

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS-UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
ALOYSIO DE OLIVEIRA JUNIOR

**A IMPORTÂNCIA DO AVANÇO TECNOLÓGICO NA CAFEICULTURA E A
OTIMIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

Varginha
2014

ALOYSIO DE OLIVEIRA JUNIOR

**A IMPORTÂNCIA DO AVANÇO TECNOLÓGICO NA CAFEICULTURA E A
OTIMIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Me. Alexandre de Oliveira Lopes

**Varginha
2014**

ALOYSIO DE OLIVEIRA JUNIOR

**A IMPORTÂNCIA DO AVANÇO TECNOLÓGICO NA CAFEICULTURA E A
OTIMIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica
do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG,
como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel
pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos os cafeicultores que acreditam no futuro do setor e a todos que sempre me apoiaram, em especial, meus pais, familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, aos meus professores que me deram o suporte necessário, minha família que sempre me apoio e a todos os colegas de faculdade que contribuíram na construção deste trabalho.

“Onde há uma vontade forte, não pode haver grandes dificuldades.”

Nicolau Maquiavel

RESUMO

A lavoura cafeeira no Brasil até a década de 1970 era quase toda cultivada de forma manual, com o uso de muita mão de obra, na execução dos tratos e na colheita. Com o passar dos anos houve grande renovação das lavouras, buscando se adequar as novas tendências de modernização. Nos dias atuais, mecanizar a cafeicultura, como o resto de toda a agricultura, significa o principal fator para se tornar competitiva a atividade no campo, visto que a mão de obra vem se tornando cada vez mais escassa, mais cara e com menor rendimento. O uso do maquinário adequado garante que o agricultor realize as operações no tempo certo, pelo maior rendimento, com serviços menos árduos. Porém, existem fatores que limitam a mecanização em alta escala, podendo citar como de maior importância, a topografia das regiões, que obrigam o produtor ao uso de sistemas semi-mecanizados. No entanto, mecanizar não significa simplesmente comprar máquinas, é preciso combinar máquinas certas com planejamento estratégico de manutenção, onde se garanta o perfeito funcionamento dos componentes a fim de aproveitar o máximo do equipamento evitando perdas com máquinas paradas. A engenharia possui um papel muito importante na cafeicultura, pois utilizando ferramentas adequadas contribui no maior aproveitamento dos recursos, garantindo um perfeito funcionamento dos equipamentos, contribuindo diretamente na sobrevivência do setor. O objetivo do trabalho é demonstrar a importância do avanço tecnológico na cafeicultura e a otimização dos métodos de manutenção. Podem ser citadas algumas ferramentas que sendo bem aplicadas, podem auxiliar na otimização dos processos de manutenção, como FMEA (Análise do Modo e Efeito de Falha), MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), RCFA (Análise da causa Raiz da Falha) e RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade).

Palavras-Chave: Cafeicultura. Máquinas. Manutenção

ABSTRACT

The coffee crop in Brazil until the 1970s was all class cultivated by hand, using a lot of manpower, implementation of treatment and harvest. Over the years there have been major renovation of crops, seeking to adapt new trends of modernization. Nowadays, mechanizing coffee, like the rest of all agriculture, means the main factor to become competitive activity in the field, since the workforce is becoming increasingly scarce, more expensive and less performing. The use of appropriate machinery ensures that the farmer carries out operations at the right time, at higher yield with less arduous services. However, there are factors that limit large-scale mechanization, may cite as most important, the topography of the regions, which require the producer to the use of semi-mechanized systems. However, mechanize does not mean just buying machines, you need to combine certain machines with strategic planning of maintenance, where it ensures the perfect functioning of the components in order to make the most of the equipment avoiding losses with stops machines. Engineering has a very important role in coffee production because using proper tools helps in better utilization of resources, ensuring a perfect operation of equipment, contributing directly to the survival of the industry. May be mentioned that some tools are well implemented, can help in the optimization of maintenance processes such as FMEA (Analysis of Failure Mode and Effect), MASP (Method of Analysis and Troubleshooting), RCFA (Root Cause Analysis of Failure) and RCM (Reliability Centered Maintenance).

Keywords: Coffee Culture. Machines. maintenance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 Primeira colheitadeira.....	14
Figura 02 Lavoura de montanha.....	20
Figura 03 Colheitadeira portátil.....	21
Figura 04 Colheitadeira.....	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Critérios para determinação do NPR.....	27
Quadro 02 – Exemplo de aplicação do FMEA.....	28
Quadro 03 – Método dos Cinco Porquês.....	29
Quadro 04 – Etapas para realização do MASP.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MECANIZAÇÃO CAFEIEIRA	12
2.1 O início das adequações à mecanização.....	12
2.2 A mecanização e a colheita	12
2.2.1 História de Shunji Nishimura, fundador da Jacto	13
2.2.2 Lançamento da primeira colheitadeira de café.....	14
3 FATORES QUE IMPULSIONARÃO A MECANIZAÇÃO.....	15
3.1 Disponibilidade	15
3.2 Custos.....	15
4 DADOS RECENTES DO BRASIL.....	17
4.1 Mercado.....	17
4.2 Emprego	17
4.3 Números.....	17
4.4 Questões ambientais	18
5 GARGALOS DA CAFEICULTURA	19
5.1 Mão de obra	19
5.2 Topografia	19
5.2.1 Sistemas semi-mecanizados	20
6 ESTRATEGIAS COMPETITIVAS	22
6.1 Modernização.....	22
6.1.1 Necessidades	23
7 MANUTENÇÃO.....	24
7.1 A importância da manutenção	24
7.2 A evolução da Manutenção.....	24
7.3 Tipos de Manutenção	25
7.3.1. Manutenção Corretiva.....	26
7.3.2. Manutenção Preventiva	26
7.3.3. Manutenção Preditiva.....	26
7.4 Métodos de Análise de Falhas.....	26
7.4.1 FMEA.....	26
7.4.2 RCFA	28
7.4.3 MASP.....	29
7.4.4 RCM.....	30
8 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais motivos no qual a produção de alimentos cresce a cada ano, são basicamente o melhoramento genético das plantas e os aperfeiçoamentos das operações relacionados ao cultivo agrícola. As operações antigamente efetuadas manualmente estão sendo substituídas por máquinas capazes de realizar de maneira mais eficiente, o que incentiva o produtor a aumentar sua produção.

Na cafeicultura não é diferente, cada vez mais as operações manuais estão sendo substituídas por máquinas. Segundo Matiello, Almeida e Garcia (2013), nos dias atuais, mecanizar a cafeicultura, como o resto de toda a agricultura, significa o principal fator para tornar competitiva a atividade no campo, visto que a mão de obra vem se tornando cada vez mais escassa, mais cara e com menor rendimento, porém é importante ressaltar que a mecanização ainda não dispensa totalmente o uso de mão de obra manual, principalmente em sistemas semi-mecanizados como é o caso da cafeicultura de montanha que utilizam máquinas portáteis capazes de trabalhar em terrenos com alta declividade. Ou seja, a mecanização vem se adequando a várias situações e tem seu papel importante dentro da sociedade.

No entanto, mecanizar não significa simplesmente adquirir máquinas. É preciso combinar máquinas corretas, que apresente os menores investimentos, custos operacionais baixos e melhores condições de manutenibilidade.

Com o aumento da mecanização cafeeira com máquinas altamente tecnológicas, houve uma crescente demanda de assistência técnica capacitada, que na maioria das vezes estão sobrecarregados, principalmente em períodos de safra. Sendo assim, a aplicação de métodos de análise de falha deve ser aplicada, pois agiliza uma das principais etapas no processo de reparo; O diagnóstico do problema e sua causa raiz.

2 MECANIZAÇÃO CAFEIEIRA

Abaixo segue referencial teórico abordando os principais motivos que alavancaram a mecanização cafeeira, dados recentes do setor no Brasil e a importância da mecanização nos dias atuais.

2.1 O início das adequações à mecanização

Segundo Matiello, Almeida e Garcia (2013) até a década de 1970 a lavoura cafeeira no Brasil era que quase totalmente cultivada de maneira manual, sendo necessária muita mão-de-obra na execução dos serviços, principalmente na colheita. Naquela época, considerava-se que havia uma necessidade de trabalho anual de 100-130 homens/dia por hectare de área plantada, com isso, um trabalhador poderia cuidar de apenas cerca de dois hectares de lavoura.

Entre os anos de 1970 e 1990 foi constatada a ferrugem, temida doença no cafeeiro que motivou a adequação dos espaçamentos do plantio, a fim de facilitar as pulverizações de controle da doença. A partir de então, com a adequação da lavoura, que se começa o desenvolvimento da primeira colheita mecanizada de café.

2.2 A mecanização e a colheita

A mecanização agrícola aumentou a capacidade produtiva da mão- de-obra à medida que o trabalho manual foi sendo substituído por mecanismos que dispunham de fontes de potência superiores à humana.

Um homem pode gerar em média uma potência de 0,1 CV, o que corresponde a um décimo da potência de um animal de tração. Isso significa que um animal pode realizar o trabalho de 10 homens no mesmo intervalo de tempo. Comparando-se com a moto mecanização e prevalecendo a mesma relação nominal de potência, pode-se sugerir que um implemento acionado por um trator de 50 CV de potência poderia realizar o trabalho de 500 homens. Na prática, essa relação não se verifica, visto que a potência do motor não pode ser totalmente transmitida para o implemento, e o implemento não é capaz de transformar em trabalho útil toda potência que recebe. Mesmo assim, considerando-se a eficiência do sistema mecanizado de 40%, o que é possível, tem-se o trabalho equivalente de 200 homens. Essa comparação permite dar uma ideia de como a mecanização agrícola aumentou a capacidade

produtiva da mão-de-obra rural, em que um homem operando uma máquina agrícola pode realizar trabalho equivalente a 50, 100 e até 200 homens, contribuindo significativamente para o desenvolvimento do processo produtivo. Esses números têm sido constatados em campo. Na colheita do café, as colhedoras, em determinadas condições de trabalho, chegam a fazer em um dia de serviço, o equivalente a 250 homens.

A mecanização das operações agrícolas tem início com o preparo do solo, passando pelas operações de cultivo, semeadura, plantio, adubação e controle fitossanitários, alcançando finalmente as operações de colheita. Essa última se destaca por ser a mais complexa e a mais importante, do ponto de vista do cafeicultor, pois é por meio dela que ele tira sua produção do campo e obtém o retorno dos pesados investimentos feitos. Com o surgimento da industrialização em 1960 e com a escassez de mão-de-obra no meio rural a partir de 1970, a mecanização surge como alternativa para a execução das atividades rurais.

Um dos fatos marcantes foi o programa de desenvolvimento de uma colhedora mecânica, na Divisão de Engenharia Agrícola do Instituto Agrônômico de Campinas, que resultou, em 1975, no protótipo da colhedora K-1, construída pela Jacto S/A, projeto que evoluiu em 1979 para as colhedoras K-3, sendo essas as primeiras colhedoras de café construídas no País (SILVA; SALVADOR; SOUZA, 2000).

2.2.1 História de Shunji Nishimura, fundador da Jacto

Em busca de novas oportunidades, no ano de 1932, Shunji Nishimura recém-formado em técnico mecânico, decide ir para o Brasil incentivado pela ajuda nos custos na viagem. Após algumas semanas numa pensão de imigrantes em São Paulo, começou a trabalhar na colheita do café na fazenda Santa Maria, em Botucatu. Foi o primeiro contato de Nishimura com a cafeicultura Brasileira. Diante das dificuldades enfrentadas principalmente pelo seu pequeno porte, começam a surgir suas primeiras manifestações do gênio inventivo do mecânico, no entanto, como o trabalho era duro e o salário pequeno, Nishimura deixa a colheita de café em Botucatu/SP na intenção de buscar novas oportunidades e aperfeiçoar seu português. Após muitos anos de emprego e emprego, passando por muitas cidades brasileiras, Nishimura levado pelo destino, foi parar em Pompéia/SP, onde decide aplicar seus conhecimentos como técnico mecânico e monta uma pequena oficina, na intenção de desenvolver seus próprios projetos.

Sua primeira construção foi a de uma polvilhadeira de uso costal, de modo a facilitar a aplicação pelo operador. Com o sucesso do projeto, foi que em 1948 a pequena oficina se transformou em fabrica e surgiu a indústria Máquinas Agrícolas Jacto Ltda.(JACTO, 2014)

2.2.2 Lançamento da primeira colheitadeira de café

Com a evolução da fabrica de polvilhadeiras, e consequentemente o aumento dos recursos, Nishimura encontra possibilidade de inovar, e novamente se depara com a cafeicultura, cultura no qual foi seu primeiro emprego no Brasil.

Após seis anos de pesquisa e desenvolvimento, em 1979 a Jacto lança a primeira colheitadeira de café. Nishimura não sabia, mas acabava de dar inicio a uma trajetória que mudaria o mundo.

Figura 1. Primeira colheitadeira



Fonte: JACTO, 2014

3 FATORES QUE IMPULSIONARÃO A MECANIZAÇÃO

Dentre os inúmeros motivos que alavancaram a mecanização cafeeira podemos considerar de maior importância a disponibilidade que a mecanização proporciona nas operações e a redução de custos provenientes do alto rendimento dos equipamentos se comparados as operações realizadas manualmente.

3.1 Disponibilidade

Segundo Schuh(1971) a população rural cresceu numa taxa de 1,3% na década de 1950-1960, enquanto a população urbana cresceu 5,6%. O resultado é que, durante a década de 1950, o setor industrial não absorveu a mão-de-obra á medida que a força de trabalho crescia, e assim, o emprego cresceu mais depressa nos setores de baixa produtividade da agricultura. Como consequência dessa mudança setorial de emprego, a renda média das pessoas que trabalhavam na indústria cresceu mais depressa do que a das empregadas nos setores agrícolas. Com isso a diferença relativamente grande entre as rendas dos setores agrícolas e não agrícolas fez com que a migração para áreas urbanas acontecesse de maneira elevada, o trabalhador rural se muda para cidade na busca de maior remuneração e melhores condições de trabalho. Com isso a quantidade de trabalhadores disponíveis no campo, não atendia a crescente demanda de mão de obra proveniente do aumento de áreas plantadas, oque acarretou na indisponibilidade de mão de obra rural.

3.2 Custos

Na cafeicultura brasileira, a mecanização representa um fator de grande importância para a competitividade em termos de custo, chegando a ser um fator de extrema importância para o crescimento e sobrevivência do setor industrial cafeeiro.

Para se reduzir os custos, são necessárias implantações de novas técnicas administrativas, que atenda às condições de sustentabilidade impostas pelo mercado. Essas técnicas têm como fundamento o dimensionamento do sistema mecanizado, os estudos dos tempos e movimentos e o planejamento e controle de custos e produtividade. Elas são eficazes em momentos de menor concorrência, mas desprovidas de visão sistêmica. A adequação do

gerenciamento de sistemas mecanizados deve buscar, além de produtividade e custos, qualidade de operações agrícolas, motivação, segurança e saúde dos funcionários, preservação do ambiente e alinhamento estratégico (MILAN, 2004).

4 DADOS RECENTES DO BRASIL

A cafeicultura Brasileira é responsável por grande parte de geração de renda e emprego no País, movimentando bilhões a todo ano.

4.1 Mercado

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, e segundo maior consumidor, atualmente, conta um parque cafeeiro estimado em 2,311 milhões de hectares. São cerca de 290 mil produtores, predominando mini e pequenos, em aproximadamente 1.900 municípios, que, fazendo parte de associações e cooperativas, distribuem-se em 15 Estados: Acre, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rondônia e São Paulo. Com dimensões continentais, o país possui uma variedade de climas, relevos, altitudes e latitudes que permitem a produção de uma ampla gama de tipos e qualidades de cafés. (BRASIL, 2014)

4.2 Emprego

Atualmente a cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no país, proporcionando renda, acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias. Em algumas zonas cafeeiras, programas de inclusão digital capacitam jovens e adultos, ensinando noções básicas de computação e acesso à Internet. (BRASIL, 2014)

4.3 Números

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo maior consumidor do produto. A safra de 2013, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), foi de 49,15 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, dos quais 38,29 milhões da espécie Arábica e 10,86 milhões da espécie Conilon. A área plantada no País é de 2,311 milhões de hectares, nos quais foram contabilizados 5,67

bilhões de pés de café, e as exportações chegaram a 32,01 milhões de sacas, com faturamento de US 5,27 bilhões. (BRASIL, 2014)

4.4 Questões ambientais

A cafeicultura brasileira é uma das mais exigentes do mundo em relação a questões sociais e ambientais, havendo uma preocupação em garantir a produção de um café sustentável. A atividade cafeeira é desenvolvida com base em rígidas legislações trabalhistas e ambientais. São leis que respeitam a biodiversidade e todas as pessoas envolvidas na cafeicultura e pune rigorosamente qualquer tipo de trabalho escravo e/ou infantil nas lavouras. As leis brasileiras estão entre as mais rigorosas entre os países produtores de café.

Os produtores brasileiros preservam florestas e fauna nativa, controlam a erosão e protegem as fontes de água. A busca do equilíbrio ambiental entre flora, fauna e o café são constantes, e assegura a preservação de uma das maiores biodiversidades do mundo.

Ano a ano aumentam os investimentos em certificações, que promovem a preservação ambiental, melhores condições de vida para os trabalhadores, melhor aproveitamento das terras, além de técnicas gerenciais mais eficientes das propriedades, com uso racional de recursos. O volume expressivo de cafés sustentáveis produzidos anualmente e a alta qualidade e diversidade das safras brasileiras fazem do Brasil um fornecedor confiável e capaz de atender às necessidades dos compradores internacionais mais exigentes (BRASIL, 2014).

5 GARGALOS DA CAFEICULTURA

A cafeicultura é uma cultura que necessita de períodos certos na execução de suas tarefas, o período de colheita, por exemplo, é relativamente curto, pois para que se tenha um produto de alta qualidade, o fruto deve ser colhido em perfeita maturação, com isso a falta de mão de obra e a dificuldade de trabalho nas lavouras de montanha são de fato fatores que influenciam o resultado final.

5.1 Mão de obra

A escassez de mão de obra e o elevado preço cobrado pelos poucos trabalhadores rurais, são os principais problemas da região cafeeira. Essa carência de mão de obra básica no campo é sentida, principalmente, para as atividades temporárias, como a colheita. A cada ano que passa, o trabalhador recebe mais por dia de trabalho e mesmo assim, há dificuldade em atender à demanda, embora com os salários mais vantajosos. Segundo informações, com o aquecimento e crescimento das construções do setor civil, o setor cafeeiro tem encontrado muita dificuldade para conseguir trabalhadores.

Agricultores que realizam a colheita mecanizada, mesmo que diminua consideravelmente a demanda por mão de obra, a operação de repasse é realizada de maneira manual. Em casos extremos, com o preço do café em baixa, os agricultores preferem abandonar o produto de repasse no campo. As despesas de mão de obra podem representar 60% dos custos, não somente devido á escassez dos recursos humanos, mas também pelas maiores exigências trabalhistas (BRASIL, 2014).

5.2 Topografia

As lavouras de café localizadas em montanhas, como é o caso de Minas Gerais e Espírito Santo e que têm peso significativo na produção do país, são situações críticas de sobrevivência do setor, pois, a impossibilidade de total mecanização e o alto preço da mão de obra são fatores que impedem a rentabilidade do produtor, além do que, se observa que os valores da terra nessas áreas estão sendo depreciados.

Figura 2. Lavoura de montanha



Fonte: O autor

5.2.1 Sistemas semi-mecanizados

Nos últimos anos, têm sido introduzidas colheitadeiras portáteis, que são máquinas apropriadas para pequenos e médios produtores de café em regiões de declividade superior a 20%, que é o caso da cafeicultura de montanha. A máquina portátil é uma maneira de se otimizar o processo de colheita, em regiões com alta declividade, onde é impossível o acesso de máquinas grandes. A eficiência da colheitadeira portátil é grande, se comparado ao serviço realizado de forma manual.

Figura 3: Colheitadeira Portatil



Fonte: O autor

6 ESTRATEGIAS COMPETITIVAS

A cada ano que passa o mercado exige mais qualidade com custos menores, obrigando o produtor a inovar para permanecer atuante no mercado.

6.1 Modernização

Diante da realidade da cafeicultura brasileira, os produtores se sentem obrigados a partirem para a modernização, tendo que adotar os avanços tecnológicos disponíveis ou mudar de atividade.

A mecanização da colheita do café já é uma realidade e avança a cada ano. Os benefícios ficam cada vez mais evidentes e até os pequenos produtores estão começando a aderir ao sistema. A mecanização mantém um padrão de colheita, que faz com que ela seja mais uniforme e evite prejuízos.

Segundo a EMBRAPA (2014) a mão de obra representa 40% nos custos do café brasileiro, sendo premente o emprego de inovação tecnológica e revisão de tributos e encargos sociais para que consigamos manter nossa competitividade. São necessários investimentos no desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos com o objetivo de reduzir os gastos na produção, principalmente pelos encargos com mão de obra.

Figura 4. Colheitadeira



Fonte: JACTO, 2014

6.1.1 Necessidades

A cada ano que passa o mercado exige mais qualidade com custos menores, obrigando o produtor a inovar para permanecer atuante no mercado. O emprego de inovação tecnológica necessita de planejamentos de manutenção onde se obtenha um perfeito funcionamento dos equipamentos, reduzindo perdas com máquinas paradas.

7 MANUTENÇÃO

O termo manutenção pode ser definido como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa desempenhar uma função requerida.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.6).

A manutenção visa garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, custos adequados e ao mesmo tempo preservando o meio ambiente (PINTO; XAVIER, 2009, p.23).

7.1 A importância da manutenção

A manutenção da frota é outro fator de grande importância. Ela se relaciona com o custo da manutenção em si e da pontualidade, com a realização de atividades no período determinado e a qualidade (SOFFNER; MIALHE, 1994). O gerenciamento da manutenção deve contribuir para o gerenciamento da frota e tem como objetivo garantir a disponibilidade dos equipamentos, de modo a atender ao processo de produção com confiabilidade, segurança, preservação do ambiente e custo adequado (PINTO; XAVIER, 2001).

Para aprimorar a gestão da manutenção, um índice ponderado de excelência deve ser estabelecido com base no custo de manutenção e confiabilidade da frota e prazo de duração das quebras. Indicadores para a qualidade da manutenção são disponibilidade e confiabilidade.

7.2 A evolução da Manutenção

Segundo Kardec (2009, p. 3) a manutenção pode ser dividida em quatro gerações, a primeira geração se baseia no período antes da segunda guerra mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos simples e superdimensionados, onde a produtividade não era requisito de prioridade, e assim a manutenção se baseava em reparar os equipamentos quebrados.

A segunda geração entre os anos de 1950-1970, as pressões do período de pós guerra, aumentaram a demanda por todo tipo de produto, ao mesmo tempo em que o contingente de

mão de obra industrial diminuiu sensivelmente, em consequência disso houve um aumento da mecanização, bem como da complexidade dos equipamentos. Assim a busca por maior disponibilidade, confiabilidade, produtividade e bom funcionamento dos equipamentos resultou no conceito de manutenção preventiva.

Na década de 60 a manutenção preventiva se consistia em intervenções nos equipamentos feitas a intervalos fixos.

A terceira geração a partir da década de 70 a preocupação com a paralização da produção, aumentos dos custos, queda da qualidade dos produtos, e pela tendência mundial pelo processo *junt-in-time*, reforça o conceito de que era fundamental a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

A quarta geração é um complemento da terceira, reforçando a ideia de que confiabilidade, disponibilidade é um fator constante busca pela manutenção, que tem como desafio a minimização das falhas prematuras. A prática de análise de falhas é implantada nas empresas como ferramenta capaz de melhorar o desempenho dos equipamentos, com o objetivo de intervir cada vez menos. As práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condição de equipamentos e do processo são cada vez mais utilizados. Em consequência, há uma tendência de redução na aplicação da manutenção preventiva ou programada, desde que ela promove a paralização dos equipamentos e sistemas impactando negativamente a produção.

7.3 Tipos de Manutenção

Existe uma grande variedade de denominações para classificar a atuação da manutenção. Muitas vezes, isto provoca certa confusão na caracterização dos tipos de manutenção. Por isso, é importante uma caracterização mais objetiva, desde que, independente das denominações, todos os tipos de manutenção se encaixem em um dos seis tipos principais citados abaixo:

- a) Manutenção Corretiva Não Planejada;
- b) Manutenção Corretiva Planejada;
- c) Manutenção Preventiva;
- d) Manutenção Preditiva;
- e) Manutenção Detectiva;
- f) Engenharia de Manutenção (PINTO; XAVIER, 2009, p.37).

7.3.1. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é aquela “efetuada após a ocorrência de uma pane e destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.” (ABNT, 1994, p.7).

7.3.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é aquela “efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.7).

7.3.3. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é a que “permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.7).

7.4 Métodos de Análise de Falhas

Segundo Xavier (2009, p. 9), as técnicas de análise de falhas mais utilizadas são:

- a) FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*): Análise do Modo e Efeito da Falha;
- b) RCFA (*Root Cause Failure Analysis*): Análise da Causa Raiz da Falha;
- c) MASP: Método de Análise e Solução de Problemas;
- d) RCM (*Reliability Centered Maintenance*): Manutenção Centrada na Confiabilidade (que é também conhecida pela sigla em português MCC e trata-se de uma metodologia que abrange outros aspectos da manutenção, além da análise de falhas).

7.4.1 FMEA

O FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais, de sistemas,

projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente. (STAMATIS, 2003 apud LEAL et al, 2006, p. 3).

Através do FMEA, as falhas potenciais de uma máquina são hierarquizadas e são fornecidas ações preventivas. Alguns dos conceitos necessários para a análise são:

- a) Causa: meio pelo qual um elemento resulta em falha;
- b) Efeito: consequência indesejada de uma falha;
- c) Modos de falha: maneiras possíveis de a máquina falhar;
- d) Frequência (F): probabilidade de ocorrência da falha;
- e) Gravidade (G) ou Severidade: indica como a falha afeta o usuário ou cliente;
- f) Detectabilidade (D): indica o grau de facilidade de detecção da falha;
- g) Número de Prioridade de Risco (NPR): resultado do produto matemático da Frequência, Gravidade e Detectabilidade. Esse índice indica a prioridade da falha (PINTO; XAVIER, 2012, p. 145-146).

Para determinar os valores para frequência, gravidade e detectabilidade para compor o NPR, existem algumas recomendações, como as mostradas no quadro a seguir:

Quadro 1 – Critérios para determinação do NPR

Componente do NPR	Classificação	Peso
Frequência - F	Improvável	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade – G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Detectabilidade – D	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito Pequena	9
	Improvável	10

NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito Alto	200 a 1000

Fonte: (PINTO; XAVIER, 2012, p. 147).

De acordo com Fernandes (2005), os principais passos para a execução de um FMEA são os seguintes:

- Identificar modos de falha conhecidos e potenciais;
- Identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua gravidade;
- Identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência (frequência) de falhas relacionadas a cada causa;
- Identificar o meio de detecção no caso da ocorrência do modo de falha e sua respectiva probabilidade de detecção (detectabilidade);
- Avaliar o potencial de risco de cada modo de falha (calcular NPR) e definir medidas de eliminação ou redução do risco das falhas críticas.

O quadro a seguir mostra um exemplo de aplicação do FMEA conforme os passos citados anteriormente:

Quadro 2 – Exemplo de Aplicação do FMEA

Componente ou processo	Função	Possíveis Falhas							Ações de Melhoria	
		Modo	Efeito	Causa	Detecção	F	G	D		NPR
Sistema hidráulico colheitadeira	Transmitir Forças	Mangueira hidráulica rompida	Vazamento de óleo	Mangueira mal encaixada	Inspeção Visual	4	4	3	48	Treinar pessoal para troca /inspeção

Fonte: o autor.

7.4.2 RCFA

A Análise da Causa Raiz da Falha é um “método ordenado de buscar as causas dos problemas e determinar ações apropriadas para evitar sua reincidência”. É um exercício de investigação de causas. A metodologia da RCFA baseia-se no método de questionamento dos Cinco Porquês, que consiste basicamente em perguntar em torno de cinco vezes o porquê de o

problema ter acontecido e após encontrar a causa raiz, são propostas medidas para evitá-la. (PINTO; XAVIER, 2012, p. 150).

Abaixo está um exemplo de sua utilização:

Quadro 3 – Método dos Cinco Porquês

PROBLEMA	Grau de satisfação dos produtores em relação ao equipamento.
POR QUÊ?	Porque o equipamento X apresentou quebra.
POR QUÊ?	Porque não foi feita manutenção preventiva.
POR QUÊ?	Porque não tinha previsão de intervenção.
POR QUÊ?	Porque não foi feito um sistema de controle dos equipamentos.
POR QUÊ?	Porque uma nova tecnologia foi utilizada e os operadores não receberam o devido treinamento.
AÇÃO	Providenciar treinamento.

Fonte: (SCHOTS, 2010, p. 18-19).

7.4.3 MASP

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é um “processo de melhoria que apresenta oito etapas, sendo que cada uma delas contribui para a identificação dos problemas e a elaboração de ações corretivas e preventivas para eliminá-los ou minimizá-los.” (BASTIANI, 2012).

O quadro a seguir apresenta as etapas utilizadas para realização do MASP:

Quadro 4 – Etapas para realização do MASP

ETAPA	DESCRIÇÃO
ETAPA 1 – IDENTIFICAÇÃO	Escolha do problema
	Levantar histórico do problema
	Mostrar perdas atuais e possíveis ganhos
	Fazer análise de pareto
	Nomear responsáveis
ETAPA 2 – OBSERVAÇÃO	Coletar dados e observar o local
	Estabelecer metas e cronograma e orçamentos
ETAPA 3 – ANÁLISE	Definir causas influentes

	Escolher causas mais prováveis
	Analisar causas mais prováveis
ETAPA 4 - PLANO DE AÇÃO	Elaborar estratégia de ação
	Elaborar plano de ação
ETAPA 5 – AÇÕES	Treinar equipe
	Executar ações
ETAPA 6 – VERIFICAÇÃO	Comparar resultados
	Listar efeitos secundários
	Verificar continuidade ou não do problema
ETAPA 7 – PADRONIZAÇÃO	Elaborar ou alterar padrão
	Comunicar
	Treinar e educar
ETAPA 8 – CONCLUSÃO	Acompanhar utilização do padrão
	Relacionar problemas remanescentes
	Planejar ataque aos problemas remanescentes
	Refletir

Fonte: (BASTIANI, 2012).

7.4.4 RCM

A Manutenção Centrada na Confiabilidade é uma metodologia utilizada para assegurar que quaisquer componentes de um ativo ou um sistema operacional mantenham suas funções, sua condição de uso com segurança, qualidade, economia e ainda que seu desempenho não degrade o meio ambiente. (PEREIRA, 2011, p. 110).

A abordagem clássica da RCM inclui:

- a) Seleção do sistema;
- b) Definição de sua função e os padrões de seu desempenho;
- c) Determinação das falhas funcionais;
- d) Análise dos modos e efeitos das falhas;
- e) Determinação de ações para prevenção das falhas (PINTO; XAVIER, p. 158).

De acordo com Pereira (2011, p. 110), esta metodologia engloba não só a análise de falhas, mas também indica diretamente modificações no processo de manutenção como a redução de manutenção preventiva por meio de tarefas que atuem apenas nos pontos críticos do equipamento e prevendo a substituição de componentes antes da falha, garantia de

utilização do equipamento a custos mínimos e política geral de redução de por meio da análise detalhada de todo o processo de manutenção. Esta metodologia não substitui o enfoque da manutenção tradicional (preventiva, preditiva, reformas, etc.), porém é mais uma ferramenta para auxiliar a gestão.

8 CONCLUSÃO

A cafeicultura Brasileira é responsável pela geração de emprego, renda e oportunidades, no entanto, com a falta de mão de obra braçal, o aumento das áreas de produção e a necessidade da redução de custos, as operações estão sendo substituídas por máquinas capazes de realizar as mesmas tarefas de maneira mais rápida, precisa, eficiente, econômica e em menor tempo.

Desta forma, a mecanização tem um papel muito importante na cultura do café, sendo utilizada em diversas condições, sendo máquinas grandes e robustas ou pequenas e portáteis, tornando o produtor mais competitivo no mercado e possibilitando a execução das atividades no período programado.

No entanto, não basta apenas adquirir máquinas, é necessário efetuar a manutenção correta, analisando suas falhas de maneira simples e objetiva, proporcionando rapidez e eficiência nos reparos, podendo assim concluir as atividades no qual foi designada no período e custos programados.

REFERÊNCIAS

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

BASTIANI, Jeison Arenhart. **MASP (Método De Análise E Solução De Problemas) – Parte 1**. 2012. Disponível em: <<http://www.blogdaqualidade.com.br/masp-metodo-de-analise-e-solucao-de-problemas-parte-1/>>. Acesso em: 18 junho 2014

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, 2013. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 maio 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Café no Brasil**, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 23 maio 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Crescimento da cafeicultura brasileira está embasado no emprego de tecnologias**, 2013. Disponível em: <<http://www.sapc.embrapa.br>>. Acesso em: 27 maio 2014.

FERNANDES, José Márcio Ramos. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA**, 2005. Disponível em: <<http://www.produtronica.pucpr.br/sip/conteudo/dissertacoes/pdf/JoseFernandes.pdf>>. Acesso em: 20 junho 2014.

JACTO. **A historia da Jacto se confunde com a trajetória pessoal de seu fundador, Shunji Nishimura**, 2014. Disponível em: <<http://www.jacto.com.br> >. Acesso em: 24 abr. 2014.

LEAL, Fabiano et al. **Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey**. Revista Gestão Industrial, v. 2, n. 1, Ponta Grossa, 2006.

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. **Mecanização em cafezais**. Varginha, MG: Fundação Procafé, 2013.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas**. 2004. 100 f. Tese (Livre- -Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 256 p

PINTO, A.K.; XAVIER, J.A.N. **Manutenção: função estratégica**. 2.ed. Rio de Janeiro: Qualimark, 2001. 341

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012. 440 p.

SCHOTS, Natália Chaves Lessa. **Uma abordagem para a identificação de causas de problemas utilizando Grounded Theory**. 2010. Disponível em: <http://fenix3.ufrj.br/60/teses/coppe_m/NataliaChavesLessaSchots.pdf>. Acesso em: 20 junho 2014.

SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; SOUZA, T.P. **Café: Mecanização da Colheita**. Lavras: UFLA, 2000. 329p.

SOFFNER, R. K.; MIALHE, L. G. **Avaliação da confiabilidade de tratores agrícolas**. Engenharia Rural, Piracicaba, v.5, n.1, p.54-65, 1994.

SSHUH; G. Edward. **Pesquisa sobre desenvolvimento agrícola no Brasil**. São Paulo: Atlas, 1971. 228 p.