O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO TEÓRICO REFERENTE À MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Rafael José Ribeiro de Moraes[1], Gabriel Gomes[1], André Franchini, Edson Fernandes, Renan Siqueira
[1]State University of Campinas, São Paulo, Brazil
rafaeljose.95@hotmail.com
oliveiragomesgabriel@ieee.org
arfranchini@gmail.com
eng-edson@outlook.com
siqueira.rt@gmail.com

Resumo: **A aplicação de metodologias de manutenção tornou-se necessária para as indústrias brasileiras devido à quantidade de despesas aplicadas neste âmbito. A quantidade de manutenções deve ocorrer eficientemente, evitando desperdícios, pois, este é um elemento que desencadeia perdas no processo produtivo e acréscimo nas despesas como um todo. Este trabalho tem o propósito de demonstrar os conceitos teóricos das principais metodologias de manutenção existentes e aplicadas nas indústrias, além de demonstrar os ganhos que ocorrem caso determinada metodologia seja executada.**

Palavras Chave: ***Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Confiabilidade***

I. INTRODUCÇÃO

O aumento quanto a competitividade no mercado de trabalho demanda que as empresas, independentemente do de seu faturamento, se adaptem o mais brevemente evitando que percam seus clientes e espaço no setor de atuação. As empresas com maior agilidade e desenvoltura nos processos de adaptação quanto a demanda referida pelo mercado se renova e aumenta sua amplitude diante o mercado.

O processo de produção de qualquer empresa é considerado uma atividade fim, ou seja, é uma operação essencial para continuidade ao negócio. Sendo assim, muitas empresas buscam alternativas para reduzirem seus custo e perdas, com o objetivo de aumentar sua produtividade. Dentre as alternativas, podemos destacar a implementação de um sistema que mede a eficiência da produção, como o OEE, assim como investimentos no departamento de manutenção com o objetivo de ampliar a disponibilidade dos ativos. Tais alternativas respondem ao aumento de competitividade entre os produtos no mercado e ao reconhecimento que o setor produtivo e manutenção como estratégicos para que a mesma possa atingir seus objetivos financeiros, vendas, qualidade, dentre outros.

O objetivo deste trabalho é analisar quantitativamente se paradas por manutenção interferem na produtividade da empresa e possíveis ações efetivas para redução dos impactos de paradas por manutenções corretivas não planejadas. Atualmente há discussão no âmbito do mercado sobre o departamento manutenção ser considerado como atividade fim da empresa em razão dos impactos que a mesma gera em sua estratégia, sendo responsável pelo aumento da disponibilidade, confiabilidade e segurança dos ativos.

II. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A. O que é Manutenção?

A manutenção é um conjunto de ações técnicas e administrativas cujo objetivo é preservar ou readmitir a função requerida de um equipamento.

B. Manutenção Corretiva Não Planejada

A manutenção corretiva não planejada pode ser caracterizada como manutenção corretiva não programada ou manutenção emergencial.

Este tipo de manutenção trata de intervenções em equipamentos em que o defeito já ocorreu, o defeito pode ser uma falha ou queda de rendimento e por ser emergencial não se faz de modo planejado ou com preparação para o serviço. A falta de planejamento neste tipo de manutenção resulta em custos diretos e indiretos.

Os custos diretos estão relacionados com a manutenção do ativo, ou seja, mão de obra, peças substituídas, ferramentas, dentre outros. Já os custos indiretos estão relacionados as perdas de qualidade, produção e energia. Como por exemplo, paradas repentinas de equipamentos podem ocasionar grande liberação de vapor, além disso, este tipo de parada eventualmente causa mais danos ao sistema.

C. Manutenção Corretiva Não Planejada

Durante a implementação de um sistema de avaliação dos instrumentos de medição, é necessário determinar quais são os instrumentos de medição que devem ser controlados, o que pode ocorrer de acordo com a seguinte sequência: esse tipo de manutenção arquiteta todo trabalho que será executado no momento, baseia-se nos efeitos e indicadores das manutenções Preditivas, Detectivas e/ou Inspeções.

Deste modo, esta modalidade de manutenção serviu para o embasamento teórico do trabalho em questão, pois, este tipo de manutenção acaba tornando-se mais acessível por ter menor custo (menos paradas de processos), rápida e mais segura se comparado com manutenções emergenciais. Além disso, obtém-se qualidade superior.

Se a decisão gerencial for que o equipamento opere até quebrar é possível ainda realizar algum tipo de planejamento para auxiliar no momento em que ocorre o dano, tendo como,

por exemplo, medida cabível como equipe de manutenção sob alerta, equipamentos sobressalentes prontos para serem instalados, entre outras opções. As vantagens da adoção deste tipo de manutenção são:

Redução do tempo de parada do equipamento e consequentemente do impacto gerado na produção, com base no alinhamento dos interesses de produção e manutenção; Planejamento da execução do trabalho e garantia de equipe qualificada, materiais e ferramentas necessárias para tal, para que não haja avaria no equipamento.

D. Manutenção Preventiva

Segundo a NBR 5462, a Manutenção Preventiva é executada em períodos preestabelecidos com o intuito de reduzir ou substituir algum item em degradação ou que apresenta probabilidade de falha em um equipamento.

A adoção deste tipo de manutenção deve se também pelo fator de segurança que o equipamento possui no processo e o risco a que expõe as pessoas. Além disso, outros fatores devem ser considerados para adoção da mesma como a possibilidade de realização de manutenção no equipamento, assim como os sistemas industriais que operam continuamente.

E. Manutenção Preditiva

A Manutenção Preditiva corresponde ao acompanhamento das condições de funcionamento do equipamento através de dispositivos e/ou sensores com o objetivo de detectar previamente a necessidade de intervenção no mesmo, levando o ativo a operar dentro de condições controláveis até o fim de sua vida útil.

Conforme a NBR 5462, este tipo de manutenção é considerado como a manutenção que gera qualidade, pois possibilita o planejamento da execução da atividade e, além disso, reduz os custos de manutenção preventiva e corretiva emergencial.

Segundo Nascif, o propósito deste tipo de manutenção é garantir a continuidade na operação de processos e/ou sistemas industriais através do acompanhamento de vários parâmetros gerados pelos equipamentos. Desta maneira, a Manutenção Preditiva promove a disponibilidade e confiabilidade à proporção que não estimula a intervenção desnecessária nos equipamentos.

Ao alcançar os níveis máximos para uma operação segura devido a degradação física máxima de um equipamento, é realizada a intervenção de forma planejada. A manutenção nesse momento pode optar pelo reparo ou substituição do equipamento de acordo com o plano de produção.

Ao aderir a Manutenção Preditiva nos ativos, ocorre a redução dos custos devido ao constante acompanhamento do funcionamento dos equipamentos, desta maneira, reduzindo intervenções inesperadas.

F. Manutenção Detectiva

De acordo com Nascif, a Manutenção Detectiva teve início na década de 90 e é definida como o tipo de manutenção que averigua os sistemas de proteções, comando e controle com o intuito de detectar as falhas ocultas nos equipamentos que dificilmente serão percebidas pelos operadores e manutenções.

Um exemplo deste tipo de manutenção é a função Watchdog que alguns equipamentos possuem. Esta função realiza um reset no equipamento caso ele apresente algum tipo de falha e ou defeito sendo possível monitorar a atuação desta função a partir de um anunciador de alarmes ou supervisório do sistema.

G. Confiabilidade

Segundo Nascif, o termo confiabilidade surgiu com a análise de falhas em equipamentos eletrônicos de uso militar durante a década de 50 nos Estados Unidos. Conforme a NBR 5462, a expressão confiabilidade é a capacidade de um sistema ou equipamento exercer sua função requerida em determinadas condições durante um período.

A expressão Confiabilidade R(t) é utilizada como uma grandeza de desempenho de confiabilidade.

Na íntegra o este termo é a probabilidade de um equipamento executar sua função solicitada sob condições determinadas de uso durante um período determinado.

Desta maneira, a confiabilidade de um equipamento é expressa pela distribuição exponencial (taxa de falhas constantes) que é expresso pela equação 1.

$$R(t) = e - ht \qquad (1)$$

R(t) = confiabilidade a qualquer tempo t, e = base dos logaritmos neperianos, e λ = taxa de falhas ou número total de falhas por período de operação. t = tempo previsto de operação.

H. Desempenho e Falha

Todo equipamento é construído e desenvolvido para executar determinada função, porém o desempenho de um equipamento pode ser categorizado da seguinte forma: desempenho Inerente, no qual o desempenho que o equipamento é capaz de oferecer e desempenho requerido, no qual desempenho que queremos obter equipamento.

Manutenção torna o equipamento capaz de desenvolver seu desempenho inerente. Caso o desempenho do equipamento não seja o desejado, pode-se atribuir a dois fatores, como as modificações equivocavam para atingir o rendimento necessário ou redução da vida útil do equipamento devido ao estresse ao entrar em operação.

Quando um equipamento não apresenta o resultado desejado utiliza-se o termo falha para demonstrar esta ocorrência. Uma falha pode simbolizar parada de produção, operação em regime instável, perda de rendimen0to, deterioração ou perda de qualidade do produto.

Quanto maior a quantidade de falhas apresentadas por um equipamento menor será a sua confiabilidade em determinadas condições de operação. Quanto maior a confiabilidade, melhores serão os resultados para o fornecedor (fabricante) e ao cliente, porém o aumento da confiabilidade precisa estar diretamente ligado ao ganho financeiro, pois, se houver uma redução nos custos de produção, poderá resultar em grande

aumento em relação ao custo de manutenção. O gráfico 1 demonstra a tendência dos custos.

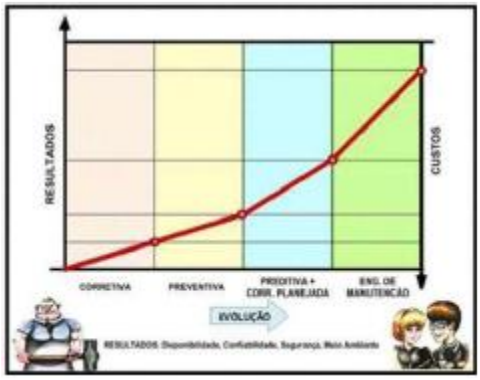

Gráfico 1 Relação entre Confiabilidade e Custos.
Fonte: ABRAMAN – 2006

Conforme a NBR 5462, falha significa que um equipamento não consegue mais realizar sua função desejada. Desta Maneira, a falha é cessação do equipamento em executar sua função requerida.

A Taxa de Falhas é o número de falhas que ocorrem por unidade de tempo, normalmente, demonstra se em unidades de falha por milhão de hora (10^6). A equação 2 expressa como a mesma é calculada.

Todo equipamento, produto e/ou sistema possui vida útil em que o número de falhas está ligado diretamente a sua expectativa de vida. O gráfico 2 representa a curva banheira que expressa o resultado de estudos estatísticos das falhas de equipamentos em geral.

Gráfico 2 Curva da Banheira
Fonte: Site Manutenção em Foco -2019

De acordo com o gráfico 2, pode-se constatar que existem vários períodos na vida de um equipamento (Curva da Banheira), sendo eles: mortalidade infantil, vida útil e desgaste.

Normalmente a mortalidade infantil ocorre devido à instalação indevida do equipamento ou sistema, ou seja, por um trabalho de baixa qualidade executado no momento inicial de um projeto. A manutenção arca com estes problemas, consequentemente gera-se baixa confiabilidade no sistema e menor lucratividade para a empresa.

No período de vida útil a ocorrência das falhas é significativamente menor quando comparado aos outros períodos. Neste período as taxas de falhas são constantes e normalmente conhecidas, sendo assim, favorecendo ações da engenharia e manutenção para otimizar os processos produtivos.

No período do desgaste ocorre um aumento na quantidade de falha devido ao desgaste natural e envelhecimento do equipamento ou sistema. É neste momento em que a engenharia de manutenção tem a oportunidade de fazer projetos de melhoria para reestabelecer a condição de vida útil, aumentando o tempo de operação do ativo.

I. Manutenção Centrada em Confiabilidade

A manutenção centrada em confiabilidade é uma metodologia que analisa equipamentos e/ou sistemas de maneira minuciosa com o objetivo de detectar pontos fracos, à vista disso aplicar os tipos de manutenção necessários para prevenir falhas ou paradas e reduzir perdas.

Os procedimentos para elaborar a Manutenção Centrada em Confiabilidade são: escolha do sistema ou equipamento para análise, a definição das funções e padrões de desempenho, a determinação das falhas funcionais e padrões de desempenho atuai, análise dos Modos e Efeitos das Falhas, o histórico de manutenção e revisão da documentação técnica e pôr fim a determinação das ações de manutenção (política, tarefas, etc.) e projetos de melhorias.

Qualquer equipamento ou sistema tem função e rendimento definido no momento em foram instalados e projetados. A manutenção tem como responsabilidade manter estes padrões e funções de desempenho ao decorrer do tempo.

Caracteriza-se falha operacional quando equipamento ou sistema não consegue realizar sua função operacional, sendo assim, entende se que falha operacional é o mesmo que perda de função.

A aplicação desta metodologia consiste em realizar uma análise de como pode-se ocorrer perda de função e quais são os problemas isso acarretará para o sistema em questão. Este tipo de análise de falha busca identificar as causas, classificar e registrar os efeitos que isso causará, podendo citar como exemplo a queda de produção, segurança, meio ambiente, qualidade do produto, dentre outros. A perda de função pode ocorrer por dois tipos de falhas, a falha oculta e a falha evidente, como o próprio nome já diz uma é imperceptível aos olhos dos operadores, enquanto a outra pode ser observada e mensurada.

A manutenção centrada em confiabilidade foi desenvolvida nos anos 70 pelo setor de aviação comercial nos Estados Unidos, no qual houve a superação do paradigma da curva tipo “banheira” que caracteriza a falha nos equipamentos, pois demonstrou-se que existem diversos outros tipos de curva de quebra e varia conforme tipo de equipamento ou sistema.

Para solucionar estes problemas das curvas de quebras que mais ocorriam necessitava compreender que as falhas influem decisivamente em adotar ou não manutenções preventivas, sendo assim, as formas de atuação definidas foram: manutenção preditiva ou manutenção sob condição, manutenção preventiva com tarefas programas de restauração (equipamentos que tem falhas padronizadas e desgastes ao

longo do tempo que podem ser previstos) e manutenção preventiva com tarefas programadas de descarte.

A Manutenção sob Condição é baseada no conceito de que toda falha pode ser prevista com antecedência, pois o equipamento fornece sinais de que ocorrerão as falhas.

(manutenção preditiva). As medições dos sinais de falha variam conforme criticidade do equipamento para o sistema, porém não se deve haver desperdícios de recursos de medição caso não haja a necessidade.

No momento em que a falha potencial começou a ser detecta até o ponto de real falha possui o nome de Lead Time to Failure. O gráfico 3 demonstra a curva Lead Time to Failure. Em que a MCC define dois tipos de falhas a Falha Potencial (processo de ocorrência de uma falha) e Falha Funcional (não desempenha mais a função necessária, desempenho fora dos limites desejados, etc.).

Gráfico 3 – Curva P-F
Fonte: ENGETELES – 2019

Manutenção baseada na condição possui a vantagem de ser mais barata quando comparada aos outros tipos de manutenção, pois somente será executada manutenção no equipamento quando houver real necessidade. Além disso, a mesma possibilita desenvolver um planejamento tanto da produção quanto da manutenção para execução da atividade.

A Manutenção Preventiva com intuito de substituição do equipamento a partir do fim de sua vida útil veem sendo menos utilizado devido ao fator da Manutenção Preditiva ou Manutenção sob Condição.

Os benefícios que a Manutenção Centrada em Confiabilidade gera para as empresas são a melhora no desempenho operacional, no custo benefício, nas condições ambientais e de segurança, assim como no aumento da vida útil do equipamento, no banco de dados de manutenção, o compartilhamento dos problemas detectados pela manutenção e maior geração de trabalho em equipe.

III. CONCLUSÃO

O objetivo inicial deste trabalho era demonstrar os impactos que as paradas não programadas por problemas de manutenção geram na produtividade além de analisar as demais paradas que ocorrem na unidade fabril.

Através dos números disponibilizados pelo OEE constatou se que a manutenção dos equipamentos interfere consideravelmente no montante das paradas que ocorrem na fábrica, porém ao longo dos meses nota se que as paradas que ocorrem por falhas administrativas começaram gerar grandes impactos nas perdas tornando-se maiores que as de manutenção em um determinado período. Desta maneira, deve se realizar melhorias e ou correções no setor administrativo para que não ocorra as perdas que surgiram ao longo dos meses analisados, lembrando que estes gráficos variam conforme os problemas que surgem na unidade fabril, ou seja, caso as máquinas estejam paradas por problemas administrativos normalmente existe uma redução no número de paradas por manutenção, pois gera se uma redução na quantidade de operações do equipamento que consequentemente reduz o desgaste do mesmo. Sendo assim, não é recomendado parar com ações de melhoria no setor de manutenção devido ao fato dele gerar os maiores impactos na produtividade nos demais meses.

De acordo com os dados e equipamentos analisados, a execução de manutenção preventiva seguindo o plano de manutenção anual disponibilizado pelo fabricante do equipamento reduz significativamente o número de paradas por manutenção corretiva não planejada. Informo que devido ao estado de conservação dos equipamentos optou se por realizar todo o plano de manutenção em uma única parada programada de manutenção para aumento global de produtividade do equipamento. Ademais, o plano de lubrificação disponibilizado pelo fabricante progrediu conforme necessidade dos equipamentos.

Portanto, conclui-se que paradas por manutenção interferem diretamente na produtividade da empresa e que executar manutenções preventivas nos ativos reduz significativamente o número de paradas por manutenção corretivas não programadas, além de auxiliar numa melhor programação e controle de produção. Porém, ocorrem outros tipos parados que geram diretamente grandes impactos na produtividade da unidade fabril, os mesmos devem ser solucionados para que o foco principal seja solucionar problemas voltados a área de manutenção e produção.

REFERÊNCIAS

[1] A. C. S. Silva, H. R. Araújo, V. A. Macena, J. R. S. Moreno, A. A. Vicente, T. F. C. Hermenegildo and T. F. A. Santos, "Aplicação da Metodologia para Qualificação de Procedimentos de Soldagem de Tubulações Industriais Conforme Parâmetros dos Códigos ASME B31. 3 e ASME SECTION IX," *Soldagem & Inspeção*, vol. 24, 2019.

[2] M. K. I. Favela Herrera, J. A. Hernández Gómez, M. T. Escobedo Portillo and R. R. López, "Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto," 2019.

[3] L. D. D. R. Calache, C. B. Pedroso, F. R. Lima Junior and L. C. R. Carpinetti, "Proposta de um modelo de avaliação e de seleção de fornecedores de manutenção industrial utilizando Fuzzy-TOPSIS," *Gestão & Produção*, vol. 26, 2019.

[4] E. P. Ferreira, C. Gruber, E. A. D. Merino, G. S. A. D. Merino and L. G. L. Vergara, "Gestão estratégica em frigoríficos: aplicação da análise SWOT na etapa de armazenagem e expedição," *Gestão & Produção*, vol. 26, 2019.

[5] A. Alvarez and C. A. Brando, "Revisitando la politica industrial y la industrializacion en la America Latina del siglo XX," *Revista de Estudios Sociales*, p. 2–8, 2019.

[6] Abiplast, *Associação Brasileira da Indústria do Plástico.* [Online].

Available: http://www.abiplast.org.br/. [Accessed: Jun. 10, 2020]

[7] A. Kardec, J. Esmeraldo, J. Lafraia and J. Nascif, “Gestão de ativos,” *Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda*, 2014.

[8] A. Kardec and J. Nascif, Manutenção Função Estratégica, 4th ed. ed., Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

[9] J. Nascif and L. C. Dorigo, Manutenção Orientada Para Resultados, 1st ed. ed., Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2010.

[10] PICPLAST, “Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico”. [Online]. Available: http://www.picplast.com.br/. [Accessed: May. 15, 2020]

[11] D. A. d. Silva and M. V. Antunes, “Proposta de implantação da manutenção preventiva em um supermercado do oeste do Paraná,” 2012.

[12] Vorne Industries Inc., “Overall Equipment Effectiveness,” [En línea]. Available: https://www.vorne.com/tools/overall-equipment-effectiveness.htm. [Accessed: Jan. 01, 2020].