

**TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA AUMENTAR A
CONFIABILIDADE DOS ELEVADORES DE CAFÉ NO PROCESSO DE
BENEFICIAMENTO**

**PREDICTIVE MAINTENANCE TECHNIQUES TO INCREASE THE
RELIABILITY OF COFFEE ELEVATORS IN THE PROCESSING
OPERATION**

Gabriel Franck¹, Professor Me. Jonathan Oliveira Nery²

¹Universidade do Sul de Minas, Varginha, MG, E-mail:
gabriel.franck@alunos.unis.edu.br

²Universidade do Sul de Minas, Varginha, MG, E-mail:
jonathannery@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A manutenção preditiva é uma estratégia voltada para antecipar falhas em equipamentos, permitindo intervenções planejadas e evitando paradas inesperadas na produção. Por meio de técnicas como análise de vibração, inspeção de lubrificação, termografia e análise de corrente elétrica, é possível identificar sinais de desgaste ainda em estágio inicial. Na indústria de beneficiamento de café, em que a confiabilidade dos equipamentos impacta diretamente produtividade, prazos e qualidade do produto final, esse tipo de abordagem torna-se um diferencial competitivo.

Este trabalho tem como foco a aplicação de técnicas de manutenção preditiva em elevadores de café, responsáveis pelo transporte dos grãos entre as etapas do beneficiamento. Busca-se avaliar como o monitoramento das condições operacionais pode aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reduzir falhas inesperadas e melhorar o desempenho operacional da planta.

O estudo será realizado a partir do levantamento de falhas recorrentes nos elevadores, da análise de registros de manutenção e dos custos associados às paradas

não programadas. Com base nessas informações, será proposta uma estratégia de manutenção preditiva que permita o diagnóstico antecipado de anomalias e a execução de intervenções planejadas, aumentando a confiabilidade desses equipamentos.

A problemática que orienta este estudo é: de que forma a manutenção preditiva aplicada aos elevadores de café pode reduzir falhas inesperadas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e otimizar o desempenho operacional do processo de beneficiamento?

Parte-se da hipótese de que a utilização de técnicas preditivas permite identificar falhas antes que evoluam para paradas críticas, aumentando o MTBF (Mean Time Between Failures), reduzindo o MTTR (Mean Time To Repair), diminuindo custos corretivos e prolongando a vida útil dos componentes.

Os objetivos específicos deste trabalho são: a) Mapear o funcionamento dos elevadores de café, identificando seus componentes e pontos críticos de falha; b) Coletar dados operacionais e registrar paradas e quebras; c) Aplicar técnicas de manutenção preditiva visando aumentar o MTBF e reduzir o MTTR; d) Elaborar um PFMEA do processo, identificando modos de falha e oportunidades de melhoria; e) Desenvolver um plano estruturado de manutenção preditiva (PCM) para os elevadores; f) Comparar indicadores antes e depois da aplicação das técnicas, avaliando ganhos técnicos e econômicos.

Além dos impactos diretamente relacionados à disponibilidade dos equipamentos, falhas nos elevadores podem causar acúmulo de grãos, mistura indevida de lotes e até alterações nas características do café devido à fermentação durante retenções prolongadas. Portanto, a manutenção preditiva contribui não só para a eficiência operacional, mas também para a qualidade e rastreabilidade do produto.

Apesar de amplamente discutida em setores industriais, a aplicação da manutenção preditiva no beneficiamento de café ainda é pouco explorada, especialmente em equipamentos de movimentação interna. Esta pesquisa busca preencher essa lacuna ao adaptar técnicas consagradas ao contexto dos elevadores utilizados no agronegócio.

Justifica-se, portanto, a realização deste estudo por sua contribuição para a melhoria da gestão de ativos, redução de custos, aumento da disponibilidade operacional e fortalecimento da competitividade no setor cafeeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção industrial e confiabilidade de ativos

A manutenção industrial envolve práticas técnicas e gerenciais para manter os equipamentos em condições adequadas de operação, garantindo produtividade, qualidade e segurança (Slack; Chamber; Johnston, 2009). Atualmente, a manutenção é vista como uma estratégia competitiva, reduzindo falhas e otimizando recursos (Campos, 2004). Kardek e Nascif (2009) reforçam que a manutenção moderna deixou de ser apenas reparadora e passou a atuar de forma gerencial, visando disponibilidade e confiabilidade. Para Borna (1995), confiabilidade também tem impacto econômico, pois falhas geram custos diretos e indiretos. A ABNT NBR 5462 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994) define confiabilidade como a probabilidade de um equipamento executar sua função dentro de um intervalo de tempo específico.

No beneficiamento de café, equipamentos como elevadores são críticos para o fluxo de produção, e sua indisponibilidade gera atrasos e perdas operacionais.

2.2 Evolução das práticas de manutenção (resumo)

Inicialmente predominava a manutenção corretiva, onde ações só ocorriam após a falha, gerando paradas inesperadas e elevado custo (Campos, 2004). A manutenção preventiva trouxe inspeções periódicas e trocas programadas, mas pode gerar intervenções desnecessárias (Kardek; Nascif, 2009). A manutenção preditiva surgiu monitorando a condição real dos ativos para prever falhas e agir no momento ideal (Carpinetti, 2010). Na sequência, a manutenção proativa busca eliminar a causa raiz das falhas, com foco na melhoria contínua (Werkema, 1995).

2.3 Confiabilidade centrada em risco e transformação digital (resumo)

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), de Moubray (1997), prioriza intervenções de acordo com o risco e a criticidade do equipamento. Ferramentas como FMEA e PFMEA auxiliam na identificação de modos de falha e definição de controles preventivos (Werkema, 1995). A Indústria 4.0 potencializou a manutenção preditiva por meio de sensores e análise de dados em tempo real. Segundo a Abramam (2023), empresas que adotam tecnologias digitais reduzem até 30% dos custos de manutenção e aumentam 20% da disponibilidade operacional.

2.4 Técnicas de manutenção preditiva

Análise de Vibração: Identifica desgaste, desalinhamentos e defeitos em elementos rotativos por meio do monitoramento de padrões de vibração (Carpinetti, 2010). Essencial para polias e mancais dos elevadores.

Análise de Lubrificação: Avalia propriedades físico-químicas do óleo para identificar desgaste interno e contaminação. É comparada a um “exame de sangue dos equipamentos” (Campos, 2004), reduzindo falhas em redutores e mancais.

Análise de Corrente (MCA): Permite diagnosticar falhas elétricas e mecânicas em motores sem parar a produção (Kardec; Nascif, 2013).

Termografia Infravermelha: Detecta sobreaquecimentos em motores, painéis e mancais, prevenindo falhas e aumentando a segurança operacional (Carpinetti, 2010).

2.5 Aplicação no beneficiamento de café

No beneficiamento, os elevadores conectam todas as etapas do processo. Quando falham, interrompem o fluxo, geram retrabalho e podem misturar lotes. Apesar da importância, são equipamentos que historicamente recebem manutenção apenas corretiva (Campos, 2004). A aplicação da manutenção preditiva nesses ativos contribui para maior confiabilidade, disponibilidade e competitividade no setor cafeeiro (ABIC, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo será realizado em uma empresa do setor de beneficiamento e exportação de café localizada no Sul de Minas Gerais. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois busca propor uma solução para um problema real do processo produtivo, e apresenta abordagem mista, combinando análise quantitativa de dados históricos de manutenção e análise qualitativa das informações coletadas junto aos colaboradores envolvidos no processo. Utiliza-se o método de estudo de caso, pois o objeto da investigação é específico (os elevadores responsáveis pela movimentação do café entre as etapas do beneficiamento) e há interação direta com o ambiente operacional. A pesquisa também apresenta elementos de pesquisa-ação, uma vez que o pesquisador participa das etapas de levantamento de informações, análise de falhas e elaboração da proposta de melhoria.

Inicialmente, será realizado o levantamento histórico dos registros de manutenção dos elevadores, incluindo ocorrências de paradas não programadas, intervenções corretivas e dados de disponibilidade. Esse levantamento permitirá compreender o comportamento dos equipamentos ao longo das safras anteriores, identificar períodos críticos e evidenciar o impacto operacional das falhas. Paralelamente, serão analisados indicadores já utilizados pela empresa para monitoramento de confiabilidade, como o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio de reparo (MTTR) e o índice de disponibilidade dos equipamentos.

Após o levantamento documental, o pesquisador acompanhará o processo produtivo durante a safra, com o objetivo de compreender o ciclo de funcionamento dos elevadores, o fluxo de operação e os pontos críticos do processo. Nessa etapa, não serão realizadas medições físicas, mas sim observações do processo e coleta de informações operacionais fornecidas pela equipe técnica.

Com base nas informações coletadas, será realizada a seleção das técnicas de manutenção preditiva mais adequadas ao tipo de equipamento e às falhas identificadas. Essa definição considerará a criticidade dos componentes, o histórico de falhas e o impacto das paradas no fluxo produtivo. As técnicas pré-selecionadas incluem análise de vibração, análise de lubrificação, termografia e análise de corrente elétrica (MCA), as quais serão organizadas em um plano estruturado de aplicação.

Em seguida, serão realizadas discussões técnicas com a equipe de manutenção e operação, com o objetivo de validar as informações levantadas, identificar possíveis causas associadas às falhas recorrentes e avaliar a viabilidade de implantação das técnicas propostas. A partir dessa etapa, serão definidas as ações preventivas e preditivas, bem como as responsabilidades e periodicidades das atividades.

Por fim, serão estabelecidos indicadores de acompanhamento para avaliação posterior da eficácia do plano, permitindo a comparação com o cenário atual. Entre os indicadores definidos estão: aumento do MTBF, redução do MTTR, diminuição das paradas não programadas e evolução da disponibilidade operacional.

Em seguida, serão realizadas discussões técnicas com a equipe de manutenção e operação, com o objetivo de validar as informações levantadas, identificar possíveis causas associadas às falhas recorrentes e avaliar a viabilidade de implantação das técnicas propostas. A partir dessa etapa, serão definidas as ações preventivas e preditivas, bem como as responsabilidades e periodicidades das atividades, garantindo aderência às rotinas e recursos disponíveis na empresa.

Por fim, serão estabelecidos indicadores de acompanhamento para avaliar o desempenho dos elevadores após a futura implementação do plano, permitindo a comparação com o cenário atual. Esses indicadores incluem o aumento do tempo médio entre falhas (MTBF), a redução do tempo médio de reparo (MTTR), a diminuição das paradas não programadas e a evolução da disponibilidade operacional dos equipamentos.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o desenvolvimento deste estudo proporcione uma compreensão clara do funcionamento dos elevadores utilizados no beneficiamento de café, permitindo identificar seus componentes mecânicos e eletromecânicos mais suscetíveis a falhas (objetivo específico a). Por meio da coleta e análise de dados operacionais reais (como horas de funcionamento, paradas, falhas, intervenções e registros de inspeção) deverá ser possível revelar o comportamento do equipamento em condições reais de operação (objetivo b), identificando tendências e padrões de indisponibilidade.

Com a aplicação das técnicas de manutenção preditiva selecionadas, como análise de vibração, inspeção sensorial, avaliação da lubrificação e análise elétrica do conjunto motriz, espera-se obter evidências que permitam avaliar sua capacidade de

prever ou antecipar falhas (objetivo específico c), bem como sua aplicabilidade prática na rotina operacional dos elevadores. Os resultados podem incluir cenários positivos (como aumento do MTBF (Mean Time Between Failures), redução do MTTR (Mean Time To Repair) e melhoria da disponibilidade operacional) ou cenários negativos, como limitações na coleta de dados, dificuldade de acesso aos componentes ou inviabilidade técnica de algum método.

Por fim, espera-se comparar a situação dos elevadores antes e depois da aplicação das técnicas preditivas, analisando ganhos ou limitações observadas, o que permitirá elaborar um diagnóstico técnico da eficácia da manutenção preditiva neste contexto industrial (objetivo específico d). Independentemente de os resultados indicarem melhorias significativas ou não, o estudo deverá fornecer subsídios concretos para tomada de decisão quanto à gestão de confiabilidade e planejamento de manutenção no processo de beneficiamento de café.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Relatório de benchmarking em manutenção e gestão de ativos – 2023**. Disponível em: <https://abraman.org.br>. Acesso em: 6 out. 2025.

ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Indicadores da indústria do café**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.abic.com.br>. Acesso em: 6 out. 2025.

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise do valor: engenharia de valor aplicada ao desenvolvimento de produtos**. Florianópolis: Editora UFSC, 1995.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2004.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

MOUBRAY, John. **Reliability-Centered Maintenance (RCM II)**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.
SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.