ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Alisson da Vitória Archanjo
Cauê Antonio Rozão
Felipe Pellozi Donega
Gabriel Pereira Rodrigues Moura

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PRÉ-FILTRAGEM DE AR DO TRATOR MASSEY FERGUSON 275

Fernandópolis
2025

Alisson da Vitória Archanjo
Cauê Antonio Rozão
Felipe Pellozi Donega
Gabriel Pereira Rodrigues Moura

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PRÉ-FILTRAGEM DE AR DO TRATOR MASSEY FERGUSON 275

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

Alisson da Vitória Archanjo
Cauê Antonio Rozão
Felipe Pellozi Donega
Gabriel Pereira Rodrigues Moura

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PRÉ-FILTRAGEM DE AR DO TRATOR MASSEY FERGUSON 275

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 ao nosso querido orientador, Marcos Antonio de Assis, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que nos deu a oportunidade, força e coragem para, superarmos os desafios.
Nossos familiares que nos apoiaram diariamente, dedicando incansavelmente para a conclusão do nosso trabalho.
Aos nossos professores que não mediram esforços nos auxiliando, dando todo suporte necessário.
Nossos colegas de curso, que diariamente desenvolvemos um trabalho em equipe.
Ao nosso orientador Marcos Antonio de Assis pelas correções e ensinamentos que foram fundamentais para a elaboração desse trabalho.
Por fim, nossa gratidão a esta instituição de ensino com a oportunidade de desenvolver este trabalho.

EPÍGRAFE

“Toda reforma interior e toda mudança para melhor dependem exclusivamente da aplicação do nosso próprio esforço.”
Immanuel Kant

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PRÉ-FILTRAGEM DE AR DO TRATOR MASSEY FERGUSON 275

Alisson da Vitória Archanjo
Cauê Antonio Rozão
Felipe Pellozi Donega
Gabriel Pereira Rodrigues Moura

RESUMO: A mecanização agrícola tem papel central na modernização e na sustentabilidade do setor agropecuário. Neste contexto, a eficiência operacional dos tratores agrícolas está diretamente relacionada à adoção de práticas adequadas de manutenção, especialmente quanto ao sistema de filtragem de ar. Este trabalho teve como objetivo analisar comparativamente o desempenho, o consumo de combustível e os custos operacionais do trator Massey Ferguson 275, avaliando o impacto da condição do filtro de ar sobre a eficiência do equipamento. A pesquisa foi realizada por meio de ensaios experimentais em ambiente rural, comparando-se o consumo de combustível e o rendimento do motor com filtros de ar novos e em uso avançado. Os resultados evidenciaram uma redução de aproximadamente 16% no consumo de combustível com a substituição do filtro de ar, além de benefícios econômicos expressivos decorrentes da manutenção preventiva. O estudo também propôs um plano sistemático de manutenção e estimou os custos operacionais anuais, ressaltando a importância de práticas preventivas para a longevidade do motor, a otimização de recursos e a sustentabilidade das operações agrícolas.

Palavras-chave: manutenção preventiva; filtro de ar; consumo de combustível; trator agrícola; eficiência operacional.

ABSTRACT: Agricultural mechanization plays a central role in the modernization and sustainability of the farming sector. In this context, the operational efficiency of agricultural tractors is directly linked to the adoption of appropriate maintenance practices, especially regarding the air filtration system. This study aimed to comparatively analyze the performance, fuel consumption, and operational costs of the Massey Ferguson 275 tractor, evaluating the impact of air filter condition on equipment efficiency. The research was carried out through experimental tests in a rural environment, comparing fuel consumption and engine performance with new and extensively used air filters. The results showed an approximate 16% reduction in fuel consumption with the replacement of the air filter, as well as significant economic benefits from preventive maintenance. The study also proposed a systematic maintenance plan and estimated annual operational costs, highlighting the importance of preventive practices for engine longevity, resource optimization, and the sustainability of agricultural operations.

Keywords: preventive maintenance; air filter; fuel consumption; agricultural tractor; operational efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola transformou profundamente o setor agropecuário, promovendo ganhos significativos em eficiência, produtividade e sustentabilidade no campo. Entre os diversos equipamentos que compõem esse avanço tecnológico, os tratores agrícolas se destacam por sua versatilidade e relevância nas mais variadas operações rurais. O desempenho e a longevidade desses equipamentos, no entanto, dependem diretamente da adoção de práticas adequadas de manutenção, especialmente em componentes críticos, como o sistema de filtragem de ar (Costa, 2015).

O filtro de ar exerce uma função vital ao reter e eliminar impurezas presentes no ar antes que ele seja admitido pelo motor. Essa barreira é fundamental para garantir o funcionamento adequado do sistema de combustão, protegendo os componentes internos do motor contra o desgaste precoce, a perda de eficiência e o aumento no consumo de combustível. Em ambientes agrícolas, marcados por elevada concentração de poeira e partículas em suspensão, a importância de um sistema de filtragem eficiente se intensifica, visto que a entrada de impurezas pode comprometer gravemente a performance do equipamento, elevar custos operacionais e reduzir a vida útil do trator.

Pesquisas como as de Costa (2015) e Ferrari (2015) já destacaram a influência direta do estado do filtro de ar sobre a potência do motor e a eficiência energética dos tratores, mostrando que a troca regular desse componente é indispensável para prevenir danos e garantir o máximo rendimento operacional. Ainda assim, a troca do filtro muitas vezes é negligenciada no campo, especialmente em períodos de alta demanda como plantio e colheita.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar de forma comparativa a eficiência operacional, o consumo de combustível e o impacto econômico do trator Massey Ferguson 275 em função da condição do filtro de ar, destacando os benefícios técnicos e financeiros proporcionados pela manutenção preventiva desse sistema em ambiente agrícola real. Para isso, buscou-se avaliar o desempenho do trator operando com filtro de ar novo e em uso avançado, mensurando as diferenças no consumo de combustível e rendimento do motor. O estudo também investigou, com base na fundamentação teórica e nos resultados práticos, os efeitos do sistema de filtragem de ar e das diferentes estratégias de

manutenção sobre a durabilidade e eficiência do motor diesel em condições reais de campo. Além disso, foi elaborada uma proposta de plano sistemático de manutenção de filtros de ar, contemplando periodicidade, procedimentos e adaptações às condições operacionais, bem como realizada uma estimativa dos custos operacionais relacionados à manutenção, quantificando a economia financeira obtida com a redução do consumo de combustível e comparando-a aos investimentos necessários para a adoção da manutenção preventiva.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. TIPOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção de máquinas e equipamentos tem papel estratégico na preservação da confiabilidade, segurança e eficiência operacional no ambiente agrícola. Um plano de manutenção bem estruturado permite minimizar falhas inesperadas, otimizar o desempenho dos equipamentos e reduzir custos ao longo do ciclo de vida das máquinas. Para atender às diferentes demandas operacionais e situações de uso, a manutenção é classificada em diferentes modalidades, cada uma com características, métodos e objetivos específicos. Entre as principais abordagens adotadas no setor estão a manutenção preventiva, preditiva e corretiva, que serão detalhadas a seguir.

2.1.1. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva consiste em um conjunto de ações sistematicamente planejadas e executadas em intervalos regulares, visando diminuir a ocorrência de falhas e evitar paradas não programadas dos equipamentos. Diferenciando-se da manutenção corretiva, sua abordagem é proativa, antecipando e mitigando possíveis problemas antes que causem impactos no funcionamento dos sistemas. Essa modalidade de manutenção segue diretrizes estabelecidas por normas técnicas, como a NBR 5462/1994, e tem como principal foco a garantia da confiabilidade e disponibilidade operacional dos ativos. Entre as práticas adotadas destacam-se a inspeção periódica de componentes, a substituição preventiva de peças sujeitas ao desgaste e a realização de ajustes técnicos. O objetivo central da manutenção preventiva é prolongar a vida útil dos equipamentos, assegurar a

continuidade dos processos produtivos e reduzir custos operacionais, minimizando a frequência e a gravidade das falhas (ABECOM, 2021).

2.1.2. Manutenção preditiva

A manutenção preditiva fundamenta-se no uso de técnicas avançadas de monitoramento e análise de dados operacionais para identificar precocemente indícios de falhas nos equipamentos. Essa abordagem permite a detecção de anomalias ainda em estágios iniciais, possibilitando a implementação de ações corretivas antes que ocorram danos mais severos ou interrupções nos processos produtivos. Entre as principais ferramentas utilizadas destacam-se a análise de vibração, termografia, ultrassom e monitoramento de óleo. Ao antecipar potenciais falhas, a manutenção preditiva contribui significativamente para a redução de custos de manutenção, aumento da eficiência operacional e maior controle sobre o desempenho dos sistemas industriais, otimizando o planejamento das intervenções e promovendo maior disponibilidade dos equipamentos (ABECOM, 2021).

2.1.3. Manutenção corretiva

Segundo a NBR 5462, a manutenção corretiva caracteriza-se pela realização de intervenções somente após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restabelecer a funcionalidade do componente ou equipamento afetado. Por sua natureza reativa, essa modalidade tende a ser a mais onerosa, tanto em termos financeiros quanto de tempo, além de ser a que mais compromete a continuidade dos processos produtivos devido às paradas inesperadas. Apesar dos avanços nas estratégias de monitoramento e manutenção, muitas organizações ainda adotam a manutenção corretiva como prática predominante, seja por falta de recursos, cultura organizacional ou desconhecimento dos benefícios das abordagens preventivas e preditivas. No entanto, a dependência exclusiva desse tipo de manutenção pode resultar em maiores custos operacionais, perdas de produtividade e aumento dos riscos de falhas graves (ABECOM, 2021).

2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA, PREDITIVA E CORRETIVA VS. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

A manutenção adequada de motores diesel agrícolas está diretamente relacionada à eficiência energética desses equipamentos. Práticas de manutenção preventiva, como inspeções periódicas e substituição de filtros, e preditiva, que utiliza monitoramento de indicadores e intervenções programadas conforme a condição dos componentes, contribuem significativamente para a redução do consumo de combustível e o aumento da vida útil do motor. Em contrapartida, a predominância de ações corretivas, realizadas apenas após a ocorrência de falhas, permite que o motor opere por períodos prolongados em condições subótimas, levando ao desperdício de energia e ao aumento dos custos operacionais (REIS et al., 2010; PANSEGROUW, 2022).

Dentre os principais sistemas que impactam o consumo, destaca-se o sistema de admissão de ar, cuja eficiência depende do estado do filtro de ar. Filtros de ar saturados elevam a restrição ao fluxo de ar, dificultando a combustão completa e elevando o consumo de combustível (DZIUBAK et al., 2023). Além disso, sistemas de injeção de combustível e lubrificação, quando mal mantidos, também podem comprometer o rendimento do motor. A literatura indica que a substituição regular de filtros e o ajuste adequado dos injetores são capazes de reduzir de forma mensurável o consumo de combustível em tratores agrícolas (THOMAS; WEST; HUFF, 2013; REIS et al., 2010).

2.2.1. Sistema de admissão de ar

A restrição do fluxo de ar causada por filtros de ar sujos obriga o motor a operar fora da estequiometria ideal, elevando o consumo de combustível e reduzindo a eficiência da combustão. Recomenda-se, conforme práticas de manutenção preventiva, a inspeção e substituição do elemento filtrante em intervalos regulares ou quando indicado pelo fabricante. Estudos demonstram que a substituição dos filtros de ar e de combustível pode proporcionar reduções imediatas no consumo de até 4% (Ciolkosz, 2023). A manutenção preditiva pode empregar sensores de pressão diferencial para indicar o momento ideal da troca do filtro, evitando perdas significativas de potência e o acúmulo de resíduos no motor. Por outro lado, a

manutenção corretiva, realizada apenas após o surgimento de falhas, permite que o motor opere em condições inadequadas por períodos prolongados, resultando em maior consumo de combustível e formação de depósitos carbonosos.

2.2.2. Sistema de Injeção de Combustível

A eficiência do sistema de injeção de combustível está diretamente ligada à atomização e distribuição adequada do diesel. Injetores em bom estado pulverizam o combustível de forma homogênea, garantindo a combustão eficiente. Em contrapartida, injetores sujos ou desgastados aumentam o consumo em 10 a 15%, devido à pulverização deficiente e à queima incompleta (Pansegrouw, 2022). Problemas como pressão inadequada, gotejamento ou desregulagem da bomba injetora comprometem a potência do motor, levando o operador a exigir mais do acelerador e, consequentemente, aumentar o consumo. A manutenção preventiva deve contemplar a troca regular de filtros de combustível e a calibração dos injetores. A preditiva pode incluir análise do padrão de pulverização ou monitoramento via telemetria, enquanto a manutenção corretiva só atua quando há falhas severas, geralmente já associadas a períodos de ineficiência e desperdício de combustível (Thomas, et. al., 2013).

2.2.3. Sistema de Lubrificação

A condição do óleo lubrificante e do sistema de lubrificação influencia diretamente o atrito interno do motor. Óleos degradados, contaminados ou de viscosidade inadequada aumentam a resistência ao movimento das peças, elevando o consumo de combustível e reduzindo a potência disponível. Estudos em motores pesados indicam que a troca de um óleo mais viscoso por um mais fluido pode resultar em melhora de até 1% na economia de combustível, um valor significativo considerando longos períodos de operação (Ciolkosz, 2023). A manutenção preventiva garante trocas de óleo e filtros nos prazos recomendados, enquanto a manutenção preditiva pode incluir análise da viscosidade e do desgaste do óleo.

2.2.4. Sistema de Arrefecimento

A faixa de temperatura ideal de operação do motor diesel é essencial para a eficiência da combustão. Temperaturas fora do intervalo adequado (~80–90 °C) podem provocar aumento do consumo, seja por combustão incompleta em temperaturas baixas ou por pré-detonação em temperaturas elevadas. Manutenção preventiva neste sistema envolve a verificação do nível e da condição do líquido de arrefecimento, limpeza do radiador e funcionamento correto do termostato e ventoinha. Problemas como termostato travado, mangueiras com vazamento ou radiador obstruído podem causar flutuações térmicas e prejudicar a eficiência do combustível (La fleet care, 2023). A manutenção preditiva pode envolver monitoramento contínuo das temperaturas de operação.

2.2.5. Benefícios comprovados da manutenção para a economia de combustível

Diversos estudos comprovam que programas sistemáticos de manutenção promovem uma expressiva redução no consumo de combustível de máquinas agrícolas. Por exemplo, em uma avaliação conduzida pela Universidade de Maryland com 50 tratores, verificou-se que, após uma revisão completa — incluindo troca de todos os filtros, óleo e ajuste de injeção —, o consumo médio de combustível diminuiu em quase 15%, enquanto a potência máxima dos equipamentos aumentou cerca de 11% (Pansegrouw, 2022). Esses resultados evidenciam que muitos motores operam por longos períodos com desempenho reduzido devido à manutenção inadequada, recuperando sua eficiência apenas após intervenções preventivas.

Por outro lado, a ausência de manutenção tende a potencializar diversos problemas, como o entupimento gradual dos filtros, aumento das folgas internas e degradação dos fluidos, fatores que impactam negativamente o rendimento energético e elevam o consumo ao longo do tempo. Além disso, falhas graves decorrentes de negligência, como travamentos por desgaste ou superaquecimento, resultam em custos corretivos significativamente mais altos do que aqueles associados a um programa preventivo (Reis et al., 2010).

A literatura destaca que, no contexto agrícola, o custo do acompanhamento preventivo da frota é bastante inferior aos prejuízos causados por paradas emergenciais para reparo corretivo (Alvarez, 1991 apud Reis et al., 2010).

Ademais, a implementação da manutenção preditiva — baseada no uso de sensores, monitoramento contínuo de dados operacionais e análise de tendências — permite identificar o momento ideal para intervenções, evitando tanto desperdício de vida útil de componentes quanto ineficiências decorrentes do atraso nas ações de manutenção.

2.3. SISTEMA DE FILTRAGEM DE AR EM MOTORES DIESEL

O sistema de admissão de ar desempenha um papel fundamental no funcionamento eficiente de motores diesel, uma vez que a combustão deste tipo de motor depende da quantidade e qualidade do ar admitido para misturar-se ao combustível. Segundo Flafersa (2023), a presença de ar limpo e em quantidade suficiente é indispensável para garantir a queima completa do combustível e, consequentemente, o melhor desempenho do motor. O sistema de admissão é composto por diversos elementos, dentre os quais se destacam o filtro de ar — responsável pela remoção de partículas e impurezas provenientes do ambiente —, o corpo de borboleta, que regula o volume de ar admitido, e o coletor de admissão, cuja principal função é distribuir o ar uniformemente para todos os cilindros do motor.

A insuficiência na entrada de ar, seja por obstruções ou má vedação do sistema, pode comprometer o processo de combustão, resultando em mistura inadequada, aumento do consumo de combustível, perda de potência e emissões elevadas de poluentes. Filtros de ar obstruídos ou saturados são causas frequentes desses problemas, além de elevarem o risco de danos internos devido ao ingresso de partículas abrasivas no motor (Dziubak et. al., 2023).

2.3.1. Estrutura e funcionamento do filtro de ar

O filtro de ar é um componente essencial para a proteção e longevidade dos motores diesel, tendo como principal função a retenção de partículas sólidas, poeira e outras impurezas suspensas no ar ambiente. Este dispositivo é normalmente constituído por materiais porosos, como papel especial, tecido sintético ou espuma, capazes de capturar partículas de diferentes tamanhos sem restringir excessivamente o fluxo de ar necessário ao motor (Flafersa, 2023). Os sistemas modernos de filtragem podem incluir estágios múltiplos, sendo comum a combinação de pré-filtros ciclônicos

— que removem partículas maiores por ação centrífuga — e elementos filtrantes de alta eficiência, que retêm partículas finas.

A presença de um filtro de ar eficiente é vital para evitar o ingresso de materiais abrasivos na câmara de combustão, prevenindo o desgaste prematuro de componentes como anéis de pistão, camisas de cilindro e válvulas. Estudos indicam que o uso contínuo de filtros inadequados ou saturados pode resultar em redução significativa da vida útil do motor e no aumento do consumo específico de combustível (Dziubak et. al., 2023).

2.4. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS AGRÍCOLAS NA EFICIÊNCIA DO MOTOR

As condições ambientais presentes no meio agrícola exercem influência direta e significativa sobre o desempenho, a eficiência e a durabilidade dos motores diesel utilizados em tratores e máquinas agrícolas. Segundo Toyama (2024), fatores como temperatura, umidade, concentração de poeira e altitude afetam aspectos essenciais do funcionamento do motor, impactando não apenas o processo de combustão, mas também a lubrificação, a refrigeração e a integridade dos componentes internos.

Temperaturas extremas representam desafios relevantes: temperaturas elevadas favorecem o superaquecimento do motor, exigindo maior capacidade de dissipação térmica e podendo resultar em perda de potência, degradação prematura do óleo lubrificante e desgaste acelerado de peças móveis. Por outro lado, temperaturas muito baixas dificultam a partida do motor e aumentam a viscosidade do óleo, prejudicando a lubrificação nos primeiros instantes de funcionamento e podendo elevar o consumo de combustível (Ciolkosz, 2023).

A umidade relativa do ar e a exposição frequente à chuva também são fatores que demandam atenção, pois ambientes úmidos favorecem a formação de condensação, a corrosão de componentes metálicos e a deterioração de sistemas elétricos. Nesses contextos, recomenda-se a aplicação de práticas de manutenção específicas, como o uso de protetores anticorrosivos e inspeções regulares dos terminais e conexões elétricas (Pansegrouw, 2022).

Regiões agrícolas com alta concentração de poeira e ventos fortes impõem um desafio adicional, tornando indispensável a utilização de sistemas de

filtragem de ar mais robustos e eficientes. A presença constante de partículas em suspensão pode resultar no acúmulo de resíduos nos filtros de ar e radiadores, reduzindo a eficiência da filtragem, aumentando o risco de contaminação interna do motor e elevando a temperatura de operação. Além disso, a obstrução dos sistemas de admissão e refrigeração pode causar aumento no consumo específico de combustível e reduzir a vida útil do equipamento (Dziubak et. al., 2023).

2.5. CONSEQUÊNCIAS DO USO DE FILTROS DE AR SATURADOS

A utilização de filtros de ar saturados ou obstruídos é um fator crítico que compromete severamente o desempenho e a durabilidade dos motores diesel, especialmente em condições agrícolas adversas. Quando o filtro de ar atinge seu limite de saturação, ocorre uma restrição significativa na passagem do ar, prejudicando a quantidade de oxigênio disponível para a combustão. Essa limitação provoca uma mistura ar-combustível inadequada, resultando em combustão incompleta, maior emissão de fumaça preta e aumento no consumo de combustível (Dziubak et. al., 2023).

A elevação da restrição do filtro de ar pode aumentar o risco de recirculação de impurezas, incluindo partículas sólidas e até óleo contaminado, que podem ser sugados para o interior do motor devido ao diferencial de pressão. Esse processo contamina o sistema de lubrificação, afetando a viscosidade do óleo e reduzindo sua capacidade de proteção contra atrito e desgaste. Consequentemente, ocorre o superaquecimento dos componentes móveis, como pistões, anéis e cilindros, acelerando o desgaste prematuro dessas peças e podendo causar avarias severas, como travamentos ou quebras (Muequipar, 2020).

Estudos experimentais demonstram que a operação contínua com filtros de ar saturados pode reduzir a potência útil do motor em até 10% e elevar o consumo específico de combustível em até 5%, além de aumentar consideravelmente o risco de falhas catastróficas ao longo do tempo de uso (Dziubak et. al., 2023). O ingresso de partículas abrasivas também contribui para o surgimento de riscos e sulcos nas superfícies internas do motor, comprometendo a vedação dos anéis de pistão e a eficiência da compressão.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL: ESTUDO DE CASO COM O TRATOR MASSEY FERGUSON 275

A presente etapa do trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa da eficiência operacional do trator Massey Ferguson 275, com ênfase no impacto do sistema de filtragem de ar sobre o desempenho do motor e o consumo de combustível. O sistema de filtragem deste modelo, composto por elementos primário e secundário, é responsável pela retenção eficaz de partículas sólidas presentes no ar de admissão, protegendo os componentes internos e assegurando o funcionamento adequado do motor, especialmente em ambientes agrícolas caracterizados por alta concentração de poeira.

Para a realização do estudo, selecionou-se o trator Massey Ferguson 275, modelo 4x2, equipado com motor Perkins 1104A-44, de quatro cilindros e 4400 cm³, com potência nominal de 75 cv — características que o tornam um dos modelos mais utilizados em propriedades agrícolas de médio porte. O experimento foi conduzido em ambiente rural, buscando simular condições reais de trabalho e possibilitar a comparação do consumo de combustível do trator em dois cenários distintos: com filtro de ar novo e com filtro de ar em uso avançado.

3.1.1. Metodologia aplicada para avaliação da eficiência

Os ensaios experimentais foram realizados nas proximidades do município de Fernandópolis, SP, utilizando-se o trator Massey Ferguson 275 acoplado a uma roçadeira Massey Ferguson 680, de modo a simular condições reais de operação agrícola. Durante toda a realização dos testes, a rotação do motor foi mantida constante em 1600 rpm e foi selecionada a marcha 2 baixa, buscando padronizar as condições de trabalho e garantir a reprodutibilidade dos resultados. Cada ciclo experimental teve duração de uma hora.

A avaliação foi dividida em duas etapas distintas. Na primeira etapa, iniciada às 9h20, o trator operou com um filtro de ar já utilizado, com aproximadamente 450 horas de uso, permanecendo em funcionamento contínuo até as 10h20. Na segunda etapa, realizada após a troca do filtro de ar por um novo, o teste foi reiniciado às 11h05 e concluído às 12h05, sob as mesmas condições operacionais da etapa

anterior. A Figura 1, apresentada a seguir, ilustra comparativamente as condições dos elementos filtrantes do sistema de admissão de ar, evidenciando as diferenças visuais entre o filtro interno novo e usado (a), bem como entre o filtro externo novo e usado (b).

Figura 1. Comparativo entre as condições dos elementos filtrantes do sistema de admissão de ar

(a) Interno – Novo/Usado (b) Externo – Usado/Novo

Fonte: (Autores, 2025)

O procedimento de troca dos filtros de ar interno e externo de um trator segue uma sequência padronizada, recomendada pelos fabricantes e descrita nos manuais de manutenção do equipamento. Inicialmente, com o motor desligado e frio, deve-se acessar a caixa do filtro de ar, geralmente localizada em posição de fácil acesso na lateral do trator. A caixa é aberta removendo-se as presilhas ou parafusos de fixação.

O filtro externo, também chamado de filtro primário, é o primeiro elemento a ser retirado. Deve-se puxá-lo cuidadosamente, evitando que partículas acumuladas se soltem e caiam para dentro do duto de admissão. Na sequência, o filtro interno, ou filtro secundário, que se encontra encaixado na parte posterior do alojamento, é removido com igual cautela.

Ambos os filtros devem ser inspecionados visualmente: se houver presença de sujeira excessiva, danos físicos, obstrução ou sinais de saturação, recomenda-se a substituição imediata por novos elementos compatíveis. É fundamental evitar a limpeza dos filtros com ar comprimido ou água, pois isso pode danificar a estrutura do material filtrante e comprometer sua eficiência.

Antes de instalar os novos filtros, deve-se limpar cuidadosamente a parte interna da caixa do filtro de ar, removendo quaisquer resíduos ou partículas presentes. Em seguida, instala-se primeiro o filtro interno (secundário), posicionando-o corretamente no alojamento, e depois o filtro externo (primário), assegurando o encaixe adequado e a vedação eficiente. Por fim, a caixa do filtro é fechada e fixada novamente, garantindo que todas as presilhas estejam corretamente posicionadas. A Figura 2 apresenta as principais etapas do procedimento de troca dos filtros de ar interno e externo do trator.

Figura 2. Etapas da troca dos filtros do sistema de admissão de ar

(a) Caixa do filtro (b) Filtro interno (c) Filtro externo (d) Filtros colocados

Fonte: (Autores, 2025)

3.1.2 Discussão dos resultados

Os resultados obtidos nos testes experimentais evidenciaram de forma inequívoca o impacto da condição do filtro de ar sobre o consumo de combustível e a eficiência operacional do trator Massey Ferguson 275. Ao comparar o desempenho do equipamento utilizando um filtro de ar saturado em relação a um filtro novo,

observou-se uma diferença significativa nos indicadores de consumo específico e rendimento do motor. A Tabela 1, a seguir, demonstra a comparação de consumo entre o filtro usado e o filtro novo.

Tabela 1. Comparação de consumo entre o uso de filtro usado e o filtro novo

Filtros	Usado	Novo
Consumo por hora (L/h)	4,4	3,7
Tempo de operação (h)	1	1
Combustível total utilizado (L)	4,4	3,7
Diferença de consumo (L)	–	**–0,7**
Redução percentual de consumo	–	**–15,91%**

Fonte: (Autores, 2025)

A análise dos dados apresentados na Tabela 1 evidencia o impacto direto da condição do filtro de ar no consumo de combustível do trator Massey Ferguson 275. Quando o equipamento operou com filtro de ar usado, o consumo por hora foi de 4,4 litros, enquanto com o filtro novo esse valor caiu para 3,7 litros por hora. Considerando o mesmo tempo de operação (1 hora).

A diferença absoluta de consumo entre as duas condições foi de 0,7 litro por hora, indicando que a substituição do filtro de ar por um novo proporcionou uma economia significativa de combustível. Essa diferença corresponde a uma redução percentual de 15,91% no consumo por hora do trator. Esse resultado está em consonância com a literatura técnica, que aponta a elevação do consumo de combustível como uma das principais consequências da obstrução dos filtros de ar.

Além de representar uma economia financeira expressiva ao longo do tempo de uso da máquina, a redução do consumo de combustível contribui para a diminuição das emissões atmosféricas e para o aumento da eficiência operacional do equipamento.

3.2. PROPOSTA DE PLANO DE MANUTENÇÃO DE FILTROS DE AR PARA TRATORES AGRÍCOLAS

Considerando a importância comprovada do sistema de filtragem de ar para a eficiência operacional e a durabilidade dos motores diesel agrícolas, recomenda-se a adoção de um plano sistemático de manutenção de filtros de ar. O objetivo desse plano é assegurar a entrada adequada de ar limpo no motor, prevenindo desgastes prematuros, otimizando o consumo de combustível e assegurando o pleno desempenho dos equipamentos no campo.

O plano de manutenção deve abranger inspeções visuais regulares, limpeza dos componentes, substituição dos filtros conforme recomendações do fabricante e adaptação dos intervalos de manutenção conforme as condições ambientais e o regime de trabalho da máquina. Em ambientes com elevada concentração de poeira ou operações intensivas, recomenda-se reduzir os intervalos entre as manutenções. A Tabela 2 a seguir apresenta uma sugestão de plano de manutenção para filtros de ar de tratores agrícolas.

Tabela 2. Proposta de plano de manutenção de filtros

Atividade	Periodicidade Recomendada	Observações
Inspeção visual do filtro externo	A cada 50 horas de operação	Ou semanalmente, o que ocorrer primeiro
Limpeza do pré-filtro (quando aplicável)	A cada 50 horas de operação	Remover poeira e resíduos grossos
Substituição do filtro externo (primário)	A cada 250 horas de operação	Ou antecipar se houver saturação evidente
Substituição do filtro interno (secundário)	A cada 500 horas de operação	Sempre substituir junto ao filtro externo novo
Inspeção da vedação da caixa do filtro	A cada manutenção do filtro	Garantir vedação adequada para evitar ingressos de partículas
Registro do procedimento em planilha ou diário de bordo	Após cada intervenção	Controlar histórico e antecipar desgastes

Fonte: (Autores, 2025)

É importante ressaltar que, em condições severas de operação, como durante a colheita em períodos secos ou em ambientes com alta concentração de poeira, o intervalo entre as manutenções deve ser reduzido pela metade, a fim de garantir a proteção adequada do motor. Deve-se evitar a limpeza dos filtros de ar com ar comprimido, água ou solventes, uma vez que esses métodos podem danificar o elemento filtrante e comprometer a eficiência do sistema. Recomenda-se, ainda, sempre utilizar peças originais e seguir rigorosamente as orientações do manual do fabricante para a realização das substituições. Por fim, é fundamental promover o treinamento contínuo dos operadores e da equipe de manutenção, enfatizando a importância da troca correta dos filtros de ar e os procedimentos adequados para sua execução, de modo a assegurar a eficiência e a durabilidade dos equipamentos agrícolas.

3.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS OPERACIONAIS COM A MANUTENÇÃO DE FILTROS DE AR

A análise dos dados apresentados na Tabela 3 demonstra a expressiva vantagem econômica da manutenção preventiva dos filtros de ar no contexto agrícola. Considerando-se a economia de 0,7 litro de diesel por hora obtida com a substituição regular do filtro de ar e um custo médio de R$ 6,00 por litro, a economia anual estimada com combustível alcança R$ 4.200,00 para uma operação de 1.000 horas.

Os investimentos anuais necessários para garantir a manutenção adequada incluem a aquisição de dois filtros externos e um filtro interno, o pagamento da mão de obra para três trocas ao longo do ano e o custo operacional das paradas programadas para manutenção, totalizando R$ 750,00 ao ano.

A economia líquida anual, já descontando os custos da manutenção preventiva, é de R$ 3.450,00, valor que evidencia a viabilidade financeira da prática. Além da redução direta nos custos de combustível, a manutenção preventiva contribui para a diminuição dos riscos de falhas mecânicas graves, dos gastos com manutenção corretiva e do tempo de máquina parada, além de promover benefícios ambientais com a diminuição do consumo de combustíveis fósseis e das emissões atmosféricas.

Tabela 3. Estimativa dos custos operacionais anuais com a manutenção de filtros de ar

Descrição	Valor Unitário (R$)	Quantidade Anual	Custo Total Anual (R$)
Economia de combustível por hora	4,20	1.000 h	4.200,00
Filtro de ar externo (primário)	150,00	2	300,00
Filtro de ar interno (secundário)	120,00	1	120,00
Mão de obra para troca de filtros	50,00	3	150,00
Paradas programadas para manutenção (1h cada)	60,00*	3	180,00
Total investido em manutenção preventiva			**750,00**
Economia bruta anual com combustível			**4.200,00**
Economia líquida anual estimada			**3.450,00**

Fonte: (Autores, 2025)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a relevância da manutenção preventiva do sistema de filtragem de ar para a eficiência operacional e a sustentabilidade econômica das atividades agrícolas que utilizam tratores diesel. A análise comparativa realizada com o trator Massey Ferguson 275 demonstrou que a substituição de filtros de ar em uso avançado por novos proporcionou uma redução significativa no consumo de combustível, refletindo diretamente na diminuição dos custos operacionais e na elevação do rendimento do equipamento.

Os dados experimentais apontaram uma economia de aproximadamente 16% no consumo por hora, resultado que, quando projetado para a rotina anual de utilização do trator, representa um impacto financeiro substancial e evidencia o retorno do investimento em manutenção preventiva. Além disso, a manutenção sistemática contribui para a mitigação dos riscos de falhas mecânicas graves, reduz o tempo de máquina parada e favorece a preservação da vida útil do motor, aspectos que convergem para uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos produtivos.

O estudo também reforça a necessidade de implementação de planos de manutenção adaptados às condições ambientais e operacionais específicas de cada propriedade, bem como o papel fundamental da capacitação dos operadores para a correta execução das rotinas de inspeção e troca de filtros. Tais práticas devem ser fundamentadas em procedimentos recomendados pelos fabricantes e respaldadas pela literatura técnica, a fim de assegurar a máxima eficiência dos equipamentos e a redução do impacto ambiental decorrente do consumo excessivo de combustível.

Em síntese, os achados desta pesquisa corroboram a literatura especializada ao demonstrar que a adoção de estratégias de manutenção preventiva no sistema de filtragem de ar não só é tecnicamente recomendada, mas também economicamente vantajosa para o setor agrícola. Recomenda-se, portanto, que produtores rurais, gestores e técnicos priorizem a manutenção programada dos filtros de ar como parte integrante da rotina de manejo de máquinas agrícolas, visando a sustentabilidade, a segurança e a competitividade das operações no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABECOM, 2021. Entenda o que é manutenção preventiva e quando deve ser realizada. ABECOM, 2021. Disponível em: https://www.abecom.com.br/o-que-e-manutencao-preventiva/. Acesso em: 23 abr. 2025.

ABECOM, 2021. Manutenção preditiva: o que é? Quais técnicas e vantagens?. ABECOM, 2021. Disponível em: https://www.abecom.com.br/o-que-e-manutencao-preditiva/. Acesso em: 23 abr. 2025.

ABECOM, 2021. O que é Manutenção Corretiva? Quais são as vantagens e desvantagens? Quando realizá-la?. ABECOM, 2021. Disponível em: https://www.abecom.com.br/manutencao-corretiva/. Acesso em: 23 abr. 2025.

CABRAL, Ana Caroline Soares. **Influência do filtro de ar em relação à autonomia em um motor diesel**. 2016. 12 f. Graduação, Faculdade de Engenharia Mecânica, UniRV Universidade de Rio Verde, 2016.

CIOLKOSZ, D. Run Tractors and Other Diesel Engines at Peak Performance. University Park: Penn State Extension, 09 mar. 2023. Disponível em: https://extension.psu.edu/run-tractors-and-other-diesel-engines-at-peak-performance. Acesso em: 18 jun. 2025.

COSTA, Bárbara Diesel. **Estudo de caso da melhoria da eficiência do sistema de pré-filtragem de ar para tratores de grande porte e alta potência**. 2015. 75 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DZIUBAK, T.; DZIUBAK, S. D. Experimental study of filtration materials used in the car air intake. **Materials (Basel)**, v.13, n.16, p.3498, 2020.

DZIUBAK, T.; KARCZEWSKI, M.; DZIOBEK, I. Empirical study of the effect of the air filter on the performance and exhaust emissions of a diesel engine. **Combustion Engines**, v.193, n.2, p.94–111, 2023.

Especializada Flafersa, 2023. O que é a admissão de ar em um carro?. Especializada Flafersa, 2023. Disponível em: https://especializadaflafersa.com.br/glossario/o-que-e-a-admissao-de-ar-em-um-carro/. Acesso em: 23 abr. 2025.

Especializada Flafersa, 2023. O que é filtro de ar? Especializada Flafersa, 2023. Disponível em: https://especializadaflafersa.com.br/glossario/o-que-e-filtro-de-ar/. Acesso em: 23 abr. 2025.

Ferrari, Luís Eduardo Accordi. **ANÁLISE DOS EFEITOS DA MANUTENÇÃO PERIÓDICA DE TRATORES AGRÍCOLAS ATRAVÉS DO MÉTODO DE PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS**. 2015. 69 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, 2015.

Muequipar, 2020. Malefícios de um filtro saturado. Muequipar, 2020. Disponível em: https://muequipar.com.br/maleficios-de-um-filtro-saturado. Acesso em: 23 abr. 2025.

PANSEGROUW, N. Fuel Saving Facts – Small actions can boost profitability. ProAgri (Online), 07 set. 2022. Disponível em: https://www.proagrimedia.com/mechanisation/fuel-saving-facts-small-actions-can-boost-profitability/. Acesso em: 18 jun. 2025.

REIS, G. N. dos; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. da; GROTTA, D. C. C.; CÂMARA, F. T. da. Manutenção de tratores agrícolas e condição técnica dos operadores. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.727–736, 2010.

SERRANO, J. M. P. R. Pressão de insuflagem dos pneus no desempenho do conjunto trator-grade de discos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.2, p.227–233, 2008.

THOMAS, J. F.; WEST, B. H.; HUFF, S**.** Effect of air filter condition on diesel vehicle fuel economy. **SAE Technical Paper** 2013-01-0311. Warrendale: SAE International, 2013.

TOYAMA, 2024. Como o clima afeta o desempenho do gerador diesel e gasolina. TOYAMA, 2024. Disponível em: https://toyama.com.br/blog/como-clima-afeta-desempenho-gerador-diesel-gasolina/. Acesso em: 30 abr. 2025.