubrificação semiautomático foi projetado, avaliado e cumpriu com as funções esperadas após ajustes no formato do cames, conforme mostra a figura 5. Em um primeiro momento eram 2 peças parafusadas para se fixar ao eixo, que se demonstrou ineficiente por se abrir durante o funcionamento, após foi fabricado um cames inteiro e travado no eixo através de uma chaveta que funcionou de maneira correta.

Figura 5: Montagem do protótipo



Fonte: Autoria própria (2024).

Com base no projeto e com mais detalhes no apêndice A e B, o sistema executou o movimento conforme imaginado, com o motor transmitindo o trabalho para as polias e, subsequente, para o eixo. Esse movimento permitiu que o came comprimissem a mola de forma adequada. Entretanto, a graxa contida no reservatório não foi distribuída aos pontos de lubrificação como previsto no planejamento inicial.

Apesar do funcionamento satisfatório dos componentes mecânicos do protótipo, a falha na distribuição de graxa revelou a necessidade de ajustes adicionais para garantir a efetividade do sistema de lubrificação. Essa etapa foi fundamental para identificar melhorias necessárias no protótipo. A seguir, apresenta-se a tabela de custos detalhada, que fornece uma visão geral dos investimentos realizados na montagem e desenvolvimento do sistema, evidenciando os principais insumos e o custo total do protótipo até esta fase de aprimoramento.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

4.2 TABELA DE CUSTO

Conforme mostra a tabela 2, o custo dos itens utilizados para montagem e fabricação do protótipo.

Tabela 2: do protótipo Custos

| Equipamentos | Quantidade | Valor |
|--|------------|--------------------|
| Motor Elétrico 2 cv 1725 RPM | 1 | R\$ 1168,69 |
| Gaxeta | 1 | R\$ 12,00 |
| Barra Gerdau (Eixo) | 1 | R\$ 42,50 |
| Parafuso sextavado m6 x 40 mm, porca e arruela | 2 | R\$ 1,60 |
| Parafuso sextavado m8 x 40 mm, porca e arruela | 3 | R\$ 4,50 |
| Chapa de aço 2 mm | 1 | R\$ 83,00 |
| Mangueira Hidráulica, alta pressão | 1 | R\$ 27,40 |
| “Tee” fêmea roscado | 3 | R\$ 75,00 |
| Balde de engraxadeira manual | 1 | R\$ 25,00 |
| Cames em nylon | 1 | R\$ 18,90 |
| TOTAL | | R\$ 1431,19 |

Fonte: Aatoria Própria, (2024).

O projeto foi desenvolvido com foco em uma solução de baixo custo, utilizando equipamentos disponíveis em fazendas ou propriedades rurais, o que reforça sua viabilidade e facilidade de implementação. A escolha desses recursos visa otimizar os custos, tornando o sistema acessível e adequado ao contexto rural.

4.3 MELHORIAS DE PROJETO

Para reduzir a complexidade do sistema, uma solução recomendada seria a implementação de um motor de passo, que proporciona alto torque e maior capacidade de redução de velocidade. Isso permitiria um funcionamento mais preciso



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

e alinhado às exigências do processo, eliminando a necessidade de componentes como polias de transmissão, correias e o eixo.

Como resultado, o projeto se tornaria mais seguro e eficiente, cumprindo rigorosamente as normas de segurança, em especial a NR-12, que regulamenta a segurança no trabalho com máquinas e equipamentos. A NR-12 tem como principal objetivo assegurar a integridade física e a saúde dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais relacionados ao uso de máquinas (Ministério do Trabalho e Emprego, 1978).

Além disso, para otimizar o movimento da graxa até os pontos desejados, sugere-se substituir a mola atual por uma mais adequada às especificações do sistema. A bucha localizada no interior da mola, responsável por empurrar a graxa em direção à mangueira, também deve ser redimensionada para melhorar a eficiência no transporte do lubrificante, garantindo um desempenho otimizado e seguro.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

5 CONCLUSÃO

A conclusão deste trabalho destaca o desenvolvimento de um sistema de lubrificação semiautomático para a plantadeira *Baldan Speed Box 4000*, focado em otimizar a manutenção e melhorar a eficiência operacional no campo. Embora o sistema tenha apresentado avanços técnicos, como a integração eficaz de um motor elétrico para movimentação controlada da graxa, desafios ainda persistem, especialmente na distribuição eficiente da lubrificação.

O problema identificado na fase de testes, em que a graxa não foi distribuída conforme o planejado, aponta para a necessidade de ajustes adicionais no design e na implementação do sistema.

Contudo, as soluções adotadas, como a utilização de polias e cames para garantir um torque adequado, demonstram a viabilidade técnica e econômica do projeto. Este estudo contribui para o desenvolvimento de soluções mais eficientes no setor agrícola, mas reforça a importância de testes contínuos e ajustes finos para a plena implementação em condições reais de trabalho.

Assim, o sistema projetado mostra-se promissor, porém, futuras pesquisas e aprimoramentos são recomendados para alcançar seu pleno potencial de otimização da lubrificação e garantir a longevidade dos equipamentos agrícolas, favorecendo a produtividade e sustentabilidade.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

REFERÊNCIAS

A&L Industries Peru. (2021). Sistemas Hidropneumático. Disponível em: <https://www.al-industriesperu.com/sistemas-hidroneumatico> Acesso em: 22 maio 2024.

Bloch, Heinz P. "Automatic lubrication as a modern maintenance strategy." World Pumps (Elsevier Science Ltd.), 1996: 39-40.

Bollinger, G. A. (2010). Hydraulics and Pneumatics: A Technician's and Engineer's Guide (3rd ed.). McGraw-Hill Educat.

Borghini, E., Reis, E. F., & Siqueira, R. (2013). "Mechanization of sowing corn and the influence on crop yield". Acta Scientiarum. Agronomy, 35(3), 345-352.

CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. Elementos de automação. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

CASTRO, Everton. Uso de graxas lubrificantes em máquinas agrícolas. Revista Cultivar, 19 ago. 2019. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/uso-de-graxas-lubrificantes-em-maquinas-agricolas>. Acesso em: 09 out. 2024.

Dalchiavon, F. C., Carpes, D. P., & da Silva, R. P. (2012). "Performance of no-till seeder in relation to seed distribution, operating speed and seed depth in soybean sowing". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16(8), 832-839.

G. Singh: Farm machinery. In: Agricultural Mechanization & Automation, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), ed. by P. McNulty, P.M. Grace (EOLSS, Oxford 2002)



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Gomes, R. N.; Lima, P. S.; Kuriyama, S. N.; Fidalgo Neto, A. A. Desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro. Revista Fitos, edição especial, 80-89. 2018.

GONÇALVES, E. Manutenção industrial: do estratégico ao operacional. São Paulo: Moderna, 2015.

J.K. Schueller: Automation and control. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Information Technology, Vol. VI, ed. by A. Munack (CIGR, Tzukuba 2006) pp. 184–195, Chap. 4

Kepner, R. A., Bainer, R., & Berger, E. L. (1982). Principles of Farm Machinery. Westport, CT: AVI Publishing Company.

Kumar, R., & Singh, S. P. (2018). Optimization of lubrication strategies in agricultural machinery for enhanced performance. Journal of Agricultural Engineering, 55(2), 45-56. DOI: 10.1016/j.jage.2018.06.004.

LAMB, C. Automação e Tecnologia. São Paulo: Pearson, 2015.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE TRATORES. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/manutencao-do-sistema-hidraulico-de-tratores>. Acesso em: 05 jun. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 19 out. 2024.

MOBLEY, R. Keith ; HIGGINS, Lindley R.; WIKOFF, Darrin J. Maintenance Engineering Handbook, 7ed, 2008.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Molin, J. P., & Frasson, F. R. (2014). Mecanização agrícola. Jaboticabal: FUNEP.

Rosa, David Peres da. Sistema hidráulico. Campus Sertão: Instituição Federal Educacao Ciências Tecnologia Rio Grande do Sul, 2019. 28 slides, color. Disponível em: <https://portais.sertao.ifrs.edu.br/nesma/wp-content/uploads/sites/3/2019/05/Sistema-hidráulico.pdf>. Acesso em: 05 maio 2024.

RUPRECHT, V. C. Lubrificação, Fricção e Adesão, Disponível em: www.uergs.edu.br, Acesso em: 28 de abril de 2024.

Savage, E. (2016). Farm Tractor Systems: Operations and Maintenance. Wiley-Blackwell

Silva, J., & Souza, M. (2018). Tecnologias de Lubrificação em Engenharia Mecânica. Editora Técnica.

SINGH, Triveni Prasad. Farm machinery. Pantnagar: Phi Learning, 2017. 400 p.

STACHOWIAK, G. W.; BATCHELOR, A. W. Engineering Tribology. 4ª. ed. Waltham: Butterworth-Heinemann, v. I, 2014.

SVENSKA KULLAGER FABRIKEN. Lubrificadores automáticos SKF. Cajamar: Grupo Skf, 2017. 16 p. (Catálogo). Disponível em: www.skf.com/binary/82-66465/12673PTBR_LAGD_brochure.pdf

Tekinerdogan, B., 2018. Strategies for technological innovation in Agriculture 4.0. Reports. Wageningen University, Wageningen, Netherlands.

VIANA, HERBERT RICARDO GARCIA. PCM – Planejamento e Controle de Manutenção. 1ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

