

Efeito do estudo da manutenção em máquinas de uma linha de embalagens plásticas flexíveis

Rhogger Freitas Silva¹, Arthur de Paula Souza², Jordania Louse Silva Alves³,
Giancarlo Ribeiro Vasconcelos⁴, Ana Maiara Rodrigues Pereira⁵, Darlan Marques da Silva^{6,7}

¹ Graduando do curso de Engenharia de Software, Universidade de Rio Verde. Aluno de Iniciação Científica – PIBIC

² Graduado em Engenharia de Produção, Universidade de Rio Verde.

³ Prof. Dr(a). do Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM.

⁴ Prof. MSc. da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde.

⁵ Co-orientadora, Prof(a). MSc. da Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade de Rio Verde

⁶ Doutorando em Engenharia de Produção/PPGEP-UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

⁷ Orientador, Prof. MSc. da Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade de Rio Verde. darlan@unirv.edu.br

Reitor:

Prof. Me. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:

Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:

Prof. Dr. Fábio Henrique Baia

Editor de Seção:

Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Correspondência:

Darlan Marques da Silva

Fomento:

Programa PIBIC/PIVIC UniRV/
CNPq 2021-2022

Resumo: Atualmente, o uso de embalagens plásticas flexíveis está sendo muito utilizado nas mais diversas áreas. Com a competitividade, as indústrias buscam um melhor processo de produção e aperfeiçoamento de seu produto. Logo, na presente pesquisa foi realizado um estudo de caso em uma indústria de embalagens plásticas flexíveis no sudoeste goiano, com o intuito de verificar a análise por meio do estudo de paradas de máquinas, utilizando como informação o tipo de máquina, descrição da parada, tempo da parada e custo. Ademais, a utilização de técnicas da manutenção foram abordadas nessa pesquisa, como tempo médio entre falhas (TTBF), o tempo médio de reparo (MTTR), produtividade e disponibilidade; além de investigações in loco, para propor melhoria ao processo industrial, levando a um produto mais robusto que atenda as expectativas da empresa e do cliente. Vale salientar, que esta pesquisa dará continuidade a um projeto de pesquisa que encontra-se em andamento, onde a confiabilidade das máquinas foram abordadas sob a ótica da Tabela de Vida.

Palavras-chave: Indicadores de manutenção. Processos. Sistemas.

Effect of the study of maintenance in machines of a flexible plastic packaging line

Abstract: Currently, the use of flexible plastic packaging is being widely used in the most diverse areas. With competitiveness, industries seek a better production process and improvement of their product. Therefore, in the present research, a case study was carried out in a flexible plastic packaging industry in southwest Goiás, in order to verify the analysis through the study of machine stops, using as information the type of machine, description of the stop, downtime and cost. Furthermore, the use of maintenance techniques were addressed in this research, such as mean time between failures (TTBF), mean time to repair (MTTR), productivity and availability; in addition to on-site investigations, to propose improvements to the industrial process,

leading to a more robust product that meets the expectations of the company and the customer. It is worth mentioning that this research will continue a research project that is in progress, where the reliability of the machines was approached from the perspective of the Life Table.

Key words: Indicators; Law Suit; Systems.

Introdução

As embalagens plásticas flexíveis estão sendo consideradas como um insumo essencial e de grande importância para as diversas práticas dos mais variados produtos. Com isso, resultando em pluralidade de mercadorias em relação a sua manipulação, armazenagem, caracterização e proteção de outros itens nos mais diferentes países (LANDIM et al., 2016). As embalagens, no contexto global, giram mais de US\$ 500 bilhões, representando, entre 1% e 2,5% do PIB de cada país (RESAT; UNSAL, 2019). A produção de embalagem no mercado brasileiro faz circular, aproximadamente, R\$ 47 bilhões e resulta em mais de 200 mil vagas de empregos descritos como diretos e formais (ABRE, 2018).

Na produção de embalagens, é necessário que estas apresentem uma boa qualidade, resultado de um processo eficiente e máquinas que minimizem seus defeitos (GODINEAU et al., 2019). Sendo assim, o estudo da disponibilidade de equipamentos são cruciais para uma boa manutenção. Dentre estas técnicas abordadas na disponibilidade, tem-se o MTBF (*Mean Time Between Failure*) que se refere à média de tempo decorrente entre uma irregularidade e a outra que virá a acontecer; MTTR (*Mean Time To Repair*) ou tempo médio para reparo e o MTTF (*Mean Time To Failure*) tempo médio para falha. Estudos na área podem ser encontrados em: Mak (2012); Çekyay; Özekici (2015); Bandan et al. (2019); Ribeiro et al. (2019) e outros.

Com base em toda importância e valores agregados no que constituem a embalagem, o setor industrial está, cada vez mais, preocupando-se com o seu processo de produção, principalmente, com a modernização e a automação industrial de seu maquinário, objetivando sempre o melhor caminho para a otimização de seus processos (ROSÁRIO, 2009). De acordo com a ISO 9004:2000, as empresas devem estabelecer as finalidades da qualidade nos níveis, nas funções e nos processos pertinentes para o sistema da gestão da qualidade (NBR, 2000). Na elaboração deste plano dos objetivos da qualidade, opta-se pelas técnicas de manutenção

preditiva, com o intuito de amenizar falhas corretivas e inspeções em razão de outras normas regulamentadoras (SANTOS, 2009).

O contexto citado é um meio significativo para uma melhoria de processo com o estudo referente às máquinas, visando estabelecer um método mais robusto e uma segurança mais efetiva para a padronização de seus produtos. Assim, uma empresa de embalagens plásticas flexíveis, localizada no sudoeste goiano, percebeu a indispensabilidade de realizar a investigação das paradas dos seus equipamentos. Sob o enfoque da melhoria de processos, esta pesquisa tem como objetivo realizar um estudo da parada de máquinas em um processo produtivo de embalagens plásticas flexíveis, localizado no sudoeste do estado de Goiás, por intermédio dos apontamentos de tempos.

Material e Métodos

Para esta pesquisa, a investigação foi dada pelo processo produtivo de uma indústria de embalagens plásticas flexíveis localizada no sudoeste goiano que opera em 24h/dia. Para as demandas por decisões estratégicas e pautadas por indicadores, o processo produtivo foi agrupado em três áreas, sendo elas: extrusão, impressão e acabamento. Quanto às ordens, estas foram filtradas no relatório para que fossem exibidos somente dados de manutenções corretivas, sejam estas planejadas ou não planejadas.

O sistema utilizado para obtenção do histórico de manutenções empregado no presente artigo é intitulado SAP (*Systemanalysis Programmentwicklung*). Dentre as diversas funcionalidades desta ERP (*Enterprise Resource Planing*), foram utilizadas as rotinas do módulo de planejamento de manutenção acessadas através das referências "IW39", para histórico de manutenções e "IW47", para o relatório de horas informadas pelos colaboradores do setor de manutenção.

Na rotina "IW39" (relatório de manutenções), foram especificados os critérios de data, limitando os dados levantados ao ano de 2020. Por conseguinte, foi informado o centro de localização, determinando a qual unidade da empresa os dados fariam referência, e o tipo de ordem executada.

Para a rotina "IW47" (relatório de horas trabalhadas), foram feitas as mesmas delimitações que na rotina anterior, com adição nas configurações de layout para determinação dos dados exibidos, do trabalho real executado e identificação dos colaboradores responsáveis pelas confirmações de horas

trabalhadas. Além disso, devido a necessidade de realizar o tratamento dos dados obtidos, foi utilizada a ferramenta Excel, do pacote Office. Por meio desta, os dados foram organizados de modo a restarem disponíveis apenas os que obedecem às delimitações aplicadas.

Uma vez organizados e tratados, os dados passam a ser utilizados como base para o cálculo dos indicadores chave de manutenção determinados, os quais foram definidos a partir da análise das demandas de manutenção na planta produtiva para determinação das informações relevantes para tomada de decisões estratégicas.

Mediante estudo dos indicadores existentes e passíveis de análise da realidade na execução de serviços de manutenção em uma indústria de embalagens plásticas flexíveis, foram escolhidos os indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicator - KPI*) com maior impacto nos propósitos, metas e objetivos da empresa, sendo estes Tempo médio entre Falhas (*MTBF*), Tempo Médio para Reparos (*MTTR*), Produtividade, e Disponibilidade. O *MTBF* é a relação entre a frequência e o tempo médio em que as falhas podem acontecer. Este indicador é utilizado para itens que são reparáveis. Desta forma, tem-se o tempo de operação (TO) em horas e o número total de falhas (NF) em um período preestabelecido (DAMAS et. Al, 2018), conforme a Equação 1:

$$MTBF = \frac{\sum TO}{NF} \quad (1)$$

Já o tempo médio para reparos é definido como o tempo médio em que uma máquina fica inativa devido a alguma ação ligada à manutenção (ação de reparo). Quanto menor o valor do MTTR, melhor será a execução manutenção, isto é, os reparos para correção causam menos impactos na produção e, por sua vez, são mais rápidos, porém é necessário se atentar, pois um valor de MTTR muito baixo pode elevar o número de falhas (SOUZA, 2017). O MTTR é calculado conforme a Equação 2; onde HIM – Indisponibilidade para a operação devido a manutenção (horas); NC – Intervenções corretivas por período.

$$MTTR = \frac{\sum HIM}{NC} \quad (2)$$

Conforme Souza (2017), a produtividade das equipes é um indicador de produtividade, que representa o esforço acumulado em um período pela

quantidade de serviço realizado. Logo, o indicador de produtividade, também mencionado como razão unitária de produção - RUP, que pode ser calculado com períodos diários, cíclicos, potenciais (relacionada a produtividade alcançável) ou cumulativos, desta forma, o indicador de produtividade pode ser calculado de acordo com a Equação 3 (NÓBREGA; ROMAMO, 2010); onde, Hh: homens-horas e Qs: Quantidade de serviço (h).

$$RUP = \frac{Hh}{Qs} \quad (3)$$

Então, a disponibilidade é um indicador que reflete o tempo que um equipamento está disponível para uso, sendo esta disponibilidade (D) condicionada a fatores internos e externos (SANTOS et. al, 2019). Estes valores podem ser obtidos por meio da aplicação da Equação 4.

$$D (\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \quad (4)$$

Resultados e Discussão

Alinhado ao objetivo proposto de analisar o histórico de manutenção da fábrica, foram levantados dados referentes aos serviços de manutenção realizados no ano de 2020, conforme procedimento descrito, e realizados os cálculos pertinentes à implantação dos indicadores chave de manutenção que convergem com as demandas da empresa. O primeiro indicador analisado foi o de tempo médio entre falhas, para o qual se obteve, empregando a Equação (1), os resultados expostos na Figura 1-A.

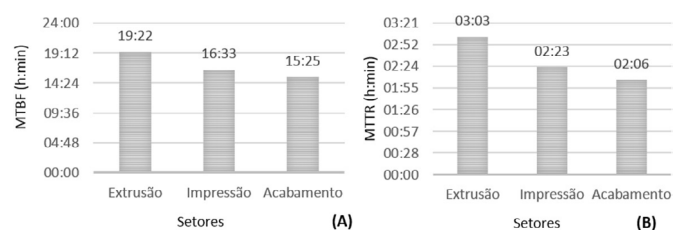


Figura 1-A - Resultados do MTBF (h:min) obtidos por setores e 1-B: resultados dos respectivos MTTR (h:min) dos setores: extrusão, impressão e acabamento
Fonte: Próprios autores (2022)

Os cálculos foram efetuados com tempo em horas. O setor com pior desempenho de indicador para o MTBF é o acabamento, atingindo a marca de 15 horas e 25 minutos de tempo médio entre falhas. Este resultado desfavorável é acompanhado pelo

setor de impressão, com diferença de 1 hora e 8 minutos entre os setores. Por sua vez, a extrusão apresenta o melhor resultado, sendo este, no entanto, insuficiente para tomar como ótimo o plano de manutenção do setor na empresa que seria acima de 20h. Os resultados obtidos de todos os setores produtivos para o tempo médio entre falhas se mostraram consistentes, com variação máxima de 20,39% entre o setor de acabamento sobre o de extrusão.

Em paralelo à aplicação dos indicadores feita por Santos et. al. (2019), onde o autor obteve uma variação máxima de 16,1%, é possível considerar os planos de manutenção aplicados, semelhantes para os três setores, devido à variação relativamente pequena entre os resultados alcançados. Ainda tomando por base os resultados atingidos por Santos et. al. (2019), o tempo médio para ocorrência de falha nos maquinários dos setores produtivos pode ser considerado baixo, o que evidencia a necessidade de reestruturação dos planos de manutenção, de modo a fazer com que estes viabilizem seu aumento.

Por conseguinte, foram elaborados os cálculos referentes ao indicador de tempo médio para reparo, o qual representa o tempo necessário para que a equipe de manutenção seja capaz de realizar um reparo e disponibilizar o equipamento para o sistema de produção. O indicador em questão foi calculado em horas e para os três setores produtivos, fazendo uso da Equação (2). Os resultados alcançados foram expostos na Figura 1-B.

Há uma variação expressiva nos valores encontrados, alcançando 31,14% entre o acabamento e a extrusão, novamente. Esta diferença é parcialmente justificável pelos diferentes níveis de complexidade na execução dos serviços de manutenção nos setores. O setor de extrusão alcançou o maior tempo médio para reparo, o que já era esperado devido a maior dimensão física dos equipamentos, o que dificulta grande parte dos processos de manutenção, o que também ocorre na impressão. Contudo, a impressão se aproximou mais do setor de acabamento, expondo resultados superiores do plano de manutenção, quando comparado à extrusão.

Apesar de Santos et. al. (2019), realizando análise semelhante, terem obtido resultados com variações expressivamente menores entre as amostras, os tempos médios para reparo se mostraram satisfatórios frente à realidade do processo produtivo da unidade e levando em consideração o nível de complexidade técnica envolvida no processo de manutenção dos equipamentos.

Dando continuidade aos cálculos dos indicadores chave de manutenção, foi feito uso da Equação (3), com objetivo de determinar quanto do esforço acumulado de manutenção foi consumido na execução de serviços de reparo, obtendo os valores de produtividade, também intitulada razão unitária de produção. Os resultados obtidos foram apresentados como resultado da relação entre o fator homem/hora disponível pela quantidade de serviços executados, e apresentados na Figura 2-A.

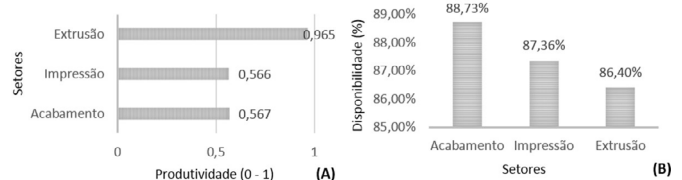


Figura 2-A - Resultados da Produtividade (0 - 1) obtidos por setores e (2-B) resultados das respectivas disponibilidades (h:min) dos setores: extrusão, impressão e acabamento
Fonte: Próprios autores (2022)

Os valores de produtividade obtidos para os setores de impressão e acabamento foram bem próximos, o que tende a reforçar a premissa de que os planos de manutenção dos setores, em critérios de eficiência, se mostram equivalentes. No geral, os resultados obtidos para a produtividade das equipes do setor de acabamento e impressão foram respectivamente 0,567 e 0,566, as quais, tendo por base o modelo proposto por Araújo (2000), são insatisfatórias, dado que a faixa estipulada pela literatura para esta classificação, a qual sugere um limite de 0,75, não foi ultrapassado pelos resultados.

Contudo, o setor de extrusão atingiu a marca de 0,965, resultado este considerado favorável pela literatura, já que ultrapassa o limite superior proposto, de 0,95. Diante disso, é possível visualizar os valores de produtividade apresentados, compreendendo que, apesar dos valores positivos obtidos nos setores de impressão e acabamento, o RUP alcançado na extrusão indica que a produtividade analisada no setor não é totalmente satisfatória, sendo necessária intervenção nas estratégias de manutenção aplicadas aos setores de acabamento e impressão, para que sejam atingidos melhores resultados.

Seguindo para o desenvolvimento do indicador de disponibilidade dos equipamentos reparáveis e ciente de que este toma por base o tempo de inatividade das máquinas nos setores produtivos da planta, os resultados obtidos foram expressos em percentual e calculados pela equação (4), conforme apresentado na Figura 2-B.

Os resultados de disponibilidade encontrados para os três setores foram bem próximos, apresentando uma amplitude máxima de 2,33% (acabamento/extrusão). Em suma, tomando por base o trabalho desenvolvido por Caixêta e Junior (2017), os equipamentos não atingiram a marca satisfatória de disponibilidade, sendo de 90%. A indisponibilidade dos equipamentos acima de 10% para todos os setores pode ser resultante da falta de componentes sobressalentes, resultado em parada da máquina até que sejam providenciados os recursos necessários para conclusão do serviço de manutenção. Além disso, Caixêta e Junior (2017) também apontam como causa provável para o resultado insatisfatório para disponibilidade dos equipamentos, a possibilidade de haver baixa qualidade nos serviços de manutenção, resultando em novas falhas e no aumento da indisponibilidade. O setor de extrusão apresentou a menor disponibilidade, resultado em conformidade com o maior tempo médio para reparo entre os três setores produtivos.

Conclusão

Através das referências estudadas foi possível compreender a importância da implantação de indicadores chave de manutenção, especialmente em empresas com altas demandas de manutenção. Isso se deve à necessidade de tornar visíveis os processos de manutenção, uma vez que existe uma ampla variedade de técnicas e modelos passíveis de aplicação durante o planejamento e controle de manutenção.

Ao condensar grandes volumes de dados em informações passíveis de suporte na tomada de decisões estratégicas, os indicadores cumprem seus propósitos, contribuindo ainda, para a intensificação da visão sistêmica aplicada sobre o processo pela equipe de gestão, fazendo com que esta seja capaz de gerir preservando o foco na máxima disponibilidade das máquinas e maior desempenho da equipe. Por fim, os cálculos realizados demonstraram a necessidade de abordagens voltadas ao aumento do desempenho, principalmente, as equipes de impressão e acabamento, as quais atingiram resultados inferiores do MTBF e a produtividade. Diante dos indicadores escolhidos, o setor de extrusão se destaca, com resultados próximos ou superiores aos demais setores.

Para este caso, tem-se por sugestão, dar seguimento a implementação dos indicadores chave de manutenção, avaliando a necessidade de adoção de outros indicadores, acompanhando os resultados e

realizando comparativos com os anos subsequentes, visando criar um histórico de manutenção e, diante disso, pautar determinadas estratégias em dados, estruturando o processo de tomada de decisão.

Agradecimentos

A pesquisa apresenta como agradecimento ao apoio financeiro da UniRV-PIBIC.

Referências Bibliográficas

ABRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA EMBALAGEM. Disponível em: <http://www.abre.org.br/>. Acessado em: 03 de outubro de 2022.

ARAÚJO, L. O. C. Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, **Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

BANDAN, M. I; BHATTACHARJEE, S.; JALI, S. K.; PRADHAN, D. K. Instantaneous Mean-Time-To-Failure (MTTF) estimation for checkpoint interval computation at run time. **Microelectronics Reliability**, 98, 69–77, 2019. doi:10.1016/j.microrel.2019.04.009

CAIXÊTA, A. G.; JUNIOR, E. M. Metodologia de implantação de indicadores de gestão da manutenção. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 2017.

ÇEKYAY, B.; ÖZEKICI, S. Reliability, MTTF and steady-state availability analysis of systems with exponential lifetimes. **Applied Mathematical Modelling**, 39(1), 284–296, 2015. doi: 10.1016/j.apm.2014.05.029

GERMANO, A. O. Efeitos da implantação de manutenções preventivas na produtividade – indústrias Becker. TCC: apresentado ao curso de **Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, 2018. Disponível em <<https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/42972/2/TCC%20Arthur%20Oliveira%20Germano%20.pdf>>: Acesso em: 30 de setembro. 2022.

GODINEAU, K.; LAVERNHE, S.; TOURNIER, C. Calibration of galvanometric scan heads for additive manufacturing with machine assembly defects consideration. **Additive Manufacturing**, v. 26, p. 250-257, 2019.

LANDIM, A. P. M. et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, n. spe, p. 82-92, 2016.

MAK, T. Truncation error analysis of MTBF computation for multi-latch synchronizers. **Microelectronics Journal**, 43(2), 160–163, doi:10.1016/j.mejo.2011.09.011, 2012.

NBR ISO 9004: Sistemas de gestão da qualidade – Diretrizes para melhorias de desempenho. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro, 48p, 2000.

NÓBREGA, G. C.; ROMANO, I. Implantação de indicadores de produtividade dos serviços de armação e forma para melhoria do planejamento e controle de obra. Monografia apresentada ao **Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás**, para obtenção do título de Engenheiro Civil. Goiânia, 2010.

RESAT, H. G.; UNSAL, B. A novel multi-objective optimization approach for sustainable supply chain: A case study in packaging industry. *Sustainable Production and Consumption*, v. 20, p. 29-39, 2019.

RIBEIRO, I. M.; GODINA, R.; PIMENTEL, C.; SILVA, F. J. G.; MATIAS, J. C. O. Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. **Procedia Manufacturing**, 38, 1574–1581, 2019. doi:10.1016/j.promfg.2020.01.128

ROSARIO, J. M. Automação Industrial. São Paulo: Baraúna, 2009.

SANTOS, M. J. M. F. Gestão de Manutenção do Equipamento. 2009. 76f. Relatório Final Projeto (mestrado) - **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto/ Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**, 2009.

_____, L. M. A. et al. A Importância da manutenção industrial e seus indicadores. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, ed. 11, Vol. 01, pp.108-128. Novembro de 2019. ISSN: 2448-0959.

SOUZA, U. E. L. Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil. **SESI – CBIC**; Brasília, DF: CBIC, 2017. 92 p.