



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 19, n. 10, art. 15, p. 296-323, out. 2022

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2022.19.10.15>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



MIAR



Determinação do Índice de Efetividade Global do Equipamento de uma Prensa Horizontal

Determination of the Overall Equipment Effectiveness Index of a Horizontal Press

Syntia Lemos Cotrim

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá-UEM

Professora da Universidade Estadual de Maringá

E-mail: slcotrim2@uem.br

Hugo Luis Rosa Mezuraro

Especialista em Gestão da Produção pela Universidade Estadual de Maringá- UEM

E-mail: hugomezu@hotmail.com

Danilo Hisano Barbosa

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo – USP

Professor da Universidade Estadual de Maringá

E-mail: dhbarbosa@uem.br

Gislaine Camila Lapasini Leal

Doutora em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Federal do Paraná – UFPR

Professora da Universidade Estadual de Maringá

E-mail: gclleal@uem.br

Endereço: Syntia Lemos Cotrim

Av. Colombo, 5790 - Jd. Universitário, CEP 87020-900 - Maringá - PR – BR, Brasil.

Endereço: Victor Antunes Leocádio

Av. Colombo, 5790 - Jd. Universitário, CEP 87020-900 - Maringá - PR – BR, Brasil.

Endereço: Danilo Hisano Barbosa

Av. Colombo, 5790 - Jd. Universitário, CEP 87020-900 - Maringá - PR – BR, Brasil.

Endereço: Gislaine Camila Lapasini Leal

Av. Colombo, 5790 - Jd. Universitário, CEP 87020-900 - Maringá - PR – BR, Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar

Rodrigues

Artigo recebido em 27/05/2022. Última versão recebida em 15/06/2022. Aprovado em 16/06/2022.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

A correta gestão dos ativos industriais é de grande importância para a competitividade no mercado, principalmente quando se trata da disponibilidade desses recursos. Seguindo essa premissa, o presente trabalho consiste na avaliação da disponibilidade refletida pela Efetividade Global do Equipamento (OEE) de uma prensa horizontal em uma indústria metal mecânica fornecedora de peças de reposição para o mercado de implementos agrícolas e rodoviários. Para apoiar a formulação do OEE, faz-se uma revisão do Sistema Toyota de Produção (STP) para se entender o conceito de desperdício no chão de fábrica. Para a análise dos dados históricos da prensa, considerou-se duas ferramentas da qualidade: Diagrama de Pareto e Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa), utilizados como direcionadores para elaboração de um plano de manutenção baseada na Manutenção Produtiva Total (MPT). A condução do trabalho levou à obtenção de um incremento de cerca de 30% no indicador OEE, refletindo os ganhos obtidos principalmente na Performance e na Disponibilidade do equipamento.

Palavras-chave: Disponibilidade. OEE. Indústria Metal Mecânica. STP. MPT.

ABSTRACT

The correct management of industrial assets is of great importance for market competitiveness, especially when it comes to the availability of these resources. Following this premise, the present work consists of assessing the availability reflected by the Overall Equipment Effectiveness (OEE), of a horizontal press in a metal mechanical industry that supplies spare parts for the agricultural and road implements market. To support the formulation of the OEE, a review of the Toyota Production System (TPS) is carried out to understand the concept of waste on the factory floor. For the analysis of the historical data of the press, two quality tools were considered: Pareto Diagram and Cause and Effect Diagram (Ishikawa Diagram), used as guidelines for the elaboration of a maintenance plan based on Total Productive Maintenance (TPM). Conducting the work led to an increase of about 30% in the OEE indicator, reflecting the gains obtained mainly in the Performance and Availability of the equipment.

Keywords: Availability. OEE. Metal Mechanical Industry. TPS. TPM.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil figura como uma das mais importantes e promissoras atividades econômicas. Em 2019, a soma das riquezas produzidas pelo agronegócio no país representou 21,4% do PIB (Produto Interno Bruto) ou 1,55 trilhão de reais, segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da USP em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (CEPEA/ USP, 2020).

A produção de grãos no Brasil confirmou um recorde na safra 2019/20 com 253,7 milhões de toneladas, um crescimento de aproximadamente 6,5% em relação à última safra, com destaque para o milho e a soja (MAPA, 2020). Ainda conforme MAPA (2020), frente ao cenário político econômico, no mês de julho de 2020 o agronegócio representou 51,2% das exportações brasileiras, tendo a China como um dos principais responsáveis pelo aumento das exportações.

Para acompanhar e dar suporte a esse setor, constata-se o investimento cada vez maior em tecnologias envolvendo tanto o desenvolvimento e aperfeiçoamento de insumos quanto de maquinários, conferindo ao campo mais tecnologia, segurança e melhores rendimentos.

Pela série histórica de máquinas agrícolas e rodoviárias por segmento da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), o acumulado total das vendas de máquinas agrícolas e rodoviárias nacionais e importadas no ano de 2019 foi de 43855 unidades e no ano de 2020 foi de 47077 unidades, representando um aumento de cerca de 7% (ANFAVEA, 2021). Logo, desenvolve-se no país todo um segmento industrial para suprir as necessidades de grandes fabricantes, por meio de fornecimento de peças, componentes e conjuntos, além de empresas destinadas ao mercado de reposição de peças agrícolas.

A expansão do agronegócio impõe sobre os seus fornecedores necessidades por processos industriais controlados e com alto nível de rendimento como forma de manter a competitividade no mercado, nesse sentido, o Sistema Toyota de Produção representa um marco para o desenvolvimento industrial, por buscar sempre a eliminação de desperdícios para se obter produtos de qualidade, a preços justos e lucros maximizados. Além disso, a necessidade por melhor aproveitamento dos recursos e uma produção mais eficiente fizeram surgir outras técnicas para gerir um ambiente fabril, como as voltadas à manutenção, a qual evoluiu em quatro estágios, sendo eles a manutenção corretiva, a preventiva, a preditiva que conta com o auxílio de técnicas de monitoramento e análise das condições do equipamento e, por fim, a manutenção produtiva total, conhecida pela sigla TPM (NAKAJIMA, 1988).

Assim como o Sistema Toyota de Produção busca a eliminação das perdas, de certa forma a Manutenção Produtiva Total, do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), também visa à eliminação de perdas, já que considera a falha do equipamento como um desperdício (NAKAJIMA, 1988) e um dos pilares da TPM é o Indicador de Efetividade Global do Equipamento (*Overall Equipment Effectiveness* – OEE) que auxilia no monitoramento do maquinário e a direcionar onde estão as perdas dentro de três variáveis: disponibilidade, performance e qualidade.

Segundo Nakajima (1988), o OEE ideal deve ser superior a 85%, com disponibilidade de 90%, performance de 95% e qualidade de 99%, caracterizando equipamentos de classe mundial. Já autores como Hansen (2006) destacam que o OEE entre 75% e 85% pode ser considerado como excelente e, entre 65% e 75% como aceitável. Já para Emerson (2002), nas primeiras medições, as empresas que trabalham com lotes podem encontrar um OEE entre 40% e 70% e para os processos contínuos esse valor varia entre 50% e 80%, porém as melhores práticas estipulam um valor superior a 90% para produção em lotes e 95% para processos contínuos.

Para Nakajima (1988) e Hansen (2006), indicadores menores, apesar de serem considerados muito ruins, podem representar um grande potencial para ganhos significativos na melhora dos equipamentos, quando implementada a manutenção produtiva total englobando com isso o OEE.

Os sistemas de gerenciamento podem contribuir para o aumento de eficiência e produtividade de uma indústria ao permitir um melhor uso dos recursos disponíveis e é justamente o aumento na produtividade uma das chaves para o Brasil voltar a competir nos mercados globais, como aponta o Mapa Estratégico da Indústria 2018-2020, elaborado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), uma vez que dados do Fórum Econômico Mundial mostram a queda do Brasil no ranking global de competitividade, ocupando a posição de número 48 entre 144 países no ano de 2013 e indo para a posição 80 entre 137 países em 2017 (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2020).

Inserida nesse contexto de uma indústria de pequeno porte, fornecedora de peças de reposição para implementos agrícolas e rodoviários, está a metalúrgica alvo do estudo, localizada na cidade de Maringá, no estado do Paraná, com alcance nacional, tem como principais clientes distribuidores de peças para implementos agrícolas e rodoviários e cooperativas agrícolas.

O objetivo geral da pesquisa consiste em aumentar a disponibilidade de uma prensa horizontal de dois estágios, utilizada na produção de Pino Quebra Dedo. Como objetivo

específico definir se há alguma relação entre os itens produzidos e as falhas geradas e dessa forma traçar estratégias de manutenção de modo a aumentar a disponibilidade do equipamento (prensa), além de se buscar indiretamente melhorias na qualidade dos produtos, visto que certas falhas comprometem a qualidade deles.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção Produtiva Total e o OEE

O Sistema Toyota de Produção rompeu paradigmas no chão de fábrica se firmando como uma filosofia voltada para o melhor aproveitamento dos recursos. Esse pensamento acabou por influenciar outras técnicas de gestão dos ativos industriais e, com a crescente mecanização e mesmo automação das fábricas, fez surgir a necessidade por manter os equipamentos operando em estado ideal, logo, quebras de equipamento e excessos de intervenções de manutenção passaram a ser vistas como desperdícios e técnicas de gestão de manutenção se desenvolveram, como a Manutenção Produtiva Total.

Entre os vários tipos de perdas que podem ser encontrados dentro de um ambiente fabril têm-se as perdas ligadas aos equipamentos e uma forma de representar essas perdas foi abordada em 1982 por Seiichi Nakajima no livro *TPM tenkai*, denominado de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou Efetividade Global dos Equipamentos. Sendo um dos principais pontos da Manutenção Produtiva Total, esse indicador é capaz de traduzir em números quão efetivo um equipamento está sendo ao produzir um determinado item (NAKAJIMA, 1988).

A Manutenção Produtiva Total se baseou principalmente em dois conceitos americanos: a manutenção preventiva e a política de zero defeitos, tendo como objetivo melhorar continuamente a disponibilidade e prevenir a degradação do equipamento para se atingir a máxima efetividade (HAMACHER, 1996). Aprofundando esses conceitos, a manutenção preventiva passou a incorporar a prevenção de manutenção e a manutenibilidade. Além disso, zero defeitos passou a não ser mais voltada para detecção e sim para a prevenção de defeitos e, nesse sentido, Nakajima (1988) traz que a manutenção produtiva e zero defeitos são sistemas voltados para eliminar defeitos, uma vez que a falha de um equipamento pode ser considerada um defeito.

Para Nakajima (1988), a completa definição para Manutenção Produtiva Total inclui cinco conceitos: maximizar a eficácia do equipamento, ajudar a formular um programa de

manutenção para toda a vida útil do equipamento, promover a participação de vários departamentos e dos agentes dentro da fábrica, ou seja, tem alcance vertical e horizontal, tudo isso promovido pela motivação dos grupos de trabalho.

De acordo com Trombeta (2020), a metodologia do 5S, ou cinco sentidos, é a base para o TPM por estruturar o ambiente de trabalho para que possam, de maneira organizada, ser implementados os oito pilares da Manutenção Produtiva, sendo eles: melhoria focada, manutenção autônoma, manutenção planejada, treinamento e educação, controle, qualidade na manutenção, TPM administrativo e o pilar que engloba saúde, segurança e meio ambiente.

Além de manter os ativos em plenas condições de funcionamento, a Manutenção Produtiva Total contribui com a redução dos custos de manutenção por meio da redução das intervenções corretivas e preventivas e melhor planejamento das atividades da equipe de manutenção, focando seus esforços em atividades com maior valor agregado (COSTA JÚNIOR, 2008), além disso, para Hansen (2006) a operação efetiva de um negócio baseada em dados e formada por equipes multifuncionais é a maneira de se manter competitivo e garantir a sobrevivência no mercado.

Assim, a Efetividade Global do Equipamento (OEE) torna-se um dos alicerces da Manutenção Produtiva Total, pois ajuda a eliminar as seis grandes perdas relatadas por Nakajima, as quais são divididas em três classes: baixo tempo (relacionada à disponibilidade), perda de velocidade (relacionada à performance) e defeito (referente à qualidade). Para baixo tempo, destacam-se como perdas a falha do equipamento, setup e ajustes, para perda de velocidade tem-se velocidade reduzida, ociosidade e pequenas paradas e, por fim, em defeito têm-se as perdas por defeitos de processamento ou refugos (NAKAJIMA, 1988).

O OEE é o produto entre disponibilidade, performance e qualidade. Disponibilidade se refere ao tempo produzindo em relação ao tempo disponível para produção (VINCE OEE, 2020) que foi planejado na programação da produção, Equação 1. Problemas como quebras e setups podem reduzir o tempo efetivo utilizado para produzir um determinado item, caracterizando o tempo de equipamento parado. Vale ressaltar que as paradas programadas como manutenções preventivas, limpeza, treinamentos e descanso do operador não devem entrar no cálculo do índice (CHIARADIA, 2004).

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{\textit{Tempo Produzindo}}{\textit{Tempo Programado}} \times 100\% \quad (1)$$

Um equipamento ao ser projetado apresenta uma capacidade limite de produção, de modo a atender às necessidades de um processo. Sob determinadas condições ou

particularidades, essa capacidade pode ser reduzida e essa redução deve ser levada em conta na programação da produção. A performance é a relação entre a quantidade produzida e a quantidade teórica que o equipamento foi projetado para produzir, Equação 2 (VINCE OEE, 2020). Muitas vezes, paradas curtas para regulagens, variações nas propriedades de matérias-primas, ou até mesmo condições climáticas e desgaste do equipamento podem fazer com que haja perda de performance, ou seja, produção menor do que foi previamente planejada.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Quantidade Produzida}}{\text{Quantidade Teórica}} \times 100\% \quad (2)$$

O tempo de ciclo pode ser uma outra maneira de representar a performance, efetuando:

$$\text{Quantidade Teórica} = \frac{\text{Tempo Produzido}}{\text{Tempo de Ciclo Padrão}} \quad (3)$$

$$\text{Quantidade Produzida} = \frac{\text{Tempo Produzido}}{\text{Tempo de Ciclo Real}} \quad (4)$$

Ou seja,

$$\text{Performance} = \left(\frac{\text{Tempo de Ciclo Padrão}}{\text{Tempo de Ciclo Real}} \right) \times 100\% \quad (5)$$

A qualidade, por sua vez, é a relação entre a quantidade de itens produzidos dentro das especificações desde a primeira vez, ou seja, sem retrabalho ou reclassificação de qualidade como um produto de segunda linha, com a quantidade total de itens produzidos (itens conformes mais itens não conformes), Equação 6.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade Itens Conformes}}{\text{Quantidade Total}} \times 100\% \quad (6)$$

Logo, o OEE será o produto entre disponibilidade, performance e qualidade, Equação 7 (NAKAJIMA, 1988).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (7)$$

Como referência, um equipamento é dito de classe mundial quando o OEE é igual ou maior a 85% para processamento de lotes. Para Disponibilidade, o valor deve ser igual ou

maior a 90%, Performance igual ou maior a 95% e Qualidade igual ou maior a 99% e para processos de fluxo contínuo o OEE deve ser superior a 95% (HANSEN, 2006).

2.2 Ferramentas da Qualidade

Entre as ferramentas propostas por Ishikawa para identificar na base de dados os problemas e suas fontes, o diagrama de Pareto e o diagrama de Ishikawa (ou diagrama de causa e efeito) serão considerados para o desenvolvimento do presente trabalho.

O diagrama de Pareto é um conceito adaptado da economia em que oitenta por cento das riquezas estão concentradas nas mãos de vinte por cento dos clientes de um banco, conceito este estendido à qualidade por Joseph Juran, estabelecendo que poucas causas se referem à maior quantidade de defeitos encontrados na qualidade (SELEME e STADLER, 2012). O diagrama de Pareto mostra a informação por meio de uma descrição gráfica em que é possível visualizar os pontos que necessitam de maiores esforços de melhoria e como resultado obter maiores ganhos (ROTONDARO, 2002).

O diagrama de causa e efeito, conhecido também como Diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta utilizada no controle da qualidade que relaciona as possíveis causas, ou fatores, ao efeito que consiste nas características da qualidade. É uma ferramenta visual que usualmente trabalha com classes de causas como: material, método, meio ambiente, máquina, medida e mão de obra, ligada por meio de linhas ao efeito (característica da qualidade) (ISHIKAWA, 1976).

Hekmatpanah (2011) destaca que o diagrama de causa e efeito pode ser empregado em situações como análise de melhoria da qualidade e eliminação de não conformidades de produtos e serviços, melhoria do uso de recursos, redução de custos, padronização de operações e para educação e treinamento de pessoal.

O 5W2H é uma ferramenta simples para elaborar o plano de ação. Ele auxilia na tomada de decisão sobre os pontos críticos para implantação de um plano de ação. Basicamente consiste em responder a cinco perguntas: *What* (O que), *Why* (Por que), *Who* (Quem), *Where* (Onde), *When* (Quando), *How* (Como), *How Much* (Quanto) (NAKAGAWA, 2020).

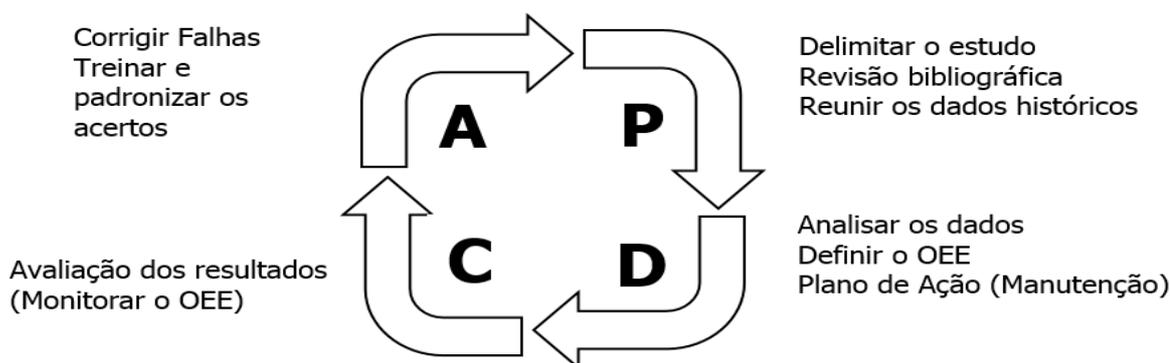
3 METODOLOGIA

Segundo Yin (2010), os principais procedimentos em pesquisas qualitativas consistem no experimento, pesquisa-ação, estudo de caso, levantamento, análise de arquivos e pesquisa histórica. O trabalho em questão consiste em um estudo de caso, sendo este uma estratégia particularmente apropriada para o teste e refinamento de teorias existentes e igualmente para o desenvolvimento de novas teorias e ideias (EISENHARDT; GRAEBNER, 2007). Para ampliar a validade da pesquisa, realizou-se o estudo de uma prensa horizontal destinada à fabricação da principal linha de produtos de uma indústria metal mecânica.

A pesquisa de natureza exploratória foi utilizada para o estudo dos conceitos e dos processos envolvidos na busca pela melhoria do aproveitamento do equipamento, o que foi traduzido pelo indicador OEE. Segundo Cervo e Bervian (2002), as pesquisas exploratórias envolvem levantamentos bibliográficos, entrevistas com os envolvidos em um determinado processo que possuem experiências práticas com o problema pesquisado e a análise de exemplos.

A estruturação do trabalho se deu em quatro etapas, seguindo o ciclo PDCA conforme Figura 1. Segundo FALCONI (2014), o PDCA é uma metodologia de melhoria contínua utilizada para a solução de problemas, contando com o envolvimento dos membros da organização para se determinar o Planejamento (*Plan*), Execução (*Do*), Checagem (*Check*) e a Ação (*Action*).

Figura 1 – Ciclo PDCA para o desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaborada pelos autores.

Planejar: A etapa planejar é dividida nas seguintes atividades:

- Delimitar o estudo: delimitar o equipamento e o intervalo de tempo dos dados disponíveis a serem estudados por conta da sua criticidade.

- Revisão bibliográfica: realizar o embasamento dos temas envolvidos, destacando o Sistema Toyota de Produção, Manutenção Produtiva Total, OEE e as ferramentas da qualidade: Diagrama de Pareto e de Causa-Efeito (Ishikawa);
- Reunir os dados históricos: reunir os dados disponíveis nos registros da produção referentes ao histórico de produção e manutenção do equipamento alvo;
Executar: A etapa executar é dividida nas seguintes atividades:
- Analisar os dados: organizar e tratar os dados coletados e aplicá-los nas ferramentas apresentadas (Diagrama causa-efeito, Pareto) de modo a se obter os pontos de desperdícios e as possíveis relações entre os itens processados e as falhas (*Lean*);
- Definir o OEE: aplicar os dados nas fórmulas para a determinação do indicador OEE atual do equipamento para cada item processado e compará-los;
- Plano de Ação: Planejar a manutenção: Desenvolver um plano de manutenção seguindo o princípio da TPM para as falhas críticas apontadas no gráfico de Pareto.

Checar: A etapa checar compreende:

- Avaliação dos resultados: avaliar o atingimento dos resultados desejados após a aplicação do plano de manutenção e monitorar o OEE.

Agir: A etapa agir é dividida nas seguintes atividades:

- Corrigir falhas: identificar novas oportunidades de melhorias no equipamento;
- Treinar e padronizar os acertos: treinar os colaboradores envolvidos quanto à aplicação do plano de manutenção e padronizar as melhorias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A indústria objeto deste estudo fornece peças de reposição para o segmento de implementos agrícolas e rodoviários, com destaque para a produção de parafusos, pinos, travas e pinos quebra dedo. Entre os itens produzidos, o Pino Quebra Dedo (PQD), (Figura 2), possui mais de 20 modelos diferentes e produção mensal correspondendo a cerca de 60% do total dos itens produzidos e, pela expressiva contribuição na cadeia produtiva da empresa, um projeto de melhoria para essa família de produtos pode trazer um ganho importante, além de servir como um projeto piloto para ser estendido aos demais itens.

Figura 2 – Pino Quebra Dedo modelo PQD 8-2

Fonte: Elaborada pelos autores.

A busca por melhor eficiência no chão de fábrica deve ser o objetivo de qualquer gestor e uma das formas de melhoria consiste em eliminar os desperdícios, os quais consomem de maneira não adequada os recursos disponíveis.

A linha de produção de PQD tem como característica a produção de altos volumes a altas taxas de repetibilidade podendo apresentar um potencial de ganho na eficiência. A fabricação desse item passa por algumas etapas como prensagem, rebarbação, furação e montagem, sendo a prensagem em uma prensa horizontal de dois estágios, denominada internamente de R13, a etapa mais crítica entre os processos envolvidos. Logo, para o presente trabalho, o objetivo geral foi o de aumentar a disponibilidade dessa prensa horizontal mediante análise do histórico de produção e manutenção que consta no banco de dados da empresa, estabelecendo o OEE como um indicador para monitorar e determinar os pontos de melhoria do equipamento.

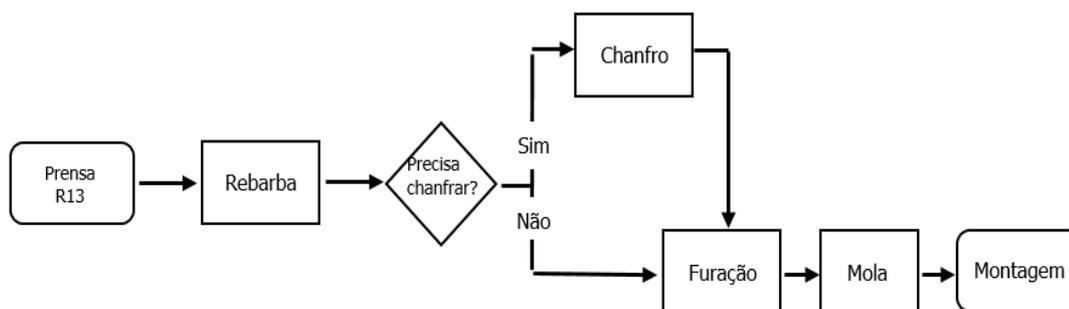
O sistema produtivo da indústria estudada apresenta a conformação de tarugos (barras) e arames como principal atividade para a obtenção das geometrias das peças fabricadas. Para os tarugos, o processo de fabricação utilizado é o forjamento a quente, devido à adição de calor para se reduzir os esforços mecânicos.

Por outro lado, quando se trabalha com bitolas menores e aços carbono de baixa dureza, pode-se conformar o material a frio, mesmo em matriz fechada, o que permite um acabamento superficial e tolerâncias geométricas e dimensionais geralmente melhores às obtidas no forjamento a quente e, por este motivo, os Pinos Quebra Dedo (PQD) são produzidos a partir da conformação a frio em duas etapas, em uma operação conhecida como recalque. O recalque consiste em um processo de conformação mecânica onde um tarugo do

material é comprimido, geralmente entre duas faces paralelas, sofrendo uma redução do comprimento em detrimento do aumento do diâmetro, podendo ser dividido em recalque a frio, sem adição de calor e recalque a quente, com adição de calor, além disso pode ser simples, com uma etapa de compressão; duplo, com duas etapas, e múltiplo com várias etapas (BATALHA, 2003).

A linha que produz os PQDs conta com prensas para o recalque da cabeça, prensas para retirada da rebarba, furadeiras, máquina de fabricação das molas e bancada de montagem das molas no pino conformado. O sequenciamento das operações se dá conforme o diagrama da Figura 3.

Figura 3 – Diagrama da produção de pino quebra dedo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A prensa em estudo apresenta uma produção média de 56,5 peças/minuto e é utilizada para o processamento de bitolas de arame entre 1/4 de polegada e 7/16 de polegada. Esse equipamento apresenta um setup que varia entre duas e três horas, mas alguns problemas recorrentes diminuem a disponibilidade da prensa, o que compromete por algumas vezes a produção.

Por se tratar de um equipamento puramente mecânico, de grande porte quando comparado às demais máquinas da fábrica, e, por ser adaptado para conformar arame na produção das peças, acaba-se apresentando uma série de fatores que podem impactar na sua disponibilidade e na qualidade. Pelo exposto, uma pesquisa exploratória contribuirá para a identificação desses fatores que comprometem o desempenho e servirá de base para o desenvolvimento de uma pesquisa descritiva pelo uso de dados.

Diariamente, o colaborador da R13 (prensa) registra em uma ficha as informações da produção como o item, a quantidade e a hora de início e fim, assim como as falhas são registradas em um campo específico onde é identificada a falha, o procedimento para a solução e o tempo decorrido. Esses dados são repassados para o PCP (Planejamento e

Controle da Produção) para serem analisados e arquivados, havendo então um histórico da produção, assim como da manutenção da R13 que compreende um período de quarenta e três meses. A análise dos dados, portanto, foi limitada entre 02 de maio de 2017 até 30 de abril de 2020, permitindo a comparação entre intervalos de tempo semelhantes, já que podem sofrer com sazonalidades, uma vez que alguns itens produzidos são destinados a equipamentos agrícolas utilizados em determinados plantios ou etapas de plantio, ou seja, sofrem influência do ciclo de cultivo no campo.

4.1 Diagnóstico

Uma análise preliminar dos dados, após estes serem reunidos em uma única planilha, revelou que havia algumas variações na forma de se referir aos mesmos problemas de manutenção, então, primeiramente foi necessário adequar os termos para permitir uma melhor interpretação.

Desde o setup até a alocação dos produtos acabados, segue-se um padrão executado pelo mesmo colaborador no período que compreende o registro das informações da produção, logo pode-se considerar que não há influência quanto ao método de operação por diferentes pessoas. A produção de um determinado item na prensa R13, envolvendo desde o setup até a obtenção do produto acabado, Figura 4, seguem as seguintes etapas: troca do conjunto de matriz para o diâmetro de arame a ser processado, carregamento do rolo de arame no desenrolador de arame, lubrificação do equipamento, inspeção visual da área de prensagem, ajuste do comprimento do pino e, por fim, a prensagem do pino e alocação nos respectivos caixotes que determinam o estoque intermediário.

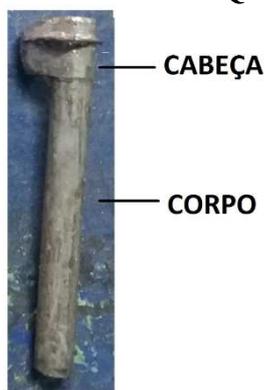
Vale ressaltar neste ponto que o produto acabado que sai da prensa consiste no pino conformado, seguindo as especificações e ainda com a rebarba na cabeça, sendo esse item com essas características considerado como produto intermediário para o sistema ERP e para a operação de rebarbação.

Regulagens na matriz, no bloco da prensa e no corte do material levam à produção de alguns itens não conformes até que seja obtido o produto dentro das especificações. Apesar de serem conhecidas as não conformidades que podem estar presentes na fabricação dos pinos quebra dedo, esses dados não eram coletados por conta da baixa quantidade de produtos não conformes quando comparados com o volume final produzido a cada lote, porém para o cálculo do OEE é necessário esse acompanhamento, já que reflete no indicador de Qualidade.

Definiram-se com o operador do equipamento alguns pontos críticos para a qualidade por meio da divisão do pino em duas regiões, cabeça e corpo, Figura 4, esses pontos críticos são:

1. Corpo: Comprimento livre: Comprimento entre a base da cabeça à extremidade do pino;
2. Cabeça: Conformação do material na matriz: concentricidade da cabeça com o corpo, preenchimento de toda a cabeça para atingir a geometria adequada e formação de rebarba.

Figura 4 – Partes do Pino Quebra Dedo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando um produto tem desvios nesses pontos críticos, caracteriza-se como não conforme. O comprimento livre é mandatório para a aplicação do pino pelo consumidor final. Já a rebarba não é crítica para o cliente externo. Pelo contrário, já que representa um excesso de material, porém é de fundamental importância para os demais processos internos, uma vez que a formação de rebarba é necessária para garantir a quantidade de material para a conformação da cabeça do pino, além disso ela deve possuir um tamanho mínimo para poder ser retirada na operação de rebarbação. Quanto à geometria da cabeça, além de interferir na estética do produto, pode comprometer na montagem da mola inviabilizando o uso.

Para se determinar a disponibilidade, deve-se considerar o período projetado para a operação do equipamento. O turno da produção é de 44 horas semanais e, para se adequar à base de dados, o tempo foi computado para o cálculo do OEE em minutos, uma vez que as informações coletadas também estão em minutos, logo o turno é equivalente a 528 minutos. O operador da prensa também é responsável pelo recebimento de matéria-prima como as barras e os arames. Em média, essa atividade corresponde a uma hora diária, já que envolve também a alocação desses materiais no estoque.

Dentro do período programado, há ainda a lubrificação da prensa com uma bomba manual, operação essa com tempo de quinze minutos e que deve ser realizada pela manhã na

primeira partida da prensa. Conforme a necessidade, durante a produção, a lubrificação ocorre com o equipamento em funcionamento apenas para garantir a presença de óleo na tubulação que leva aos pontos de lubrificação. Ao final da semana é reservado um período de trinta minutos para a limpeza do equipamento e do setor.

O intervalo interjornada previsto no artigo 71 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), parágrafo primeiro, ocorre no período da tarde e tem duração de 15 minutos para descanso. Conclui-se, portanto, que o período projetado para a operação é de 408 minutos, valor este obtido do turno descontados 120 minutos de tempo não programado.

De maneira geral, a produtividade média da prensa R13 é de 56,5 peças/min, representando cerca de 95% da produção prevista que é de 59,2 peças/min, esse valor médio pode alterar tanto para baixo quanto para cima, dependendo do diâmetro do arame processado e do comprimento do pino, da dureza do material e da falta de lubrificação, os quais podem comprometer a performance da prensa.

Logo, para o cálculo da performance, levou-se em consideração a maior produtividade que o equipamento obteve para cada produto ao longo da série histórica como sendo a quantidade teórica de funcionamento ideal.

Com base nas equações 1, 5, 6 e 7, calculou-se a disponibilidade, qualidade, performance e o OEE para cada dia em que cada item foi produzido dentro do período de dados coletados. A média desses indicadores está na Tabela 1.

Tabela 1 – Eficiência Global Média por classe de produtos

Produto	Disponibilidade %	Qualidade %	Performance%	OEE %
PQD 1/4" x 41	37,899	99,796	95,465	36,318
PQD 1/4" x 51	38,750	99,780	91,680	35,378
PQD 1/4" x 63	33,578	99,722	99,260	33,216
PQD 5/16" x 41	31,793	99,647	96,133	23,506
PQD 5/16" x 51	32,169	99,669	96,299	23,853
PQD 5/16" x 63	21,225	99,489	84,612	13,674
PQD 3/8" x 45	26,786	99,621	87,994	23,486
PQD 3/8" x 51	25,738	99,729	87,269	22,375
PQD 3/8" x 57	12,255	99,332	98,138	11,926
PQD 3/8" x 63	16,204	99,651	98,564	12,301
PQD 7/16" x 51	15,621	99,397	96,380	11,489
PQD 7/16" x 57	10,154	98,866	97,683	7,575
PQD 7/16" x 60	10,049	99,174	99,071	7,618

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se da Tabela 1 que a faixa de performance vai de 84,612% até 99,260% com média de 94,504% próximo do padrão global de 95%, a qualidade calculada até o momento

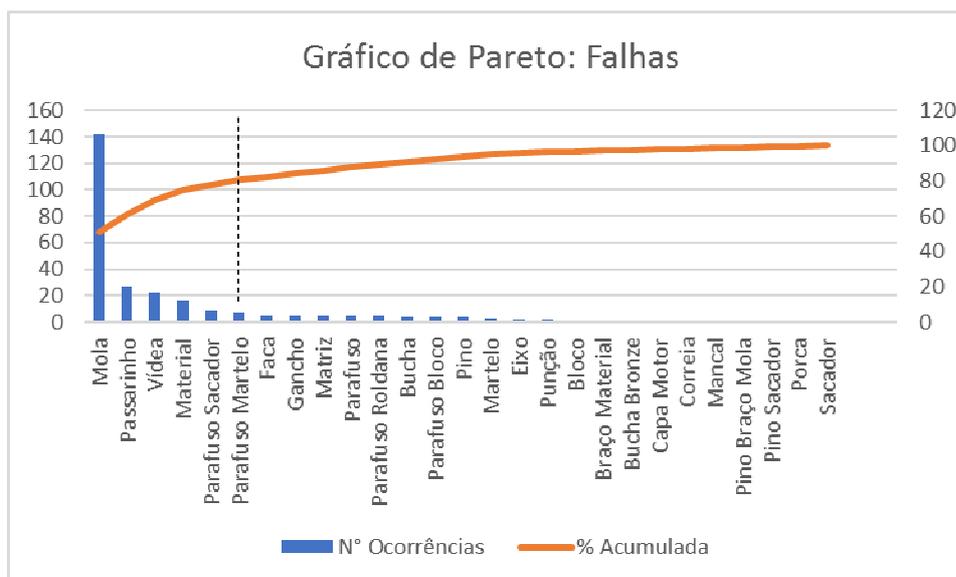
está acima do padrão global de 99% variando de 99,332% até 99,796%, porém a disponibilidade é o fator que mais impacta no indicador, ficando entre 10,049% até 38,750%.

Geralmente as medidas dos pinos entre 57mm e 63mm são as que possuem o menor volume de produção e pelo tamanho reduzido do lote constata-se uma maior performance, ou seja, a perda de rendimento é mínima, uma explicação para tal fenômeno pode ser pela menor quantidade de material no desenrolador de arame, havendo menor esforço da prensa para alimentar a zona de prensagem com matéria-prima. Por outro lado, a disponibilidade fica comprometida por demandarem muitas vezes ajustes corretivos por necessitarem de mais material para o corpo do pino.

Analisando-se o gráfico de Pareto das falhas registradas no período, Figura 5, as falhas críticas para o processo identificadas foram: mola, passarinho, vídea, material, parafuso do sacador e parafuso do martelo. O restante das falhas corresponde em sua grande maioria a elementos da estrutura do equipamento, mas, apesar de demandarem um tempo de reparo maior, suas ocorrências são muito inferiores às outras falhas citadas.

Na Tabela 2 há a relação das seis falhas apontadas pelo gráfico de Pareto que representam oitenta por cento do acumulado das ocorrências, com suas respectivas quantidades no período de dados avaliados, além de um paralelo com o tempo de parada registrado pelo operador e o que seria produzido, levando-se em conta a produtividade média de 56,50 peças/minuto.

Figura 5 – Gráfico de Pareto



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Ocorrência de falhas

Falha	Soma ocorrência	Tempo de parada (min)	Equivalente em peças produzidas
Mola	142	1450	81925
Passarinho	27	1102	62263
Vídea	22	1114	62941
Material	16	254	14351
Parafuso do sacador	9	482	27233
Parafuso do martelo	7	158	8927

Fonte: Elaborada pelos autores.

Somente com essas paradas o equivalente em produção, dentro do período considerado, seria de 257 640 peças, que não necessariamente deixaram de ser produzidas, porém ocorreram com atraso e esse atraso compromete a programação do PCP, acarretando na não entrega do produto ao cliente no prazo previsto. As principais falhas constantes no gráfico de Pareto estão distribuídas entre os itens produzidos na prensa R13 conforme consta na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição das falhas

Item/Falha	Mola	Passarinho	Vídea	Material	Paraf. Sacad.	Paraf. Mart.	Total Falhas	Acumulado tempo (min)
PQD1/4" x 41	9	0	2	2	0	1	14	247,49
PQD1/4" x 51	35	2	2	3	1	1	44	664,01
PQD1/4" x 63	2	0	2	0	0	0	4	121,70
PQD5/16"x4 1	3	0	0	0	0	0	3	30,63
PQD5/16"x5 1	12	1	1	1	3	1	19	413,10
PQD5/16"x6 3	0	0	0	0	1	0	1	53,56
PQD3/8" x 45	48	8	9	4	3	1	73	1519,07
PQD3/8" x 51	26	13	3	6	1	3	52	1164,43
PQD3/8" x 57	2	0	0	0	0	0	2	20,42
PQD3/8" x 63	1	1	1	0	0	0	3	101,66
PQD7/16"x5 1	1	1	2	0	0	0	4	152,30
PQD7/16"x5 7	1	1	0	0	0	0	2	51,02
PQD7/16"x6 0	2	0	0	0	0	0	2	20,42

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os itens de maior volume de produção, sendo eles PQD1/4"x41 e 51, PQD5/16"x41 e 51 e PQD3/8"x45 e 51, são os que apresentaram a maior concentração de falhas por justamente demandarem uma maior utilização do equipamento.

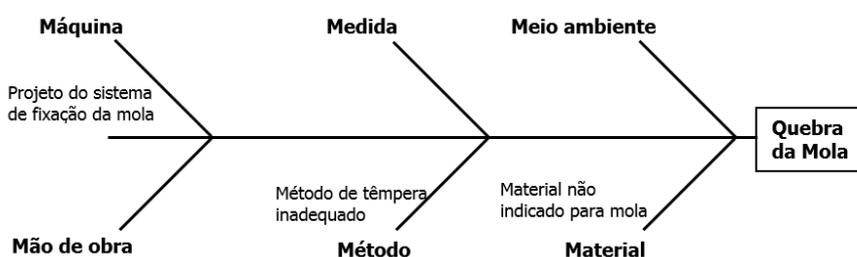
Os pinos fabricados com o arame na bitola de 3/8"(ou 9,525 mm) foram aqueles com maior número de incidência de falhas. As falhas de mola para esses pinos representaram 53,52% de todas as falhas do tipo mola registradas, ou seja, 76 ocorrências entre 142. Outro ponto importante foi o passarinho com cerca de 78% das ocorrências concentradas nessa bitola de arame. Seguido da bitola 3/8" estão os itens conformados no arame 1/4" (6,35 mm), em especial a falha mola para o PQD1/4"x51 com cerca de 25% das ocorrências.

As falhas identificadas no diagrama de Pareto foram estratificadas utilizando o diagrama de causa e efeito, com o objetivo de identificar as possíveis causas potenciais para serem a causa raiz de cada problema: Quebra da Mola, Passarinho, Vídea, Material e Quebra/Afrouxamento do Parafuso Sacador/Martelo. A Figura 6 apresenta um exemplo, destacando o diagrama de causa e efeito elaborado para a quebra da mola.

Mola: Mola de tração helicoidal de extensão adquirida de um fornecedor, montada em par em um arranjo paralelo para auxiliar no movimento do braço que conduz o material à zona de prensagem. Em média realiza 24 264 ciclos de carga e descarga (um ciclo está para um item produzido). Em um projeto mecânico, a fadiga para uma mola está na ordem de 100000 ciclos (NORTON, 2013), porém, analisando a mola, nota-se a fadiga do material no ponto em que há mudança da geometria da mola nas duas extremidades (gancho), mudança essa necessária para fixação da mola. A falha se dá pelo surgimento de uma trinca na região onde ocorre a concentração das tensões.

Quando há a falha de uma das molas, a segunda é levada ao escoamento, uma vez que passa a ter que suportar toda a carga. A média estabelecida para troca do par de molas é de 10 minutos e, considerando que no período foram efetuadas 144 trocas, têm-se 1440 minutos de parada de máquina ou, em termos de peças produzidas, o equivalente a 81360 pinos.

Figura 6 – Diagrama Ishikawa Quebra da mola



Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerações sobre as possíveis causas apontadas no diagrama de Ishikawa, Figura 6:

Material: Material não indicado para mola, provavelmente trata-se de um arame ATC (alto teor de carbono – SAE 1070), porém não sendo um aço mola.

Método: Método de fabricação da mola inadequado principalmente no tratamento térmico do material (têmpera).

Máquina: Particularidade do projeto da máquina que leva à característica de fixação da mola, sendo um ponto de concentração de tensão.

O Quadro 1 apresenta as possíveis causas para os demais problemas identificados.

Quadro 1 – Análise das Causas (continua)

Problema	Possíveis causas
<p>Passarinho: Peça que necessita de um ajuste fino a cada setup, pois é influenciada diretamente pelo material, logo variações dimensionais e no próprio alinhamento comprometem a função de posicionar o material cortado na frente da matriz para ser conformado. Geralmente os problemas são: material escapar do passarinho e posicionamento incorreto do material na área de prensagem.</p>	<p>Mão de obra: Treinamento do colaborador para correções na peça sem a necessidade do uso da equipe de manutenção, contribuindo para a redução do tempo de parada não programada da máquina.</p> <p>Material: Diferenças na torção e composição do material podem comprometer o alinhamento do mesmo e do passarinho.</p> <p>Máquina: Desgaste da peça (do suporte e do próprio passarinho).</p>
<p>Vídea: Peça responsável por dar forma à cabeça do pino prensado, por esse motivo está sujeita a grande esforço mecânico. Essa peça é fabricada na própria empresa com um aço de alta resistência mecânica a frio. A falha mais comum é o surgimento de trincas que levam à formação de marcas na superfície do material processado e a evolução dessas trincas provoca a quebra da peça.</p>	<p>Medida e Método: são complementares nesse caso, pois a falta de um método para o controle do tratamento térmico da peça, tratamento esse sendo têmpera e revenimento, leva a variações na dureza da peça, a qual deve possuir uma superfície endurecida para ser resistente ao desgaste, mas ao mesmo tempo tem que possuir um núcleo mais tenaz para absorver a carga transferida no processo de recalque da cabeça.</p> <p>Meio ambiente: contaminação da vídea por partículas como o aço do próprio material conformado e o proveniente do desgaste da superfície endurecida da vídea podem favorecer</p>

	o aparecimento de marcas superficiais na peça fabricada, ficando fora do padrão estabelecido para comercialização.
Material: O material utilizado é classificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como fio-máquina de aço-carbono de uso geral, laminado a quente e destinado à laminação e à trefilação a frio, devendo seguir a norma ABNT NBR 6330:2020 (ABNT, 2020). O principal problema enfrentado com o material está no fato de alguns lotes apresentarem emendas, interrompendo a continuidade do processo.	Material: Emendas e fora das especificações técnicas. Quando o material adquirido está próximo do limite superior da especificação (quanto ao diâmetro a tolerância é de 0,30 mm para mais ou para menos), há problemas quanto às interferências na matriz, comprometendo a conformação da peça. As emendas comprometem a continuidade do processo.

Quadro 1 – Análise das Causas (fim)

Problema	Possíveis causas
Parafuso do sacador e parafuso do martelo: responsáveis pela fixação de elementos cuja função é retirar o produto conformado de dentro da matriz, logo estão sobre alta demanda e carga. O próprio funcionamento do equipamento pode levar ao afrouxamento e consequente quebra desses parafusos, além do aperto com torque inadequado.	<p>Mão de obra: Falta de treinamento do operador para a instalação desses parafusos e checagem dos mesmos.</p> <p>Método: Falta de monitoramento dos parâmetros de fabricação desses parafusos, uma vez que alguns são feitos internamente.</p> <p>Medida: Falta de torquímetro para o correto aperto.</p> <p>Máquina: Folgas nos elementos que podem levar à vibração excessiva e consequentemente à soltura dos parafusos.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Plano de Ação

Para elaboração do plano de ação utilizou-se a ferramenta 5W1H, em que o How Much (Quanto), não é contemplado. Neste trabalho o “quanto” não foi avaliado, ficando

como trabalho futuro a ser alinhado com o setor financeiro para se avaliar os investimentos e os ganhos.

Entre os três fatores que compõem o OEE, a disponibilidade é o que apresenta as menores porcentagens, impactando significativamente no indicador. Uma alternativa é desenvolver uma manutenção preventiva com métodos bem definidos para melhorar o indicador de disponibilidade da prensa e, conseqüentemente, o OEE e fornecer treinamento para o operador realizar de maneira autônoma as manutenções mais frequentes.

Seguindo a ferramenta do 5W1H, o plano de ação para a mola está no Quadro 2, em relação ao projeto consiste em desenvolver uma solução que substitua a mola de tração por uma de compressão com mudança da posição do gancho na mola para que possa trabalhar em tração.

Destaca-se como principal ponto a inspeção visual da mola antes do funcionamento do equipamento. Verificar o pré-tensionamento do par de molas e, caso haja folga, reapertar a porca de fixação. Se constatado escoamento em alguma seção da mola ou da extremidade do gancho, realizar a troca da mola avariada.

Quando do rompimento ou escoamento da mola, desligar imediatamente o equipamento e realizar a troca do par.

Quadro 2 – Plano de ação para Mola

O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como
Tensão da mola	Pode ser indício de escoamento do material ou pré-carga inadequada	Operador	Braço da faca	Antes de iniciar a operação	Inspeção visual, aperto do parafuso tensionador
Projeto de uma nova mola	Reduzir a necessidade de intervenção da manutenção (trocas)	Projeto	Metalúrgica	Janeiro 2021	Projetar uma nova mola obedecendo aos requisitos: comprimento, rigidez e montagem.
Mola reserva	Reduzir o tempo de troca	Operador	Próximo ao equipamento	Quando a prensa estiver operando	Disponibilizar na bancada um par de molas com as chaves para troca

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 3 contém os principais pontos do plano de ação para o Passarinho. Destaca-se verificar visualmente o passarinho, bem como seu alinhamento antes do funcionamento da prensa R13 e verificar o aperto dos parafusos do conjunto do passarinho.

Uma vez por semana, desmontar o conjunto para inspeção mais detalhada de possível desgaste. Treinar o colaborador para realizar as atividades de inspeção.

Quadro 3 – Plano de ação para o Passarinho

O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como
Mão de obra	Realizar intervenções corretivas simples sem precisar acionar a manutenção	Operador da prensa e o responsável pela manutenção	Área de prensagem	Especialmente quando processado o arame 3/8"	Treinamento do operador para como proceder com ajustes finos da peça para se obter qualidade na conformação dos pinos
Desgaste	Dificulta o alinhamento do arame na matriz	Operador da prensa/manutenção	Passarinho	Uma vez por semana	Desmontar o conjunto para inspeção
Alinhamento	Interfere no posicionamento do material	Operador	Passarinho	Todos os dias, antes de iniciar a operação	Ligar a prensa e realizar o primeiro corte, em velocidade reduzida posicionar o material na matriz e verificar o alinhamento

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 4 está o plano de ação para a Vídea, reforçando a necessidade da inspeção visual para detecção de trincas e/ou resíduos na sua cavidade antes de iniciar a produção e o cuidado com a fabricação desse item.

Quando da fabricação de uma nova vídea, registrar os parâmetros de tratamento térmico (taxa de aquecimento e resfriamento), para criar um padrão que atenda às necessidades de resistência mecânica.

Quadro 4 – Plano de ação para a Vídea

O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como
Resíduos	Pode deixar marcas na região conformada	Operador	Vídea	Início da prensagem (todos os dias)	Inspeção visual, limpeza
Trincas	Compromete o acabamento da peça conformada, além de reduzir a vida útil do ferramental	Operador/ Manutenção	Vídea	Quando detectado a presença de trincas superficiais	Inspeção semanal e antes de cada setup, em especial para a medida 3/8"x45
Tratamento térmico (TT)	A falta de um padrão no TT leva a variações de dureza da peça, comprometendo a vida útil	Manutenção	Manutenção	Sempre que for fabricada uma nova peça (vídea)	Estabelecer um parâmetro para o TT
Peça reserva	Reduzir tempo de parada para substituição	Manutenção	Manutenção	Especialmente quando processar a medida 3/8"x45	Fabricar uma peça reserva para substituição

Fonte: Elaborado pelos autores.

Manter o fornecedor ciente dos problemas como divergências na dureza e torção e as emendas no material para que possa ser evitado, como consta no Quadro 5.

Quadro 5 – Plano de ação para Material

O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como
Emenda	Compromete a continuidade do processo	Operador	Material	Quando houver a emenda	Relatar na ficha da produção
Dureza	Compromete o corte e a conformação	Operador	Material	Quando notar desgaste excessivo da faca e sobrecarga na prensa	Relatar na ficha da produção
Dimensão	Pode inviabilizar a conformação	Operador	Material	Quando notar desvios na tolerância dimensional	Relatar na ficha da produção e trocar de material.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 6 contém o plano de ação para os parafusos do sacador e do martelo, resumindo basicamente na necessidade de conferência do aperto dos mesmos.

Quadro 6 – Plano de ação para Parafuso do Sacador e Martelo

O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como
Folga nos elementos	Gera vibração que leva ao afrouxamento dos parafusos	Manutenção	Conjunto do sacador	Semanal	Inspeção e reaperto
Método de fabricação dos parafusos	Parafusos com resistência mecânica abaixo do exigido	Projeto	Metalúrgica	Na parada para manutenção no final do ano.	Projetar novos parafusos controlando parâmetros de material e têmpera
Treinamento	Realizar a substituição e/ ou aperto dos parafusos sem a intervenção da manutenção	Manutenção e operador	Setor da prensa	Uma vez por mês	A manutenção deverá instruir o operador a como realizar o aperto no torque correto e como proceder com a troca caso necessário

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como etapa de checagem (*Check*) do ciclo PDCA, com a aplicação de algumas melhorias propostas no plano de ação, observou-se ganhos no OEE, com incremento médio de cerca de 30% no indicador. Na Tabela 4 há os índices de Disponibilidade, Qualidade e Performance e o OEE, após mudanças propostas no plano de ação e, para efeito de comparação, o OEE pré mudanças.

Tabela 4 – Índices pós melhorias

Produto	Disponibilidade %	Qualidade %	Performance%	OEE % pós	OEE % pré
PQD 1/4” x 41	39,706	99,825	95,542	37,883	36,318
PQD 1/4” x 51	43,207	99,804	99,402	42,781	35,378
PQD 3/8” x 45	36,152	99,789	99,623	35,955	23,486
PQD 3/8” x 51	33,047	99,801	98,211	32,339	22,375

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados foram obtidos de quatro medidas de pinos diferentes, quanto às outras medidas há a necessidade de se processar conforme a carteira de pedidos. Conforme forem

produzidos poderá se afirmar se realmente os ganhos abrangeram todos os tipos de pinos e se estabeleceram como melhoria efetiva do processo.

Quanto à Qualidade, houve uma pequena melhora, porém próximo à estabilidade. Já em relação à Performance, os ganhos para o PQD1/4"x41 se mantiveram praticamente estáveis, para o PQD1/4"x51 houve uma melhora de 7,72%, para o pino PQD3/8"x45 foi de 11,63% e para o pino PQD3/8"x51 foi de 10,94%, aproximando-se da classificação de equipamento de classe mundial para esses dois índices que compõem o OEE.

Em relação à Disponibilidade, alvo do presente trabalho, os ganhos foram de 1,81% para o PQD1/4"x41, 4,46% para o PQD1/4"x51, 9,37% para o PQD3/8"x45 e 7,31% para o PQD3/8"x51. Resultados esses longe da classificação mundial, porém evidenciam a utilidade das ferramentas aplicadas. Outro ponto a destacar é que a principal mudança, que consiste no projeto de uma nova mola, ainda não foi realizada e é um dos principais pontos de melhorias apontados no diagrama de Pareto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazer parte da cadeia de suprimentos para o agronegócio brasileiro impõe sobre o chão de fábrica de um fornecedor de peças a implementos agrícolas e rodoviários a necessidade por um melhor uso de seus recursos, com isso identificou-se a criticidade e potencial de ganho de uma prensa horizontal na linha de produção. Os estudos direcionaram para a determinação do indicador OEE que avalia o equipamento em três vertentes: Performance, Qualidade e Disponibilidade, essa última sendo revelada como a mais crítica por conta da incidência de falhas que levam às intervenções frequentes da manutenção.

As ferramentas da qualidade, diagrama de Pareto e de Causa-Efeito auxiliaram a identificar e priorizar os problemas mais recorrentes e com maiores impactos na Disponibilidade e, com isso, permitiu-se desenvolver um plano de manutenção baseado nos princípios da Manutenção Produtiva Total.

Estruturado no ciclo PDCA os primeiros resultados foram positivos, com melhorias da disponibilidade refletindo no incremento do OEE, porém como a etapa agir do ciclo, concluiu-se que algumas mudanças ainda precisam ser implementadas, como o projeto da mola de compressão a substituir a mola de tração e prosseguir com a análise dos demais itens para realmente validar os ganhos.

Outro ponto a destacar está na sistematização do treinamento do operador visando à manutenção autônoma do equipamento. Os resultados positivos com atenuação das falhas/

desperdícios evidenciam a busca pela ideia de zero desperdício proposto pelo Sistema Toyota de Produção.

REFERÊNCIAS

ABIMAQ. Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. **Informativo Mensal**. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/site.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Fio-máquina de aço-carbono, de uso geral, destinado à trefilação e laminação a frio – Requisitos**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/noticias/7046-fio-maquina-de-aco-carbono-de-uso-geral-destinado-a-trefilacao-e-laminacao-a-frio-requisitos>>. Acesso em: 25 out. 2020.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://anfavea.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

BATALHA, G. F. **Introdução à Manufatura Mecânica**. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

Casa Civil. Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Disponível em: <<http://corpus927.enfam.jus.br/legislacao/CLT-43#art-71>>. Acesso em: 23 ago. 2020.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA DA USP. **PIB do Agronegócio**. Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_1semestre_2020\(2\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_1semestre_2020(2).pdf)>. Acesso em: 03 out. de 2020.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. (2002). **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall

CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na Gestão e Melhoria Contínua dos Equipamentos: Um Estudo de Caso na Indústria Automobilística**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Mestrado Profissionalizante. Porto Alegre, 2004.

COSTA JÚNIOR, E. L. **Gestão em processos produtivos**. Curitiba: Ibpex, 2008

EHRENFELD, T. **Lean Roundup: Pull**. Lean Enterprise Institute, 2017. Disponível em: <<https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=708>>. Acesso em: 14 out. 2020.

EMERSON, P. **Introduction to Overall Equipment Effectiveness**. Plant Web University, 2002. Disponível em: <<https://www.emerson.com/documents/automation/training-introduction-to-overall-equipment-effectiveness-en-41074.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2020.

EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E. Theory building from cases: opportunities and challenges. **Academy of Management Journal**, v.50, n.1, p.25–32, 2007.

FALCONI, V. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2014.

HAMACHER, E. C. **A Methodology for Implementing Total Productive Maintenance in the Commercial Aircraft Industry**. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 1996.

HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos**: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros, Porto Alegre: Bookman, 2006.

HEKMATPANAH, M. **The application of cause and effect diagram in the oil industry in Iran**: The case of four liter oil canning process of Sepahan Oil Company. Ardestan Branch, Universidade Islamica Azad. Iran, 2011. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380537568_Hekmatpanah.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control**. English edition. Hong Kong: Asian Productivity Organization, 1976.

METODOLOGIA CIENTÍFICA. **Pesquisa de Estudo de Caso**. Disponível em: <<https://www.metodologiacyentifica.org/tipos-de-pesquisa/pesquisa-estudo-de-caso/>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Produção de grãos sinaliza recorde final de 253,7 milhões de toneladas**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-sinaliza-recorde-final-de-253-7-milhoes-de-tonelada>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

NAKAGAWA, M. **5W2H – Plano de ação para empreendedores**. SEBRAE. Editora Globo, 2020. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2020.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Portland: Productivity Press, 1988.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas**: Uma abordagem integrada. 4ª ed. São Paulo: Bookman, 2013.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Indústria aponta os caminhos para o crescimento sustentado**. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/mapa-estrategico-da-industria/reportagem-especial/capitulo1/>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

ROTONDARO, R. **Seis Sigma**: estratégia para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da Qualidade**: As ferramentas essenciais. 2ª ed. Curitiba: Ibpex, 2012.

TROMBETA, A. **Manutenção Industrial**. Centro Universitário de Maringá, Núcleo de Educação a Distância. Paraná: NEAD, 2020.

VINCE OEE. **Efetividade Global do Equipamento.** Disponível em: <<https://www.oee.com.br>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

YIN, R. K. (2010). **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

COTRIM, S. L.; LEOCÁDIO, V. A.; BARBOSA, D. H.; LEAL, G. C. L. Determinação do Índice de Efetividade Global do Equipamento de uma Prensa Horizontal. **Rev. FSA**, Teresina, v.19, n. 10, art. 15, p. 296-323, out. 2022.

Contribuição dos Autores	S. L. Cotrim	V. A. Leocádio	D. H. Barbosa	G. C. L. Leal
1) concepção e planejamento.	X	X		
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X