



Gestão industrial e educação em engenharia: implementação do indicador OEE com base na ferramenta TPM em uma indústria de café

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5181

Autores: FLÁVIA APARECIDA REITZ CARDOSO, POLYANA RIBEIRO DE, GENILSON VALOTTO PATUZZO

Resumo: O estudo objetivou implementar o programa 5S em uma indústria alimentícia para eliminar desperdícios, reduzir poluição visual e otimizar o tempo operacional, facilitando a adoção da metodologia TPM, com ênfase na Manutenção Autônoma. Conduzido em 2022, buscou capacitar a equipe em práticas de manutenção, enfrentando desafios como quebras de máquinas e desorganização. Utilizando métodos de coleta e análise de dados, a pesquisa adotou o 5S para organizar o ambiente, aumentar a eficiência e padronizar tarefas. A implementação da TPM priorizou a manutenção autônoma, padronização e treinamento, com liderança comprometida e eficácia monitorada pelo indicador OEE. Resultados mostraram melhorias na eficiência operacional, organização e redução de desperdícios, com a Manutenção Autônoma capacitando colaboradores a lidar com falhas, elevando a eficiência da indústria alimentícia. Além disso, o estudo destacou a importância da educação em engenharia, sublinhando a necessidade de formar profissionais capacitados para implementar e gerenciar programas de manutenção e melhoria contínua, integrando teoria e prática para resolver problemas reais no ambiente industrial.

Palavras-chave: Educação em engenharia; 5S; TPM; indústria de café; manutenção autônoma.

Gestão industrial e educação em engenharia: implementação do indicador OEE com base na ferramenta TPM em uma indústria de café

1 INTRODUÇÃO

A Manutenção Produtiva Total (TPM, do inglês Total Productive Maintenance) surgiu na década de 1970, desenvolvida pelo japonês Seiichi Nakajima, com o propósito de revolucionar a gestão da manutenção industrial. Seu objetivo principal é eliminar perdas e maximizar a eficiência operacional por meio da participação ativa de todos os colaboradores na manutenção preventiva e na melhoria contínua dos processos produtivos. A TPM vai além da simples conservação de equipamentos; ela promove uma mudança cultural profunda, engajando desde operadores de máquinas até a alta direção na busca por zero defeitos, zero acidentes e zero quebras na linha de produção (Leão, 2022).

Esta metodologia é essencial para indústrias que buscam não apenas aumentar a produtividade, mas também garantir a qualidade consistente dos produtos e reduzir custos operacionais. A abordagem sistemática da TPM envolve estratégias detalhadas de planejamento, implementação e monitoramento da manutenção de equipamentos industriais, resultando em benefícios tangíveis como redução de paradas não programadas e otimização dos recursos disponíveis (Adesta et al., 2018).

A importância da manutenção eficaz se reflete diretamente na capacidade de uma empresa em cumprir prazos de produção, evitar retrabalhos e manter níveis adequados de estoque (Habidin et al., 2018; Hooi & Leong, 2017). Equipamentos bem conservados não apenas melhoram o desempenho operacional, mas também contribuem para a entrega de produtos de alta qualidade, atendendo rigorosamente às especificações de mercado (Kaur et al., 2015).

A implementação bem-sucedida da TPM requer não apenas o comprometimento de todos os funcionários, mas também um plano educacional robusto para capacitar equipes em técnicas avançadas de manutenção e gestão de processos. O método 5S, integrado à TPM, desempenha um papel fundamental na organização do ambiente de trabalho e na padronização de procedimentos, promovendo eficiência e segurança (Ribeiro et al., 2019).

Este estudo concentra-se na aplicação prática da TPM em uma indústria de café localizada no interior do Paraná, onde a necessidade de otimização dos processos produtivos se tornou evidente. Ao adotar a TPM, a empresa visa não apenas melhorar a eficiência operacional, mas também promover uma cultura de colaboração e responsabilidade compartilhada entre os funcionários. No entanto, os desafios incluem a resistência à mudança e a necessidade de um compromisso contínuo da alta administração em apoiar iniciativas de melhoria contínua (De Oliveira et al., 2023).

É fundamental ainda destacar o papel crucial da educação em engenharia na formação de profissionais aptos a implementar e gerenciar programas de TPM e manutenção industrial. Integrar teoria e prática não apenas prepara os futuros engenheiros para resolver problemas complexos no ambiente industrial, mas também fortalece sua capacidade de liderança e inovação (adaptado de Leão, 2022).

2 METODOLOGIA

A aplicação da pesquisa aconteceu em um ambiente fabril do ramo alimentício, no ano de 2022, com o objetivo de capacitar o time operacional e líderes para a implementação

da metodologia japonesa TPM no intuito de proporcionar uma melhoria contínua nos processos de manutenção.

De forma explicativa, esta pesquisa registrou fatos, analisou-os e os interpretou para que pudesse ser identificada suas causas. Esta prática visa ampliar generalizações, estruturar e definir modelos teóricos, relacionar hipóteses de uma visão âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses (Marconi & Lakatos, 2003) com o objetivo de resolvê-la e trazer melhoria. Para a construção do conhecimento e com o propósito de comprovar sua validade e utilidade, a metodologia foi aplicada com procedimentos e técnicas envolvendo a manutenção e 5S, tendo como base estudos realizados e já comprovados na eficiência desta metodologia (Souza et al., 2013).

Com base nas etapas definidas para a implementação da manutenção autônoma por (Joaquim, 2017), foram identificados alguns eventos críticos, como o entupimento do moinho de café e a quebra da faca da máquina responsável pelo corte das embalagens. Estes eventos fazem parte da etapa reativa da manutenção autônoma. Na sequência, seguindo a etapa proativa da metodologia, foram padronizadas as práticas de limpeza nos equipamentos, resultando em uma mudança significativa na gestão de manutenção das máquinas.

A etapa preventiva da manutenção autônoma compreendeu a realização de treinamentos para os operadores, visando conscientizá-los sobre a importância dessa atividade e o impacto negativo caso não seja realizada corretamente, levando a falhas nas máquinas e perda na qualidade do produto. Os operadores foram apresentados às rotinas de limpeza nos equipamentos e incentivados a implementar a metodologia com disciplina, buscando eliminar falhas nos processos.

Uma vez que os colaboradores foram devidamente conscientizados, a atividade foi colocada em prática nas rotinas operacionais, proporcionando melhorias significativas no desempenho dos equipamentos e na qualidade do produto final.

Vale ressaltar que o ambiente de trabalho apresentava problemas de poluição visual, com desordem de ferramentas e improvisos no local de trabalho para apoio de equipamentos e armazenamento de materiais. Além disto, a verificação do processo produtivo revelou que as tarefas operacionais não eram padronizadas, resultando em diferentes tempos de execução entre os colaboradores.

Diante deste cenário, foi adotada a metodologia 5S, que consiste em avaliar e separar o essencial do não essencial, mantendo apenas o que é realmente necessário para o trabalho. Os locais de armazenamento foram revisados e padronizados, e os procedimentos foram estabelecidos para serem seguidos de forma autodisciplinar.

Com o objetivo de garantir a qualidade do processo, padronizar as tarefas e motivar os colaboradores, as atividades foram cronometradas para possibilitar a padronização do tempo de execução. Os tempos foram então descritos em procedimentos detalhados, e os operadores passaram por treinamentos para garantir a execução correta das tarefas.

Estas medidas contribuíram para melhorar significativamente o ambiente de trabalho, aumentando a eficiência das operações, reduzindo desperdícios e garantindo a qualidade dos produtos. A padronização das tarefas e o treinamento dos colaboradores trouxeram mais segurança e confiabilidade ao processo produtivo.

Após realizar os treinamentos com os operadores, as atividades tornaram-se rotineiras no ambiente fabril, tendo em vista que cada atividade tem sua frequência diferenciada de acordo com a necessidade. De acordo com Radnor et al. (2012), o 5S é uma ferramenta importante para a motivação dos trabalhadores.

Para se obter um controle de eficiência de máquina e garantir que a aplicação da manutenção autônoma e 5S tenha sido eficiente, houve o monitoramento pelo indicador OEE. Este mediu a eficiência da máquina, onde quaisquer paradas foram apontadas pelos

operadores, descrevendo detalhadamente o motivo e a duração. Com estes dados conseguiu-se mensurar a eficiência da máquina e identificar melhorias a serem realizadas.

Para calcular o OEE, utilizou-se a Equação (1):

$$OEE = \frac{\text{tempo que o equipamento agregou valor}}{\text{tempo disponível para produção}} \times 100 \quad (1)$$

3 RESULTADOS

Diante das operações realizadas pela empresa, distingue-se que o bom produto se inicia no campo, desde o manejo que determinara a qualidade do café, muita técnica e capricho no cultivo, tratos culturais na colheita e no terreiro para finalizar o grão para a entrega.

Ao chegar na indústria, o café passa pela torra e é degustado por provadores treinados. Este processo determina a qualidade da bebida. Após a avaliação, estes cafés vão para armazéns para compor *blends* e, adiante, entra para o processo produtivo da torrefação e envase, com pacotes à vácuo e almofada.

Com o intuito de aprimorar o processo produtivo, a indústria de café percebeu a necessidade de adotar a ferramenta TPM buscando uma cultura de melhoria contínua. Inicialmente, foi implementada a metodologia 5S, que trouxe consigo os princípios de organização e gestão visual. Através de um ambiente de trabalho bem estruturado e organizado, as atividades passaram a ser executadas com maior agilidade, o que proporcionou a identificação de oportunidades para otimização do processo produtivo. De acordo com Silva Júnior et al. (2019), um ambiente organizado facilita a execução das várias tarefas, potenciando a eliminação de erros e evidenciando qualquer desvio imposto relativamente à uniformização de processos, arrumação e limpeza.

Após efetivação da ferramenta 5S, levantou-se índices de apontamento de parada de máquina para identificar a causa raiz e elaborar um plano de ação para tratar as falhas encontradas durante o processo definindo, portanto, a implantação do pilar de manutenção autônoma. Para verificação da eficácia, foi empregado o indicador de OEE.

O gráfico OEE é um medidor de quebra ou falha de máquina. As implementações do 5S iniciou-se no início do ano de 2021 e, respectivamente, foi-se aprimorando e trazendo melhorias para o processo produtivo na indústria de café através da identificação de paradas de máquina iniciou-se as atividades de manutenção autônoma para a implantação do TPM entre março e abril 2022.

A partir de abril de 2022, iniciou-se a contabilização do cálculo usado para medir a eficiência global do equipamento OEE em função da estabilidade da máquina.

Para a obtenção das informações sobre as paradas de máquina, treinou-se operadores para registrar motivos e horas de máquina parada.

Realizou-se o cálculo do OEE no mês de abril de 2022, o qual obteve 76,16% de eficiência da máquina, com paradas que resultou em um total de 48,9 h onde no mesmo mês houve a parada de máquina por quebra da faca que corta os pacotes da embalagem e o entupimento do moinho martelo. Também houve parada para o reabastecimento de bobina de embalagem 5,33 h, limpezas 0,10 h e *setup* 0,67 h, totalizando 17,68 h.

Dentro das 720 h no mês, foi registrado a falta de demanda de 305,43 h paradas no mês, onde o processo atende a demanda solicitada pelo Planejamento de Controle de Produção de 8 h trabalhadas e restrições locais com apontamento de 203,33 h por paradas de finais de semana, feriados e eventualidades, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Controle de trabalho

Tempo em horas no mês	720 h
Falta de demanda	305,43 h
Restrições locais	203,33 h
Perda inerente	6,1 h
Tempo disponível da produção	205,14 h
Perda por falha funcional	48,9 h
Tempo que a máquina agregou valor	156,24 h

Cálculo para a obtenção da eficiência da máquina foi realizado de acordo com a Equação 1:

$$OEE = \frac{156,24}{205,15} \times 100 = 76,16\%$$

No mês de setembro de 2022, observou-se um percentual de 94,45% de eficiência da máquina. Durante o processo resultou em 19,33 h de parada de máquina, dentro das quais houve realização do *setup* que durou 0,67 h e processo parado por esquentar resistência da máquina porque precisou ligá-la 3,33 h. Também por teste de embalagem o processo ficou parado por 6 h, 0,10 h por limpeza da máquina, 0,33 h por troca de *teflon* e 8.90 h por reabastecimento de bobina de embalagem e fita datadora e a parada de máquina por quebra de 6.73h. Dentro de horas trabalhadas no mês, foi registrado a falta de demanda de 401,45 h paradas, onde o processo atende à demanda solicitada pelo Planejamento de Controle de Produção em 8 h e restrições locais com apontamento de 170,17 h paradas por finais de semana, feriados e eventualidades.

Para a obtenção do tempo disponível da máquina é calculado falta de demanda, restrições locais e perdas inerentes, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Controle de trabalho

Tempo do Calendário	720 h
Falta de demanda	401,45 h
Restrições locais	170,17 h
Perda inerente	19,33 h
Tempo disponível da produção	129,50 h
Perda por falha funcional	6,73 h
Tempo que a máquina agregou valor	122,32 h

Cálculo para a obtenção da eficiência da máquina:

$$OEE = \frac{122,32}{129,50} \times 100 = 94,45\%$$

No mês de dezembro de 2022, obteve-se eficiência da máquina de 98,36%. As paradas durante este mês foram de 0,67 h de *setup*, perda por esquentar a resistência da máquina ao ligar para produção de 1,57 h e troca do *teflon* 0,08 h. Reabastecimento por troca de bobina de embalagem e troca da fita datadora foi de 5,22 h, totalizando 7,63 h de perda inerente que são necessárias durante o processo. Porém, durante o mês de dezembro obteve-se uma perda de 1,52 h por falha de máquina. Dentro de horas trabalhadas no mês, foi registrado a falta de demanda de 247,10 h paradas, onde o processo atende à demanda solicitada pelo Planejamento de Controle de Produção em 8 h e restrições locais, como paradas por finais de semana, feriados e eventualidades, com apontamento de 396,10 h.

Para a obtenção do tempo disponível da máquina é calculado falta de demanda, restrições locais e perdas inerentes, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Controle de trabalho

Tempo do Calendário	744 h
Falta de demanda	247,10 h
Restrições locais	396,10 h
Perda inerente	7,63 h
Tempo disponível da produção	93,17 h
Perda por falha funcional	1,52 h
Tempo que a máquina agregou valor	91,65 h

Cálculo para a obtenção da eficiência da máquina:

$$OEE = \frac{91,65}{93,17} \times 100 = 98,36\%$$

Nota-se que nos meses de setembro e dezembro não houve processo parado por falha funcional, ou seja, por quebra ou falha de equipamento e assim atingindo uma eficiência da máquina acima de 90%. Também, para a eficiência do processo, as padronizações de tarefa operacional trouxeram otimização de tempo para execução das atividades, como por exemplo *setup* e entre outros que entram como perda inerente. Vale ressaltar que o ambiente organizado e limpo auxiliou os operadores a encontrarem suas ferramentas com facilidade. E para concluir o processo de implementação, com as manutenções preventivas que se enquadra no pilar Manutenção Autônoma da TPM, trouxe melhoria contínua no processo produtivo apresentando a estabilidade ainda maior. Com isso, para se ter uma eficiência de máquina é necessário zelá-la e manter suas inspeções em dia.

Observando as porcentagens das produções mensais, o mês de abril obteve OEE de 80% e o mês de setembro e dezembro de 2022 que não apresentou mais a quebra da faca por conta da manutenção autônoma de limpeza das facas obtiveram um OEE acima de 90%. Analisando-se estes valores de acordo com Nakajima, (1988), o valor ideal é 85% para OEE. Para Kunio Shirose (1997), 100% da pontuação OEE reflete a produção perfeita, 85% OEE denota a classe mundial para fabricantes, 60% OEE é típico para fabricantes, mas mostra que ainda há alguma margem para melhorias e 40% da pontuação do OEE não é improvável para novas organizações que estão apenas começando a melhorar os seus desempenhos. É uma pontuação baixa e deve ser prontamente melhorada. Já Hansen (2006) destaca que valores menores de 65% são considerados inaceitáveis, ou seja, o dinheiro da empresa está sendo desperdiçado.

Com base na pesquisa, verifica-se que, com a implementação do TPM e 5S, o processo produtivo pode melhorar para que não haja quebra ou falha de máquina por período prolongado. Contribuiu para o processo de crescimento e melhoria contínua buscado pela organização e estão atendendo a meta estabelecida na matriz de desdobramento de diretrizes estratégicas da organização que visa quantificar e elevar o OEE.

Um estudo realizado pelos autores Cheong et al. (2022) fomenta a aplicação do TPM em edifícios verdes com incentivo dos funcionários a participarem das atividades de operação e manutenção. E ressaltam que existe 3 categorizações da TPM como conhecimento, conscientização e comunicação. Sendo assim comprovou que estes três fatores desempenham um papel crucial para o desempenho dos funcionários.

Para melhoria do processo, a organização criou um departamento próprio como suporte de capacitação e treinamento, contribuindo para o fortalecimento do processo de implementação das ferramentas da TPM.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa observou-se que bons resultados dependem do grau de interação dos colaboradores, o que é essencial para o sucesso da implementação do 5S e TPM. As implementações, com auxílio do 5S e da manutenção autônoma, foram mensuradas pelo OEE. Antes da implementação da manutenção autônoma no moinho martelo e na limpeza das facas, obteve-se um índice de 76,16% em abril de 2022. Após o treinamento dos operadores, o índice subiu para 94,45% em setembro e 98,36% em dezembro, provando a eficácia da metodologia. Este estudo serve de base para futuras pesquisas na área de melhoria contínua, maximização da capacidade instalada, eliminação ou redução de perdas, e aumento do processo de capacitação profissionalizante dos colaboradores. Além disto, destaca-se a importância da educação em engenharia, formando profissionais capacitados para implementar e gerenciar programas de manutenção e melhoria contínua, integrando teoria e prática para resolver problemas reais no ambiente industrial. O estudo também pode ser utilizado para fins de aplicação da metodologia TPM, podendo ser adaptado e replicado em novos ambientes organizacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão.

REFERÊNCIAS

- ADESTA, E. Y. T.; PRABOWO, H. A.; AGUSMAN, D. **Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. **Anais...2018**.
- GRECCO, C. P. **Implementação da manutenção autônoma em uma linha de produção de uma indústria tabagista**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 2021.
- GUARIENTE, P. et al. Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1128–1134, 2017.
- HABIDIN, N. F. et al. Total productive maintenance, kaizen event, and performance. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 35, n. 9, p. 1853–1867, 2018.
- HANSEN, R. C. Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. **Porto Bookman, Alegre**, 2006.
- HEIDRICH, T. R. S.; NICÁCIO, J. A.; WALTER, S. A. Aplicação do programa 5S no supermercado Beira Lago, em entre Rios do Oeste. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 10, n. 4, p. 1–15, 2019.
- HOOI, L. W.; LEONG, T. Y. Total productive maintenance and manufacturing performance

- improvement. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 23, n. 1, p. 2–21, 2017.
- JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 293–323, 2014.
- JIANG, Y.; CHEN, M.; ZHOU, D. Joint optimization of preventive maintenance and inventory policies for multi-unit systems subject to deteriorating spare part inventory. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 35, p. 191–205, 2015.
- JOAQUIM, A. L. V. **Estudo de caso sobre a implementação do pilar de manutenção autônoma da metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma multinacional do setor de bens de consumo**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2017.
- KAUR, M. et al. Justification of synergistic implementation of TQM-TPM paradigms using analytical hierarchy process. **International Journal of Process Management and Benchmarking**, v. 5, n. 1, p. 1–18, 2015.
- KUNIO SHIROSE. TPM Total Productive Maintenance New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. **JIPM-Solutions**, 1997.
- MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2003, 310 p.
- PIECHNICKI, A. S.; SOLA, A. V. H.; TROJAN, F. Decision-making towards achieving world-class total productive maintenance. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 35, n. 12, p. 1594–1621, 2015.
- PODUVAL, P. S.; PRAMOD, V. R.; P, J. R. V. Barriers in TPM implementation in industries. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 2, n. 4, p. 28–31, 2013.
- RADNOR, Z. J.; HOLWEG, M.; WARING, J. Lean in healthcare: The unfilled promise? **Social Science and Medicine**, v. 74, n. 3, p. 364–371, 2012.
- RIBEIRO, I. M. et al. **Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line**. Procedia Manufacturing. **Anais...2019**
- S.NAKAJIMA. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.pdf. **Productivity Press, Cambridge**, p. MA, 1988.
- SANGANI, R.; KOTTUR, V. K. N. Enhancement in productivity by integration of 5S methodology and time and motion study. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, p. 541–550, 2019.
- SENTHIL KUMAR, K. M. et al. Implementation of 5S practices in a small scale manufacturing industries. **Materials Today: Proceedings**, v. 62, p. 1913–1916, 2022.
- SILVA JÚNIOR, F. J. C. DA; VIDAL, T. R.; YAMADA, N. Os ganhos na indústria com a manutenção autônoma - pilar do TPM. **CIMATech**, v. 1, n. 6, p. 338–349, 2019.
- SINGH, R.; GOHIL, A. M.; SHAH, D. B.; DESAI, S. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. **Procedia Engineering**, v. 51, p. 592–599, 2013.
- SOUZA, G. S. et al. **Metodologia da pesquisa científica: a construção do conhecimento e do pensamento científico no processo de aprendizado**. Porto Alegre: Editora Aned, 2013.
- SURYAPRAKASH, M. et al. **Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm**. Materials Today: Proceedings. **Anais...2019**.

INDUSTRIAL MANAGEMENT AND ENGINEERING EDUCATION: IMPLEMENTATION OF THE OEE INDICATOR BASED ON THE TPM TOOL IN A COFFEE INDUSTRY

Abstract: *The study aimed to implement the 5S program in a food industry to eliminate waste, reduce visual pollution, and optimize operational time, facilitating the adoption of TPM methodology, with an emphasis on Autonomous Maintenance. Conducted in 2022, it sought to train the team in maintenance practices, facing challenges such as machine breakdowns and disorganization. Using data collection and analysis methods, the research adopted 5S to organize the environment, increase efficiency, and standardize tasks. TPM implementation prioritized autonomous maintenance, standardization, and training, with committed leadership and effectiveness monitored by the OEE indicator. Results showed improvements in operational efficiency, organization, and waste reduction, with Autonomous Maintenance empowering employees to handle failures, enhancing the food industry's efficiency. Additionally, the study highlighted the importance of engineering education, emphasizing the need to train professionals to implement and manage maintenance and continuous improvement programs, integrating theory and practice to solve real-world problems in the industrial environment.*

Keywords: *Engineering education; 5S; TPM; coffee industry; autonomous maintenance.*

