



UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

THIAGO GUIDORZI CARRINO

**OS IMPACTOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA
INDÚSTRIA**

**FEIRA DE SANTANA
Fevereiro de 2022**

THIAGO GUIDORZI CARRINO

**OS IMPACTOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA
INDÚSTRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica, da Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Rafael da Silva Gusmão Cardoso.

Coorientador: Prof. Me. Reginaldo Barnabé Gonzalez Grimaldi.

**FEIRA DE SANTANA
Fevereiro de 2022**

THIAGO GUIDORZI CARRINO

**OS IMPACTOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA
INDÚSTRIA**

Feira de Santana, 25 de fevereiro de 2022

Banca Examinadora:

Prof. Me. Rafael da Silva Gusmão Cardoso

Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Orientador

Prof. Me. Márcio da Silva Pereira Bove

Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Avaliador

Prof. Me. Flávio Couvo Teixeira Maia

Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Avaliador

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação da manutenção tradicional com MCC	14
Quadro 2 - Etapas do processo de MCC.....	18
Quadro 3 - Principais estudos sobre o tema	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da manutenção.....	10
Figura 2 - Evolução das técnicas de manutenção nas indústrias	13
Figura 3 - Passos para implementação de melhorias do sistema MCC.....	13
Figura 4 - Intervalo P-F	16
Figura 5 - Fluxograma da Metodologia.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADAB	Agência de Defesa Agropecuária da Bahia
ATA-MSG-3	Air Transport Association Maintenance Steering Group 3
EPRI	Electric Power Research Institute
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
IEC	International Electrotechnical Commission
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Repair
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
NRC	National Regulatory Commission
SAE	Society of Automotive Engineers

SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Fundamentação Teórica	8
2.1 História da Manutenção.....	8
2.2 Tipos de Manutenção	10
2.3 Aplicações da MCC	13
2.4 Objetivos da Manutenção	13
2.5 Funções de Um Sistema	14
2.6 Falhas de Um Sistema	16
2.7 Aplicabilidade	18
2.8 Indicadores de Manutenção	18
3. Metodologia.....	19
3.1 Natureza e Tipo de Pesquisa	19
3.2 Método da Pesquisa.....	19
3.3 Área de Estudo.....	20
3.4 Coleta de Dados.....	20
3.5 Análise e Interpretação dos Dados.....	20
4. Resultados.....	20
5. Conclusão.....	24

OS IMPACTOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA INDÚSTRIA

Thiago Guidorzi Carrino

Departamento de Engenharia Elétrica, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana,
Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Abstract: *The main method applied in companies to maintain cost reduction and product reliability in production today is reliability-centered maintenance. The purpose of maintenance in companies is to achieve the highest level of reliability made with the least investment in components and labor, having a strategic role in organizations. In the industry, this tool has been applied more frequently, in order to ensure a high level of equipment availability. Therefore, this work had as main objective to discuss the impacts of the application of reliability-centered maintenance in the industry. For this, issues such as the concepts of Reliability Centered Maintenance and a brief history were addressed. It also explored the applicability and its maintenance indicators. The research was characterized as being descriptive, as it was based on a theoretical basis. A qualitative approach was used, considering that the study was developed from secondary sources. In this way, the nature of the work is framed as bibliographic research, as it was based on books, publication of periodicals and electronic articles that were used as instruments for data collection.*

Keyword: Industry, Maintenance, Applicability

Resumo: O principal método aplicado nas empresas para manter a redução de custos e a confiabilidade dos produtos na produção atualmente é a manutenção centrada na confiabilidade. A finalidade da manutenção nas empresas é atingir o mais elevado nível de confiabilidade feita com o menor investimento em componentes e mão de obra, sendo um papel estratégico nas organizações. Na indústria esta ferramenta vem sendo aplicada de forma mais recorrente, com o intuito de garantir um elevado índice de disponibilidade dos equipamentos. Assim sendo, este trabalho teve como principal objetivo discutir sobre os impactos da aplicação da manutenção centrada na confiabilidade na indústria. Para isso, foram tratadas questões como os conceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade e um breve histórico. Também explorou sobre a aplicabilidade e seus indicadores de manutenção. A pesquisa foi caracterizada como sendo descritiva, pois se fundamentou em base teórica. Foi utilizada uma abordagem qualitativa, tendo em vista que o estudo foi desenvolvido a partir de fontes secundárias. Dessa forma, a natureza do trabalho se enquadra como pesquisa bibliográfica, pois foi pautada em livros, publicação de periódicos e artigos eletrônicos que foram utilizados como instrumentos para a coleta de dados.

Palavras-chave: Indústria, Manutenção, Aplicabilidade.

1. Introdução

Nas últimas décadas, tem se desenvolvido muito a manutenção em consequência de um aumento exponencial da tecnologia originando diversos equipamentos. Além disso, a complexidade dos projetos tem demandado uma organização cada vez maior da manutenção por melhorias devido ao aumento da competitividade das empresas, como afirmam Kardec e Nascif (2009).

A competição acirrada impõe que as empresas tenham um compromisso contínuo com o aperfeiçoamento de seu processo. Conforme destacam Kardec e Nascif (2009), a manutenção necessita deixar de ser eficiente para se tornar eficaz, isto é, não basta apenas realizar os reparos nos equipamentos ou instalações o mais rapidamente possível. É preciso manter a função do equipamento para a operação, bem como evitar a falha do mesmo e diminuir os riscos de uma parada de produção não planejada.

De acordo com Siqueira (2012), a manutenção, vista como função estratégica, responde diretamente pela disponibilidade e confiabilidade dos ativos físicos e na qualidade dos produtos, demonstrando, portanto, grande a importância do ativo nos resultados da empresa.

O desafio da otimização dos ativos de produção consiste em um processo que envolve a avaliação de funções, tarefas e atividades com o objetivo de conseguir um equilíbrio entre a atividade reativa, preventiva e preditiva para garantir a preservação das funções dos ativos. Este processo é alcançado por meio da identificação dos modos de falhas dos equipamentos, assim como das respectivas consequências de falhas, conforme destaca Siqueira (2012). A finalidade em otimizar a eficiência do ativo é atingir o mais elevado nível de confiabilidade com o menor investimento.

Segundo Moubray (1999) a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) consiste em um processo aplicado para se determinar o que deve ser feito visando assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus usuários querem que ele faça diante do contexto operacional atual.

A realização deste estudo justifica-se pela importância e contribuição que a aplicação da MCC oferece à indústria de forma geral. Apesar de muitas indústrias apresentarem um nível de maturidade de sua gestão de manutenção muito elevado, não são todas as empresas do segmento industrial que a utiliza, tendo em vista o desconhecimento acerca da ferramenta.

A indisponibilidade de equipamentos em meio ao processo produtivo de uma empresa compromete a qualidade do seu produto e provoca paradas não planejadas acarretando um alto custo em seu processo de produção. Nesse contexto, fica clara a importância do tema e sua correlação com as atividades do profissional Engenheiro Eletricista na condição de gestor de manutenção ou mantenedor.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi discorrer, com base em uma pesquisa bibliográfica, sobre os impactos da aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade na indústria. Quanto aos objetivos específicos, foram abordados aspectos relevantes sobre a história da manutenção, bem como os tipos de manutenção. Ademais, foi discorrido sobre a aplicação e objetivos da MCC. No tocante ao sistema, foram destacadas as suas funções e falhas. Também foi exposto acerca da aplicabilidade e indicadores de manutenção. Por fim, foi discorrido sobre os impactos da MCC no contexto da indústria.

2. Fundamentação Teórica

2.1 História da Manutenção

A história da manutenção pode ser dividida em aproximadamente quatro gerações distintas: Primeira Geração; Segunda Geração; Terceira Geração e, Quarta Geração.

2.1.1 Primeira Geração

A primeira geração é compreendida pelo período de 1940 a 1950, que coincide com o final da Segunda Guerra Mundial. Neste período, a mecanização da indústria era ainda incipiente, utilizando-se equipamentos simples e sobredimensionados para as

funções onde eram aplicados. Em consequência, a sociedade da época pouco dependia do seu desempenho, exigindo apenas que fossem restaurados quando apresentassem defeitos, os quais eram minimizados pelo seu dimensionamento. A atividade de manutenção, na forma planejada, praticamente inexistia, limitando-se às tarefas preventivas de serviço, tais como limpeza e lubrificação de máquinas e tarefas corretivas para reparação de falhas (SIQUEIRA, 2012).

Como afirma Moubray (2000), nesta geração, a manutenção tinha ênfase no conserto após a falha. A visão em relação às falhas dos equipamentos era que todos os equipamentos se desgastavam com o passar do tempo, ocasionando falhas ou quebras, como destacam Kardec e Nascif (2009). A competência que se buscava era basicamente a habilidade do executante em realizar o reparo necessário.

2.1.2 Segunda Geração

Encerrada a Segunda Guerra Mundial inicia-se, aproximadamente nos anos de 1950, a segunda geração da história da manutenção, que se estendeu até o ano de 1975. Resultado do esforço de industrialização do pós-guerra, esta geração acompanhou a disseminação das linhas de produção contínuas gerando a dependência da sociedade em relação aos produtos e processos industriais. Nesta época, registra-se a primeira escassez de mão de obra especializada. Isto resultou em um custo crescente de correção das falhas, em especial devido à produção e consumo contínuos. Em razão de uma maior disponibilidade e vida útil, o baixo custo tornou-se o objetivo básico de avaliação dos equipamentos industriais (SIQUEIRA, 2012).

Sob a mesma ótica de Siqueira (2012), Moubray (2000) destaca que a segunda geração estava relacionada ao surgimento de maiores exigências acerca da disponibilidade operativa, assim como da vida útil dos equipamentos, bem como custos reduzidos.

2.1.3 Terceira geração

Surgiu a partir da década de 1970 e teve como pilares o crescimento da automação e da mecanização passando a indicar que a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se o ponto chave em setores tão distintos quanto à saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações. Quanto maior era a mais as falhas eram frequentes afetam assim, a capacidade de manter padrões de qualidade estabelecidos. Isso se aplica tanto aos padrões do serviço quanto à qualidade do produto. Por exemplo, falhas em equipamentos podem afetar o controle climático em edifícios e a pontualidade das redes de transporte (SIQUEIRA, 2012).

Ainda com base em Siqueira (2012), nota-se que as falhas provocam sérias consequências quanto à segurança e no meio ambiente, em um momento em que os padrões de exigências nessas áreas estão aumentando rapidamente. Em algumas partes do mundo, chega-se a um ponto em que as empresas ou satisfazem às expectativas de segurança e de preservação ambiental ou poderão ser impedidas de funcionar. Na terceira geração, portanto reforçou-se o conceito da manutenção preditiva.

Na concepção de Moubray (2000), a terceira geração destaca-se pelos seguintes aspectos: maior disponibilidade, confiabilidade, segurança e vida útil, com a preocupação em relação a ausência de

danos ao meio-ambiente, bem como ações de manutenções eficazes relacionadas aos custos envolvidos.

2.1.4 Quarta geração

A quarta geração da manutenção teve início aproximadamente no ano de 2011, decorrente de um processo natural de evolução da terceira geração. Siqueira (2012) define como as principais mudanças entre a terceira e a quarta geração a gestão de risco aplicada aos ativos, a confiabilidade humana, além da acuracidade na medição e demonstração de resultados.

De acordo com Kardec (2010), a busca pelo aperfeiçoamento da confiabilidade e disponibilidade se torna cada vez mais exigente. Essa nova fase é associada uma parcela de responsabilidades quanto ao meio ambiente e à segurança.

Com base em MOUBRAY (1997), segue a Figura 1, que evidencia a evolução da manutenção:



Figura 1 - Evolução da manutenção. Fonte: Adaptado MOUBRAY (1997).

2.2 Tipos de Manutenção

2.2.1 Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva é a atuação realizada para reduzir falhas ou quedas no desempenho dos equipamentos, máquinas e instalações obedecendo-se a um planejamento baseado em períodos pré-estabelecidos. Para Xavier (2003), um dos segredos de uma boa manutenção preventiva está na determinação dos intervalos de tempo. Como existe uma tendência ao conservadorismo, os intervalos normalmente são menores que o necessário, o que implica em paradas e troca de peças desnecessárias.

Na concepção de Almeida (2000), todos os programas de gerência de manutenção preventiva destacam que as máquinas degradarão de acordo com um quadro típico de sua classificação em particular, ou seja, os reparos e recondiçionamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha (CTMF).

Segundo Monchy (1989), a manutenção preventiva pode ser compreendida como uma intervenção técnica no equipamento, tomando-se como base um escopo de ações de manutenção pré-determinado ou troca de itens, antes mesmo do surgimento de falhas operacionais ou avarias. Assim, por meio dessa proposta busca-se antever a quebra do equipamento de forma a manter a sua disponibilidade total para a produção.

2.2.2 Manutenção Preditiva

De acordo com Otani e Machado (2008), esse é o tipo de manutenção

que realiza o acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos visando definir o instante correto da intervenção com o máximo de aproveitamento do ativo.

Para Almeida (2000), a manutenção preditiva representa uma forma de melhorar a produtividade, qualidade do produto, o lucro e a efetividade global de plantas industriais de manufatura e de produção. Isso ocorre porque a abordagem utiliza ferramentas mais efetivas a fim de obter a condição operativa real dos sistemas produtivos, ou seja, consegue fornecer dados sobre a condição mecânica de cada máquina, determinando o tempo médio real para a falha. Assim sendo, todas as atividades de manutenção são programadas em uma base e de acordo com a necessidade.

Destaca-se a diferença mais representativa entre a manutenção corretiva e a preditiva, na visão de Almeida (2000) está na capacidade de se programar o reparo quando ele terá menor impacto na produção, já que o tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e dificilmente pode ser recuperado. Reforça-se que, a maior parte das plantas industriais, durante períodos de produção de pico, operam 24 horas todos os dias. Sendo assim, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.

Kardec e Nascif (2009) recomendam um cenário próspero, de forma que devem ser desenvolvidas as práticas de manutenção, com o crescimento da manutenção preditiva, decréscimo da preventiva e grande redução na corretiva não planejada.

A manutenção preditiva propõe a identificação de falhas ocultas para

garantir confiabilidade. Uma das grandes vantagens de seu uso é a possibilidade de verificação e, até mesmo, correção de falhas sem necessidade de retirar o sistema de operação. Seu uso é cada vez mais disseminado por sistemas complexos, segundo Kardec e Nascif (2009), mas exige, no entanto, equipe bem treinada e preparada, além de instrumentos de controle mais sofisticados e de alto custo.

A Engenharia de Manutenção reflete a evolução do sistema de manutenção e representa uma concepção mais difícil de ser aplicada, pois exige mudança estrutural. Nesse sentido, Kardec e Nascif (2009) definem bem as duas mudanças de paradigmas que levam uma empresa a praticar a Engenharia de Manutenção: a primeira mudança ocorre quando se passa da manutenção preventiva para a manutenção preditiva, ou seja, quando no lugar de se parar o equipamento, baseado apenas no tempo, ele é mantido operando até um limite preestabelecido a partir de parâmetros que podem ser acompanhados (vibração, temperatura, etc.) compatibilizando a necessidade de intervenção com a produção. A segunda mudança ocorre quando se passa a adotar a engenharia de manutenção, ou seja, não basta ter uma boa manutenção do equipamento ou do sistema, mas sim, ter equipamentos e sistemas que tenham a disponibilidade que a empresa necessita para atender ao mercado.

Quanto às tendências de utilização dos tipos de manutenção, Kardec e Nascif (2009) evidenciam um comparativo ao longo das décadas. A manutenção corretiva apresenta tendência de queda ao longo do tempo, apesar de, a partir dos anos 60, o incremento da manutenção preditiva ter

causado uma tendência de aumento no nível da corretiva planejada. Já a manutenção preditiva ganhou força a partir da década de 60 e deverá se desenvolver ao ponto de ser a prática mais adotada, motivada pelo progresso na área eletrônica. A manutenção detectiva, que apareceu na década de 90, ainda é muito incipiente, mas sua importância cresce a cada dia, em função da disseminação dos microprocessadores e maior automação nas plantas.

Ressalta-se que o desenvolvimento deste estudo teve como foco a manutenção preditiva, tendo em vista a confiabilidade, de modo a não interromper o sistema produtivo.

2.2.3 Manutenção corretiva

Também chamada de manutenção emergencial ocorre quando os equipamentos, máquinas e instalações operaram até a ocorrência de uma falha (ou pane) para depois ser realizada a devida correção dela. Ocorre em situações imprevisíveis e, por essa razão, não pode ser pré-planejada ou programada em função do tempo. Exige do setor da manutenção urgência no procedimento e uma equipe preparada e responsável pela realização dos procedimentos.

A manutenção corretiva pode ser classificada em cinco categorias principais representadas por falha de preparação, recuperação, reconstrução, revisão e manutenção, conforme afirma Seleme (2015).

Na falha de preparação: o item não é restaurado ao seu estado operacional, obrigando a equipe a fazer a substituição. Na recuperação os elementos de manutenção corretiva consistem na eliminação de material

que não pode ser reparado e na utilização de material reaproveitado de equipamento que não puderam ser recuperados. Já na reconstrução a manutenção corretiva concentra-se na reconstrução de um item que passa a ter um desempenho mais próximo possível ao seu estado original, visando à expectativa de vida e à aparência desse item. É realizada por meio da desmontagem e substituição completa do equipamento e da análise de todos os componentes. Além disso, permite a reparação das peças desgastadas por outras com especificações originais.

A revisão pressupõe a restauração de um item ao seu estado original a partir do atendimento às normas, à facilidade de manutenção, utilizando-se de inspeção e reparos como especificados enquanto que a manutenção pode ser necessária por causa da ação da manutenção corretiva nos itens anteriormente apresentados.

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção corretiva pode ser dividida em manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada. A manutenção corretiva não planejada caracteriza-se pela correção da falha que acontece de maneira imprevisível. Ocorre de forma aleatória e é considerada emergencial. Já a manutenção corretiva planejada caracteriza-se pela atuação no equipamento antes da falha ocorrer, com base em um controle preditivo, ou seja, sabendo-se que a falha irá ocorrer é realizada a manutenção, em função do monitoramento de dispositivo de controle do sistema.

Na Figura 2 é demonstrada a evolução das técnicas de manutenção nas indústrias.

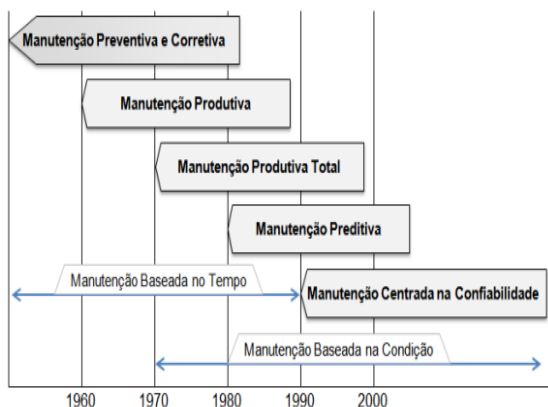


Figura 2 - Evolução das técnicas de manutenção nas indústrias. Fonte: LAFRAIA (2001).

2.3 Aplicações da MCC

Os benefícios foram logo percebidos pela indústria elétrica e nuclear, devido às similaridades dos requisitos de segurança com a indústria aeronáutica. Já em 1981, dez anos após às interações iniciais da United Airlines com a Marinha Americana, a MCC foi adotada na manutenção de submarinos nucleares com mísseis balísticos, e em especial os da série Trident. Nesse mesmo ano, Anthony M. Smith, então na General Electric e Tom Matteson da United Airlines iniciaram através do EPRI (*Electric Power Research Institute*) um centro de pesquisa da indústria elétrica americano com estudos voltados para a viabilidade de aplicação da MCC em usinas elétricas nucleares, após o grande acidente na Usina Nuclear *Three Mile Island*, no estado da Pensilvânia.

Segundo Magalhães (2013), tais estudos motivaram o EPRI, em 1984, a recomendar a sua aplicação na geração nuclear. Isto motivou em 1985, a empresa *Flórida Power e Light* a testar sua efetividade através de um projeto piloto na Usina *Turkey Point*, sob o patrocínio do EPRI e liderança de Anthony M. Smith e Tom Matteson,

seguindo em 1986, por outro projeto piloto na Usina Nuclear McGuire da Duke Power. Estas experiências consolidaram a metodologia, hoje adotada em mais de 400 usinas nucleares e regulamentadas pela NRC (*National Regulatory Commission*) nos Estados Unidos.

A generalidade dos conceitos e técnicas da MCC é aplicável atualmente, a qualquer sistema, independente da tecnologia onde seja necessário manter a funcionalidade de processos ou ativos físicos.

Na figura 3, destacam-se os passos para a implantação da MCC.

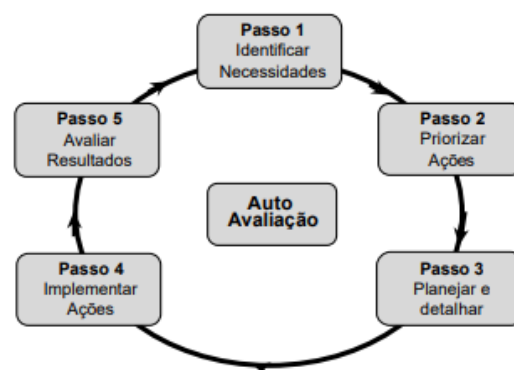


Figura 3 - Passos para implementação de melhorias do sistema MCC. Fonte: Yamanaka et al. (2006).

2.4 Objetivos da Manutenção

Na concepção de Smith (2009), a manutenção tem como objetivo preservar as capacidades funcionais dos equipamentos e sistema em operação. Já Moubray (2000) reforça que o objetivo da manutenção é garantir que itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejam que eles façam. Resultado do esforço de padronização da MCC, a norma *Society of Automotive Engineers* (SAE JA1011) estabelece que a manutenção deva garantir que “itens físicos continuem a desempenhar suas funções

planejadas”. Segundo essa norma, cabe a MCC “determinar os requisitos de manutenção para modos de falhas que possam causar falhas funcionais de quaisquer itens físicos em seu ambiente operacional”.

Se antes a manutenção buscava preservar o equipamento, desativando-o, atuando em todos os itens e realizando tudo o que era possível ser feito, a MCC propõem segundo a norma IEC 60300-3-11 e o relatório *Air Transport Association Maintenance Steering Group 3* (ATA MSG-3):

- Preservar as funções dos equipamentos com a segurança requerida;
- Restaurar sua confiabilidade e segurança projetada, após a deterioração;
- Otimizar a disponibilidade;
- Minimizar o custo do ciclo de vida;
- Atuar conforme os modos de falhas;
- Realizar apenas a atividade que precisa ser feita;
- Agir em função dos efeitos e consequências das falhas e,
- Documentar as razões para a escolha das atividades.

No Quadro 1 é evidenciada a comparação sobre as características principais da MCC com a manutenção tradicional:

Características	Manutenção Tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o Equipamento	Preservar a Função
Atuação	Componente	Sistema

Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do Equipamento	Consequência da falha
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Quadro 1 - Comparação da manutenção tradicional com MCC. Fonte: Adaptado de Siqueira (2012).

De acordo com a Quadro 1, observa-se que na manutenção tradicional o foco é no equipamento, tendo em vista que o objetivo da manutenção é manter o equipamento em funcionamento. Além disso, a atuação da manutenção está voltada para o componente, os dados possuem pouca ênfase, a documentação é reduzida, a metodologia aplicada é empírica e o combate às falhas é voltado para a deterioração do equipamento. Destaca-se que na manutenção tradicional não há normatização e nem existe priorização quanto às falhas.

Já na MCC o foco está na função do equipamento, já que o objetivo é preservar essa função. Neste tipo de manutenção a atuação é voltada para o sistema, as atividades são relacionadas ao que necessita ser feito e os dados possuem grande importância. Ademais, a documentação é obrigatória e sistemática e a metodologia estruturada. Na MCC, o combate está relacionado à consequência da falha, existe normatização e a priorização é pautada na função do equipamento (SIQUEIRA, 2012).

2.5 Funções de Um Sistema

De acordo com Barbosa (2009, p.18), “a identificação das funções dos sistemas consiste, em geral, de uma descrição textual, que contém obrigatoriamente sua finalidade ou

objetivo e, se possível, os limites aceitáveis de qualidade neste objetivo”.

Ainda com base em Barbosa (2009), as funções são classificadas como principais e secundárias, sendo que o processo da MCC deve ser iniciado a partir das funções principais. Assim, a função principal está relacionada ao motivo pelo qual o ativo foi adquirido. Nesse sentido, a finalidade da manutenção é garantir o desempenho mínimo das funções principais. Na maioria das vezes, os itens físicos realizam funções além das principais. Nesses casos, essas funções são classificadas como secundárias.

2.5.1 Análise do Sistema

Para Barbosa (2009), o conceito de falhas apresenta-se na interrupção ou alteração da capacidade de um item executar uma função requerida ou esperada.

Na visão de Moubray (1997) falha representa a interrupção ou alteração na capacidade de um item ou componente em desempenhar sua função requerida. Assim, a identificação das funções do sistema determina como esta função pode falhar, através da classificação das falhas do sistema, de acordo com o seu mecanismo e modos de falhas.

Segundo Smith e Hinchcliffe (2004), os principais pontos para a análise de um sistema são: a análise focada na perda da função e não na perda do equipamento e, atentar ao fato de que as falhas são apenas a perda de uma função.

2.5.2 Funções significantes no sistema

Segundo Nunes (2001), identificar as funções significativas de um sistema requer a análise de todas as funções e falhas funcionais vinculadas aos componentes e aos seus acessórios. Assim sendo, para Moubray (2000), a definição de uma função está associada a um objeto e ao seu padrão de desempenho almejado.

Conforme destaca Nunes (2001), não se pode deixar de destacar que as funções se classificam como principais ou primárias, e secundárias, onde a função principal consiste na razão básica para a existência de um item ou ativo, enquanto as funções secundárias são menos evidentes que as principais, mas nem por isso suas falhas deixam de existir, podendo trazer inclusive, uma série de consequências. Para Moubray (1997), a definição das funções de um sistema e subsistemas deve ser analisada a partir de um contexto operacional, bem como o padrão de desempenho de cada função. Para que isso seja possível, é fundamental a compreensão das seguintes etapas: definição do nível de análise: nesta etapa é estabelecida a profundidade da análise no sistema, definindo-se assim, os critérios a serem utilizados para a sua seleção; seleção dos sistemas: etapa em que serão selecionados os sistemas de maneira prioritária a partir do seu impacto sobre a segurança, o ambiente, operação e o custo; coleta de informações: etapa em que será criada a base de dados a ser utilizada nas análises, a partir da evolução do processo de implantação; identificação dos sistemas: determina os limites do sistema, identificando-se as suas entradas e saídas, o seu contexto operacional de modo a documentar as informações para que sejam realizadas as análises das funções e, identificar funções do sistema: etapa onde são identificadas as ações que o sistema ou subsistema

irá realizar, descrevendo a sua capacidade de desempenho, além dos limites operacionais para que sejam identificados para todos os modos de operação do equipamento ou componente.

2.6 Falhas de Um Sistema

2.6.1 Modos de Falhas

De acordo com Siqueira (2009), os modos de falhas são eventos ou condições físicas que resultam em uma falha funcional. Nesse sentido, os modos de falhas estão associados a uma causa de transição do estado normal de um componente para o seu estado anormal. Ainda com base em Siqueira (2009), os modos de falhas podem ser mecânicos, elétricos, estruturais e até mesmo humanos.

Na concepção de Barbosa (2009, p.20), “um modo de falha é definido como qualquer evento que causa uma falha funcional, ou seja, modos de falha são eventos que levam, associados a eles, a uma diminuição parcial ou total da função do produto ou de suas metas de desempenho”.

Ainda de acordo com Barbosa (2009), a identificação dos modos de falha de um componente representa em uma das etapas mais importantes para o desenvolvimento de ações preventivas. Assim, quando em um sistema ou em um processo são identificados os modos de falhas é possível prever as consequências e promover medidas que visem a correção e prevenção das falhas.

2.6.2 Identificação e classificação de falhas

De acordo com a definição da NBR 5462/1994, a falha consiste na

diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina em desempenhar a sua função por um período, necessitando assim, de reparo ou substituição. Assim, nessas condições, a falha leva um item ou equipamento a um estado de indisponibilidade.

Na visão de Kardec e Nascif (2010), a falha pode ser definida como a interrupção da função de um item ou a sua incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho previsto.

As falhas podem ser classificadas quanto a sua origem, extensão, velocidade, criticidade ou idade. De acordo com Siqueira (2005), quando se trata de manutenção centrada em confiabilidade utilizam-se duas classificações para as falhas: falha funcional e falha potencial. A falha funcional compreende na incapacidade de um item desempenhar uma função específica, podendo ser caracterizada como falha evidente, oculta ou múltipla. Já a falha potencial representa uma condição que pode ser identificada e mensurada.

Na Figura 4 é evidenciado o intervalo da falha potencial e funcional.

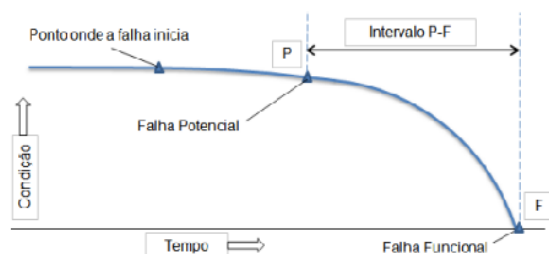


Figura 4 - Intervalo P-F. Fonte: Adaptado de Moubray (1997).

Para Tatsch (2010) a falha funcional compreende na incapacidade de um item ou componente em realizar uma função a partir dos limites esperados. Esse tipo de falha é conhecido como

“estado de falha”. A falha potencial compreende em uma condição identificada e mensurada que indica uma falha funcional pendente ou na iminência de acontecer. Neste caso, a falha é caracterizada como defeito.

Realizar a prevenção e correção das falhas compreende na finalidade primária da manutenção. Por esta razão, é importante conhecer como os itens falham e um deles consiste nos modos de falhas.

2.6.3 Identificação e classificação dos efeitos de falhas

Segundo Barbosa (2009), os efeitos das falhas decorrem de um modo de falha. Assim, é fundamental o estudo das falhas no sentido de conhecer os impactos dos modos de falha nas funções de um sistema ou instalação.

De acordo com Souza e Lima (2003), quando uma falha funcional é identificada torna-se necessário identificar todos os eventos prováveis, ou seja, os modos de falha, que causam a falha funcional, bem como os efeitos e as consequências de cada falha funcional. Dessa forma, para a identificação dos modos, efeitos e consequências de uma falha utiliza-se uma técnica indutiva, estruturada e lógica a fim de identificar ou antecipar as causas, efeitos e consequências de cada modo de falha de um componente.

Para Souza e Lima (2003), esta técnica é chamada de FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) e compreende na Análise de Modos de Falha e Seus Efeitos. Sua finalidade consiste na investigação de uma falha funcional, cuja metodologia utiliza um formulário contendo perguntas que geram informações que irão contribuir

para que o gestor do processo venha a optar por uma ação visando eliminar a causa da falha, reduzir o seu efeito ou consequências.

2.6.4 Consequências de Falhas

Esta última proposta resume o ponto central da filosofia da MCC, segundo a qual uma estratégia efetiva de manutenção concentra-se em evitar ou reduzir as consequências significantes de falhas. Para Kardec e Nascif (2009) as falhas consistem na cessação da função de um item ou incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho previsto. Ao concentrar o foco nas consequências das falhas, a MCC prioriza o atendimento às necessidades do processo ou aplicação, em detrimento das necessidades próprias ou individuais dos itens. O estudo dos modos de falhas, próprios dos equipamentos continua sendo necessário como forma efetiva de melhor combater as suas consequências.

As consequências significantes da MCC, para Kardec e Nascif (2009), são aquelas que afetam um dos seguintes aspectos do ambiente operacional: segurança de pessoal, qualidade do meio ambiente, operação do processo ou economia do processo.

Ainda com base em Kardec e Nascif (2009), para reduzir os efeitos adversos das falhas a MCC adota como objetivos e técnicas principais: preservação das funções do sistema; identificação dos modos de falhas que possam interromper as funções; seleção apenas das tarefas preventivas e efetivas; prioridade nas necessidades das funções e determinação das periodicidades para estas atividades.

Para atingir estes objetivos a MCC estabelece como ponto de partida uma série de questões cujas respostas devem anteceder a definição das atividades de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.7 Aplicabilidade

2.7.1 Aplicabilidade da MCC

A MCC consiste em uma metodologia de gestão de ativos físicos ou bens que serve como apoio para a determinação de tarefas de manutenção capaz de garantir que um sistema ou processo atenda à necessidade de seus usuários, conforme afirma Silva (2018). Siqueira (2005) destaca que, uma das características da MCC é disponibilizar um método estruturado com a finalidade de selecionar as atividades a serem desenvolvidas na manutenção, qualquer que seja o processo produtivo.

Para que seja colocada em prática a MCC, Silva (2018) destaca que os pilares da MCC estão pautados em conceitos de amplo conhecimento da área da engenharia, bem como operação e manutenção da indústria. Além disso, a MCC baseia-se em estudos orientados para as consequências das falhas, assim como para a abrangência das análises relacionadas à segurança, meio ambiente, operação e custos que envolvem os trabalhos preditivos e preventivos.

No Quadro 2 são demonstradas as etapas do processo de MCC.

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Escolha do sistema	Funções e Falhas funcionais	Análise de Modos e Efeitos das Falhas funcionais (FMEA)	Seleção das tarefas
Fronteiras			
Interfaces			
Modularização			

Quadro 2 - Etapas do processo de MCC.

Fonte: Slide-Player (s/d).

2.7.2 Critérios de aplicabilidade e efetividade

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2011), para a aplicabilidade da MCC é fundamental que seja definida qual será a confiabilidade esperada para os equipamentos, assim como para a planta como um todo. Nesse sentido, as medidas relacionadas ao MCC devem ter como objetivos: impedir a ocorrência de acidente que possa ocasionar em danos pessoais; impedir a ocorrência de acidente que possa provocar danos ambientais e infrações a normas locais, nacionais ou internacionais; impedir qualquer acidente que possa causar danos materiais significativos e, garantir alto grau de confiabilidade aos equipamentos que apresentam gargalos.

Dessa forma, atendidos estes critérios, poderá ser aplicada a MCC.

2.8 Indicadores de Manutenção

2.8.1 Disponibilidade

A disponibilidade é um indicador usado para medir o desempenho de máquinas, sistemas e equipamentos em condição de serem reparados. É parte integrante da confiabilidade de tais máquinas, sistemas ou equipamentos. Entretanto, existem diferentes classificações de

disponibilidade e formas de calculá-las, conforme os diferentes tipos de estado inoperante em relação ao tempo exigido para operação. Essas diferentes classificações de disponibilidade são disponibilidade inerente, disponibilidade operacional, disponibilidade média de tempo de atividade, disponibilidade instantânea (ou ponto), disponibilidade média de tempo de atividade (disponibilidade média) e, disponibilidade constante do estado.

2.8.2 MTBF

MTBF é a sigla de *Mean Time Between Failures* a qual é definida na NBR 5462 como Tempo Médio entre Falhas. Consiste em um dos indicadores utilizado para controle e medição de eficiência das técnicas de manutenção adotadas. Os indicadores são fundamentais no monitoramento da tomada de decisão e medição de performance da manutenção. Ele é utilizado para medir o tempo médio entre as falhas, calcular o tempo médio entre as falhas dos ativos da empresa, sendo preciso somar o tempo total de funcionamento e dividir pelo número de falhas ocorrida em um determinado tempo, conforme a Equação 1 destacada abaixo.

$$MTBF = \frac{\sum \text{tempos em funcionamento}}{\sum \text{de falhas}} \quad (1)$$

Quanto maior for o valor do MTBF maior será a disponibilidade do equipamento para empresa.

2.8.3 MTTR

MTTR é um indicador de desempenho usado na manutenção para indicar o Tempo de Restabelecimento Médio, conforme a NBR 5462, de algum equipamento, componente, máquina ou sistema.

MTTR é a sigla para *Mean Time to Repair*, que em português significa Tempo Médio para Reparo.

Para encontrar o MTTR utiliza-se a Equação 2:

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempos de reparo}}{\sum \text{de falhas}} \quad (2)$$

Quanto menor for esse indicador significa que este indicador está diretamente relacionado com a qualidade técnica dos mantenedores e a manutenibilidade para os equipamentos, sistemas ou máquinas. Um cuidado importante no controle do MTTR é não pressionar muito a equipe técnica na redução do indicador sendo preciso reforçar a importância de uma entrega em um tempo cada vez menor, porém com cuidado, para não comprometer a análise do modo de falha e a identificação da causa raiz da falha funcional (ABNT, 1994).

3. Metodologia

3.1 Natureza e Tipo de Pesquisa

Essa pesquisa consistiu em uma análise teórica de cunho qualitativo onde buscou discorrer sobre os impactos da MCC na indústria. Dessa forma, por meio de um aprofundamento bibliográfico foram trazidos autores que trataram a respeito do tema escolhido visando assim, fundamentar a realização desta análise e estudo. Considerado como descritivo, este estudo evidenciou explicações e análises sobre contextos específicos.

3.2 Método da Pesquisa

Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma abordagem qualitativa. Além disso, aplicou-se o método dedutivo, pois buscou-se proporcionar

ao leitor uma reflexão sobre o tema abordado, dando-o a possibilidade de evidenciar sobre a aplicação da MCC na indústria.

Conforme Godoy (1995), a abordagem qualitativa não é desenvolvida com base em uma proposta rigidamente estruturada, pois ela está voltada para a imaginação e para a criatividade que levam os pesquisadores a sugerirem trabalhos que explorem novas perspectivas.

3.3 Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa se restringiu ao campo do impacto da MCC na indústria.

3.4 Coleta de Dados

No tocante a coleta de dados foi utilizada a pesquisa bibliográfica baseada em livros, artigos científicos, publicações eletrônicas e normativas pertinentes com a finalidade de sustentar o embasamento teórico acerca da temática discorrida. Além disso, foi evidenciado a importância do MCC em vários segmentos da indústria: automobilística, de bebidas, fábrica de pasta químico-mecânica, indústria aeronáutica alimentícia, siderúrgica e indústria de panificação.

Destaca-se que os dados foram coletados nas bases de dados do SciELO, além do Google Acadêmico. O recorte temporal utilizado foi com base em publicações compreendidas pelo período de 2011 a 2021.

3.5 Análise e Interpretação dos Dados

Para a elaboração deste estudo pretendeu-se levar ao leitor esclarecimentos sobre os impactos da MCC na indústria e para isso, tratou-se

acerca de um breve histórico e dos tipos de manutenção, as aplicações e os objetivos da manutenção. Ademais, foi discorrido também sobre funções e falhas de um sistema, a aplicabilidade da MCC e indicadores de manutenção.

A seguir, na Figura 5, está evidenciado o fluxograma referente à metodologia utilizada neste estudo.



Figura 5 - Fluxograma da metodologia. Fonte: Autor.

4. Resultados

Com base na análise dos estudos realizados, observou-se que a MCC contribui para a melhoria contínua levando-se em conta um plano de manutenção voltado a equipamentos, como evidenciado por Rother (2010), tendo em vista a redução de custos e a confiabilidade dos produtos relacionados à produção, conforme destacado por Siqueira (2012).

No Quadro 3 é demonstrado os principais estudos sobre o tema, expondo os resultados obtidos pelos autores e evidenciando a importância da manutenção centrada em confiabilidade.

Autor / Ano	Objetivo	Principais Resultados	Conclusões
Rother (2010)	Evidenciar a manutenção centrada em confiabilidade através de um estudo de caso na indústria alimentícia.	O MCC foi aplicado em três máquinas empacotadoras, evidenciando resultados positivos em relação ao ciclo de vida e estratégias de manutenção desses equipamentos. Além disso, foi demonstrado que um dos equipamentos passava por deterioração e falhas prematuras. Assim, como estratégia de manutenção, foi realizada a manutenção corretiva. Em outro equipamento analisado foram destacados resultados semelhantes considerando-se um plano de manutenção já existente.	Os resultados apontados evidenciaram a importância da melhoria contínua em um plano de manutenção voltado para os equipamentos.
Siqueira (2012)	Destacar a manutenção centrada em confiabilidade.	A gestão da manutenção tem sido adotada como uma estratégia diante da gestão dos ativos de uma empresa.	A MCC apresentou papel importante na garantia das empresas no mercado além de assegurar o seu diferencial, com a finalidade de manter a redução de custos e a confiabilidade dos produtos na produção.
Brand (2013)	Propor e avaliar um modelo de referência para a MCC, com a inclusão de novos métodos para a seleção de itens físicos críticos e para a aplicação do diagrama de decisão, buscando sua melhor adequação à gestão da manutenção em empresas do ramo siderúrgico.	Foi apresentada uma abordagem sobre os conceitos e métodos utilizados na manutenção tradicional e em seguida, as principais ferramentas e sistemáticas utilizadas pela MCC, que foram detalhadas, juntamente com as melhorias propostas para aplicações no ramo siderúrgico.	Ao aplicar a MCC constatou-se que a metodologia contribuiu para uma melhora do desempenho operacional, da segurança e da proteção ao meio ambiente, tendo em vista que, conforme as auditorias internas realizadas, os índices definidos para o ativo estudado melhoraram em média 30%. Constatou-se também uma melhora da motivação da equipe de manutenção e operação, já que houve um aumento do conhecimento técnico da equipe sobre o ativo analisado. Além disso, foi criado um banco de dados importante para o registro das informações que podem levar a melhorias específicas no ativo alvo da implementação da MCC.
Nascimento (2014)	Avaliar e melhorar a confiabilidade, bem como a disponibilidade de uma máquina que representa o gargalo em uma linha de produção de refrigerantes.	Foi evidenciada a ampliação do faturamento por ano, ampliação da satisfação das pessoas, redução do uso de horas extras, bem como redução de 10% no descarte de produtos não conformes e redução dos níveis de estoque.	Foi evidenciada a importância da aplicação da MCC como forma de avaliação do desempenho dos equipamentos e elaboração de ações de manutenção visando a redução do risco dos modos de falha.
Martinez, Pizzolatto e	Avaliar a viabilidade de aplicação da	As ferramentas aplicadas na panificadora foram a FMEA e a árvore lógica de decisão, sendo	Os fatores críticos apontados na implantação da MCC na panificadora estavam

Braghirolli (2016)	MCC em panificadoras.	que a primeira mostrou-se difícil de replicar na panificadora em razão da sua complexidade.	relacionados ao processo de coleta de dados, aplicação da metodologia em si e às características da panificadora.
Rosa (2016)	Descrever a implementação da MCC em uma indústria do setor automobilístico, evidenciando os motivos da sua aplicação no processo em questão, bem como ganhos em segurança, qualidade, redução de custos e confiabilidade dos equipamentos.	Com a implantação da MCC foi possível visualizar e aplicar melhorias em dois equipamentos responsáveis por 23% das falhas do processo registradas no período Pré-MCC.	Constatou-se uma maior confiabilidade nos equipamentos através das ações direcionadas pelas análises estruturadas da FMEA, além de evidenciar uma evolução nos indicadores de desempenho dos equipamentos estudados. Além disso, com a aplicação da MCC, ocorreu uma significativa redução nos custos decorrentes de linha parada registrados no período Pós-MCC.

Quadro 3 - Principais estudos sobre o tema. Fonte: Autor.

Segundo Rother (2010), a indústria alimentícia também utiliza bastante este tipo de manutenção. Foi aplicado o MCC em três máquinas empacotadoras, provocando resultados positivos quanto ao ciclo de vida e estratégias de manutenção dos equipamentos. Foi possível demonstrar que um dos equipamentos passava por uma fase de deterioração e falhas prematuras. Como estratégia de manutenção, optou-se pela manutenção corretiva. Em outro equipamento analisado, foram evidenciados resultados muito semelhantes e mascarados por um plano de manutenção já existente. Ambos os resultados destacaram a importância da melhoria contínua em um plano de manutenção orientado aos equipamentos.

De acordo Brand (2013), em razão da aplicação prática da MCC em uma empresa siderúrgica, foram observados diversos pontos positivos, dentre eles que esta metodologia contribui para uma melhoria do desempenho operacional, da segurança e da proteção ao meio ambiente, pois a partir de auditorias internas realizadas

pelas equipes de segurança e meio ambiente, notou-se que os índices definidos para o ativo estudado melhoraram em média 30% após a implantação das melhorias identificadas na MCC. Além disso, foi destacada uma melhora em relação à motivação da equipe de manutenção e operação, pois houve um aumento do conhecimento técnico da equipe acerca do ativo analisado e também criou-se um banco de dados importante para o registro das informações que podem conduzir a melhorias específicas no ativo alvo da implementação da MCC.

Segundo Nascimento (2014), com a aplicação da MCC em um processo de envase de uma indústria de bebidas, foi possível identificar com precisão os conjuntos e subconjuntos responsáveis por maiores impactos na confiabilidade dos equipamentos. Como resultado, obteve-se a ampliação do faturamento em cerca de um milhão por ano, assim como ampliação da moral e satisfação das pessoas, redução do uso de horas extras, redução de 10% no descarte de produtos não conformes e a possibilidade de adiar em cerca de um ano investimentos de ampliação da

linha. Constatou-se ainda reduções dos níveis de estoque, uma vez que se elevou o grau de confiança nos equipamentos.

Também foram aplicadas as práticas da MCC em uma indústria de panificação. Segundo Martinez, Pizzolato e Braghirolli (2016), as máquinas foram monitoradas por meio da coleta dos dados de falha realizada pelos funcionários.

O aprofundamento do estudo e a aplicação da metodologia realizada na máquina apontada como crítica na empresa, a fatiadeira de pão. Dentre as ferramentas utilizadas para avaliar o rendimento da fatiadeira de pão estão a FMEA e árvore lógica de decisão. A aplicação da FMEA permitiu identificar os modos de falha e recomendar ações para evitar sua ocorrência e por meio da árvore lógica de decisão foi possível classificar e priorizar as falhas.

Segundo Rosa (2016), dentre seus diversos cenários de aplicação, a MCC é adequada para empresas de processamento contínuo, a exemplo da indústria automobilística. Neste tipo de empresa, as corridas de produção são longas e o tamanho do lote é pequeno. Ainda segundo o autor, no setor da geração de energia nuclear, a adoção da metodologia ocorreu especialmente após os acidentes ocorridos nas usinas de Three Miles Island em Middletown, Pennsylvania e Chernobyl. Em ambos os casos, ficou comprovado que ocorreram falhas humanas ao se realizar procedimentos operacionais dos equipamentos. Cabe destacar que nos Estados Unidos, atualmente, a MCC é utilizada em mais de 400 usinas nucleares.

Ainda com base na concepção de Rosa (2016), os resultados obtidos pela aplicação da MCC nos equipamentos

transportadores de automóveis evidenciaram a relevância de tal ferramenta, visto que a MCC possibilitou uma melhor compreensão das funções dos ativos do processo, além de permitir um ponto de vista científico a respeito de quais ações deveriam ser tomadas quanto às atividades de manutenção para que os equipamentos permanecessem cumprindo suas funções pré-estabelecidas na fase de projeto.

Após a verificação de confiabilidade dos equipamentos transportadores, foram efetuadas análises das funções e falhas funcionais de todos os conjuntos dos equipamentos sendo identificadas 23 funções vitais de funcionamento. Na sequência, a aplicação da FMEA permitiu uma análise sistematizada e estruturada dos conjuntos, onde foram levantados os modos, efeitos, causas potenciais de falhas e controles atuais de processo. A atribuição da severidade, da ocorrência e da detecção, permitiu calcular o risco de cada modo de falha e posteriormente atuar nos modos preponderantes de falha. No tocante ao aspecto financeiro, verificou-se que a aplicação da MCC contribuiu para redução significativa (US\$ 428.102,94 em um período de seis meses) nos custos decorrentes de parada dos transportadores.

Ainda segundo Rosa (2016), no que se refere aos aspectos negativos observados durante a implementação da MCC destacam-se: dificuldades de nivelamento de conhecimento dos integrantes do time a respeito das ferramentas necessárias para a implementação da metodologia, dificuldades de fazer o levantamento de falhas primárias, bem como os modos de falhas e seus efeitos, devido ao baixo conhecimento técnico dos integrantes operacionais e foram abordados somente os RPN mais

elevados, devido ao curto prazo de implementação da metodologia.

A MCC contribui de forma significativa para o desempenho operacional e segurança dos equipamentos, como demonstrado no estudo de Brand (2013).

O estudo de Nascimento (2014) destacou que a MCC provocou a redução dos níveis de estoque e o consequente aumento do grau de confiança em relação aos equipamentos. Já o estudo realizado por Rosa (2016), evidenciou que a aplicação da MCC permitiu a compreensão das ações a serem tomadas acerca da manutenção para que os equipamentos continuassem a realizar suas funções pré-estabelecidas.

Em relação ao estudo feito por Pizzolato e Braghirolli (2016), foi destacado que a MCC permitiu identificar as falhas, permitindo assim as recomendações de ações a serem tomadas para evitar a ocorrência dessas falhas.

Frente aos resultados acerca da utilização da MCC no setor industrial nota-se que a ferramenta é eficaz em toda linha de frente, contribuindo de forma efetiva para o crescimento do ramo.

Na visão de Siqueira (2012), em decorrência do aumento da competitividade entre as organizações para que elas possam se consolidar no mercado é essencial se diferenciar. Sendo assim, a gestão da manutenção tem sido adotada como uma importante aliada na gestão de seus ativos de uma empresa.

Diante desse contexto, a MCC apresenta papel relevante para que as empresas possam permanecer no

mercado e assegurar o seu diferencial, visando manter a redução de custos e a confiabilidade dos produtos na produção. Inserido nessa realidade o setor da indústria é um dos que mais utiliza este tipo de manutenção (SIQUEIRA, 2012).

5. Conclusão

As organizações, visando tornarem-se cada vez mais competitivas, têm empregado tempo e capital para aprimorar os seus modelos de gestão, adotando para isso, técnicas e práticas modernas que sejam mais apropriadas com as suas visões estratégicas. Diante dessa conjuntura, as práticas desenvolvidas na gestão da manutenção têm sido cada vez mais utilizadas na busca pela excelência, por apresentarem resultados mais precisos, além de, contribuírem para redução dos custos operacionais.

Dessa forma, este estudo explanou acerca dos efeitos da aplicação da MCC no contexto da indústria e para isso, foram destacados aspectos importantes como a história da manutenção e os seus tipos. Além disso, foi discorrido sobre a aplicação da MCC, os objetivos, as funções e falhas de um sistema, a aplicabilidade do MCC, indicadores de manutenção da MCC na indústria e os impactos da MCC neste setor.

Por meio deste estudo ficou evidente que para o sucesso da implantação da MCC, é de extrema importância, o apoio dos gestores da empresa de forma a manter os investimentos e apoiando a expansão da ferramenta para que dessa forma, os ganhos com a implementação da metodologia sejam mais notórios e satisfatórios.

Considerando-se a realização desta pesquisa feita a partir de uma revisão bibliográfica evidenciou-se o conceito da MCC a partir dos principais autores que trataram sobre o tema, assim como os principais dados sobre o MCC com base em pesquisas na área de confiabilidade e manutenção, sintetizando as principais informações de cada autor.

Diante dos estudos desenvolvidos pelos autores pesquisados constatou-se que é notória a importância da aplicabilidade do MCC na indústria tendo em vista as análises de estudos em diversos segmentos da indústria como bebidas, fábrica de pasta químico-mecânica, indústria aeronáutica, alimentícia, siderúrgica e indústria de panificação.

Assim sendo, observou-se que os objetivos propostos no início do trabalho foram alcançados. Nota-se que foram positivos os resultados obtidos no que tange ao aumento da disponibilidade e da confiabilidade como proposto. Além disso, observou-se grande satisfação quanto à aplicação das técnicas de gestão da manutenção referenciada através de normas.

Referências

ALMEIDA, M. T. de. **Manutenção preditiva: confiabilidade e qualidade**. Itajubá: 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>> . Acesso em: 10 Set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5410 de 2005 - **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5462 de 1994 - **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BARAN, L. R. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso**. 2011. 102 fls. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

BARBOSA, A. de C. **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade na função transmissão a fim de reduzir o tempo de indisponibilidade**. 2009. Engenharia Elétrica (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000970.pdf>. Acesso em 10 Set. 2021.

BRAND, F. A. **Proposta e avaliação de um modelo de referência de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) voltado à indústria siderúrgica**. 2013. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SENAI-1_239e058d254d66c98fbde630cc39720b. Acesso em 15 Set. 2021.

CAIADO, R. G. G.; LIMA, G. B. A.; QUELHAS, O. L. G. **Aspectos da aplicação da manutenção centrada em confiabilidade**. XI Congresso Nacional De Excelência Em Gestão. 2015.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 2011. Ed. Campus.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**, 3ª edição, Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2010. KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

MAGALHÃES, E. R. P. V. de. **O uso da abordagem seis sigma para a melhoria da confiabilidade em locomotivas**. 2013. Pós-graduação (Métodos Estatísticos Computacionais). Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: ufjf.br/estatística/files/2014/10/ME_2013_Eduardo-Magalhães.pdf. Acesso em: 13 Set. 2021.

LAFRAIA, J. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras 2001.

MARTINEZ, C. C. de M.; PIZZOLATO, M.; BRAGHIROLI, L. F. **Estudo para aplicação de práticas da MCC em uma panificadora de Santa Maria/RS**. 2016. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/2605/MARTINEZ_Cintia_Camila_De_Mello.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 15 Set. 2021.

MONCHY, F. **A função manutenção**. São Paulo: Durban, 1989.

MOUBRAY, J. **Introdução à manutenção centrada na confiabilidade**. 1996. São Paulo: Aladon.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. 1997. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc.

MOUBRAY, J. **Manutenção centrada em confiabilidade**. 2000. Aladon Ltd. Lutterworth.

MOBLEY, K.; CASTRO, D. de. Análise da dinâmica operacional. 1999. **Revista Manutenção** - ABRAMAN, Rio de Janeiro, n.71.

NASCIMENTO, J. **Plano de manutenção baseada nos preceitos da manutenção centrada em confiabilidade em um processo de produção de refrigerantes**. 2014. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/115276>. Acesso em 12 Set. 2021.

NR 10 – **Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf Acesso dia: 11 Set. 2021.

NR 12 – **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-12.pdf Acesso dia: 13 Set. 2021.

NUNES, E. L. **Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. Engenharia de Produção. (Dissertação). Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82056>. Acesso em 10 Set. 2021.
OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. v.4, n.2, 2008.

ROMERO, F. M. S. **Aplicação de estudo de Manutenção Centrada em Confiabilidade**

em um separador centrífugo. 2016. 47 folhas. Trabalho de Monografia (Especialização em Confiabilidade) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

ROSA, R. N. da. **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em um processo da indústria automobilística**. 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/163902>. Acesso em 08 Set. 2021.

ROTHER, R. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**: Estudo de caso na indústria alimentícia. 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3297>. Acesso em: 13 Set. 2021.

SILVA, E. de B. **Manutenção centrada em confiabilidade visando a competitividade em uma indústria moedora de grãos na região dos Campos Gerais**. 2018. Curso de Tecnólogo em Automação Industrial. (Trabalho de Conclusão de Cursos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10212/1/PG_COELE_2018_1_01.pdf. Acesso em 17 Set. 2021.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. 1a reimpressão Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade**: Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SLIDE PLAYER, **Manutenção centrada em confiabilidade – MCC**. s/d. Disponível em: Slideplayer.com.br/slide/2570044/. Acesso em 11 mar. 2022.

SMITH, A. M.; HINCHCLIFFE, G. R. RCM: gateway to world class maintenance. 2ª. ed. **Burlington: Elsevier Butterworth**. Heinemann, v. 1, 2004.

SOUZA, S. S. de; LIMA, C. R. C. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. 2003. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2>

003_TR0109_1353.pdf. Acesso em 15 Set. 2021.

SUPERINTENDÊNCIA CENTRAL DE RECURSOS LOGÍSTICOS E PATRIMÔNIO. Portal de compras MG, 2020. Anexo VII – **Plano de Manutenção**. Disponível em http://www.compras.mg.gov.br/images/stories/ArquivosLicitacoes/CAMG2/anexo_vii_plano_de_manutencao.doc. Acesso em: 15 Set. 2021.

TATSCH, D. M. **Metodologia da manutenção centrada na confiabilidade aplicada em uma máquina de montar pneus**. 2010. Engenharia Mecânica. (Monografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27522/000765303.pdf?sequence=1>. Acesso em 15 Set. 2021.

YAMANAKA, L.; PALMA, J. G.; LIMA, R. H. P.; CARPINETTI, L. C. R. **Sistema de apoio à melhoria contínua colaborativa nas indústrias moveleiras**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.

