

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Leonardo Marques Machado
Sidney Pereira Soares dos Santos
Vanderli de Lima Silva
Vinicius Constantino de Oliveira

GESTÃO EM MANUTENÇÃO ELÉTRICA INDUSTRIAL

Fernandópolis
2024

Leonardo Marques Machado
Sidney Pereira Soares dos Santos
Vanderli de Lima Silva
Vinicius Constantino de Oliveira

GESTÃO EM MANUTENÇÃO ELÉTRICA INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Eletrotécnica, no Eixo Tecnológico Controle e Processos Industriais, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação dos professores Indiara Joice Tarquete de Castro e Marcos Antonio de Assis.

Fernandópolis
2024

Leonardo Marques Machado
Sidney Pereira Soares dos Santos
Vanderli de Lima Silva
Vinicius Constantino de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Técnico em Eletrotécnica, no Eixo Tecnológico de Controle e Processos Industriais, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio de Assis.

Examinadores:

Marcos Antonio de Assis

Indiara Joice Tarquete de Castro

Fernando Corsini Landim

Fernandópolis
2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este artigo aos nossos familiares, amigos e professores, que não mediram esforços para que chegássemos até aqui. Dedicamos a nossa querida orientadora, Marcos Antonio de Assis, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus que nos deu a oportunidade, força e coragem para, superar os desafios.

Nossos familiares que nos apoiaram diariamente, dedicando incansavelmente para a conclusão do nosso trabalho.

Aos nossos professores que não mediram esforços nos auxiliando dando todo suporte necessário.

Nossos colegas de curso, que diariamente desenvolvemos um trabalho em equipe.

A nossa orientadora Marcos Antonio de Assis pelas correções e ensinamentos que foram fundamentais para a elaboração desse trabalho.

Por fim nossa gratidão a esta instituição de ensino com a oportunidade de desenvolver este trabalho.

EPÍGRAFE

"A qualidade é lembrada por muito tempo
depois que o preço é esquecido."

Henry Royce

RESUMO

Este trabalho aborda a gestão em manutenção elétrica industrial, explorando conceitos fundamentais, tipos de manutenção (preventiva, preditiva e corretiva), normas e regulamentos aplicáveis, tecnologias modernas, e práticas de segurança e treinamento. Destaca-se a importância da manutenção preventiva para garantir a eficiência operacional, reduzir custos e aumentar a vida útil dos equipamentos. A obra faz uma revisão bibliográfica e análises teóricas para fornecer uma visão abrangente das melhores práticas na área. A gestão eficiente da manutenção elétrica é essencial para a competitividade das empresas no cenário industrial moderno.

Palavras-chave: Manutenção elétrica industrial, Gestão de manutenção, Manutenção preventiva, Segurança do trabalho, Tecnologias industriais

ABSTRACT

This work addresses the management of industrial electrical maintenance, exploring fundamental concepts, types of maintenance (preventive, predictive, and corrective), applicable standards and regulations, modern technologies, and safety and training practices. It highlights the importance of preventive maintenance to ensure operational efficiency, reduce costs, and extend the equipment's lifespan. A literature review and theoretical analyses are conducted to provide a comprehensive view of best practices in the field. Efficient management of electrical maintenance is essential for the competitiveness of companies in the modern industrial landscape.

Keywords: Industrial electrical maintenance, Maintenance management, Preventive maintenance, Workplace safety, Industrial technologies

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de manutenções	13
Figura 2 – Evolução Industrial	15
Figura 3 – Sistema de gestão de manutenção	16
Figura 4 – Modelo situacional da função manutenção	18
Figura 5 – Avaliação e desempenho	20
Figura 6 – Gestão de riscos	23
Figura 7 – Tecnologias	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. Fundamentação teórica	11
2.1. Conceitos fundamentais de manutenção elétrica industrial	11
2.1.1 Tipos de manutenção: preventiva, preditiva e corretiva.	12
2.2. Normas e regulamentos aplicáveis à manutenção elétrica industrial.	13
2.5. Execução de atividades de manutenção elétrica	16
2.6. Registro e documentação de intervenções	17
2.7. Avaliação de desempenho e indicadores de manutenção.	18
2.8. Diagrama de causalidade para avaliação técnica e definição de estratégias	21
2.9. Gestão de riscos em manutenção elétrica	22
2.9.1. Qualificação e treinamento de equipe.	23
2.9.2. Segurança do trabalho em atividades elétricas.	24
3. Tecnologias aplicadas à gestão da manutenção elétrica	24
4.3 Manutenção preditiva	29
5. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

Segundo Weber et al. (2008), a manutenção industrial é crucial para garantir e corroborar com a eficiência e produtividade das empresas. Além de estar diretamente relacionada à qualidade total, a falta de manutenção adequada pode resultar em perdas financeiras significativas e até mesmo em demissões, gerando alto índice de desemprego. Portanto, histórica e globalmente, a manutenção evoluiu desde o século XVI, tornando-se uma necessidade vital durante a Revolução Industrial e a Segunda Guerra Mundial, períodos de inovação tecnológica e avanços industriais.

Sendo assim, países como Inglaterra, Alemanha, Itália e Japão destacaram-se na implementação de sólidos programas de engenharia e manutenção. Nos tempos modernos, a competição acirrada e a importância dos prazos de entrega motivaram a adoção de práticas eficientes de manutenção preventiva para evitar falhas e garantir o pleno funcionamento dos equipamentos (MACHADO, SOUZA, TORRES, 2005). Em suma, a manutenção é essencial para garantir o funcionamento regular e duradouro de máquinas, equipamentos e instalações industriais, contribuindo diretamente para a produção e a qualidade dos produtos.

Com a evolução da economia globalizada, empresas de todos os setores têm buscado alcançar a excelência em seus serviços, produtos e gestão ambiental. Essa busca pela qualidade total é essencial para a sobrevivência e o sucesso nos mercados competitivos. Um exemplo claro disso é a relação entre manutenção e qualidade total. Ao garantir a disponibilidade das máquinas, aumentar a competitividade, maximizar a lucratividade e garantir a satisfação dos clientes através da produção de produtos sem defeitos, a manutenção desempenha um papel crucial. Se negligenciada, a falta de manutenção pode levar a uma série de problemas, como interrupções na produção, atrasos nas entregas, perdas financeiras e insatisfação dos clientes. Portanto, é fundamental estabelecer programas de manutenção preventiva para garantir a qualidade e a eficiência operacional das máquinas, contribuindo assim para os objetivos de qualidade total das empresas.

Este trabalho tem como objetivo fornecer uma visão abrangente e detalhada das estratégias mais eficazes para garantir a eficiência operacional, reduzir

custos e aumentar a vida útil dos equipamentos nas empresas do setor industrial, por meio de uma revisão bibliográfica e análise teórica. A gestão eficiente da manutenção elétrica é apresentada como um fator crucial para a competitividade das empresas no cenário industrial contemporâneo.

2. Fundamentação teórica

2.1. Conceitos fundamentais de manutenção elétrica industrial

A manutenção elétrica industrial pode ser compreendida como um conjunto de práticas preventivas, preditivas e corretivas que possuem, na maioria, o objetivo de garantir a não ocorrência de acidentes, falhas ou interrupções não previstas na linha produtiva. Além disso, esse processo também funciona como uma prevenção de riscos e impactos, corroborando, assim, na tomada de decisão. Sob esse viés, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) discorre:

A manutenção pode ser entendida como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, adequação, restauração, substituição e prevenção. Por exemplo, quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as. Se estivermos retificando uma mesa de desempenho, estaremos restaurando-a. Se estivermos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o (SENAI, 2008).

Esses cuidados, dessa forma, abrangem a conservação, ajustes, restauração, substituição e medidas preventivas. Por exemplo, ao manter as engrenagens lubrificadas, estamos garantindo sua preservação. Ao retificar uma mesa de trabalho, estamos restaurando sua integridade. E ao substituir o plugue de um cabo elétrico, estamos realizando uma troca necessária para a segurança e eficiência do equipamento (SENAI, 2008). Portanto, em sua totalidade, tal manutenção corresponde a um processo crucial que envolve variadas etapas, as

quais foram citadas acima, a fim de fomentar a organização da empresa e seus setores.

2.1.1 Tipos de manutenção: preventiva, preditiva e corretiva.

A manutenção, como um processo, se subdivide em três meios. Esses correspondem a manutenção preventiva, preditiva e corretiva, as quais, respectivamente, referem-se a ações planejadas e sistemáticas de revisão, análise de dados a fim de detectar alterações no funcionamento dos equipamentos e reparos desses após a ocorrência de inconsistências ou falhas totais. A respeito disso, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) dialoga.

A manutenção preventiva engloba uma série de procedimentos e ações realizadas antecipadamente, visando garantir o funcionamento contínuo das máquinas. Em contrapartida, a manutenção preditiva é uma abordagem preventiva que se baseia no conhecimento das condições individuais de cada componente das máquinas e equipamentos. Essa abordagem é embasada no monitoramento do desgaste de peças vitais, realizado por meio de testes periódicos, os quais permitem determinar o momento ideal para substituições ou reparos de peças. Exemplos desses métodos incluem análise de vibrações e monitoramento de mancais (SENAI, 2008).

Portanto, a manutenção elétrica industrial abrange uma variedade de práticas primordiais para a operação eficiente e segura das instalações. Destarte, cada tipo de manutenção desempenha e fomenta um papel indispensável na mitigação do tempo de inatividade, na prolongação da vida útil dos equipamentos e na redução de custos operacionais, além disso, a combinação dessas práticas garante a continuidade plena da produção e, também, a segurança dos funcionários (CALACHE et al. 2019).

Figura 1 – Tipos de manutenções



Fonte: Fuentes, 2006.

2.2. Normas e regulamentos aplicáveis à manutenção elétrica industrial.

A Manutenção Elétrica Industrial, como uma combinação de práticas, exige a aplicação de normas e regulamentos. Portanto, a Norma Regulamentadora NR-10 estabelece diretrizes referentes à segurança em instalações e serviços em eletricidade, visando, assim, a proteção dos trabalhadores dos riscos elétricos. Além disso, a norma NBR 5462 da ABNT (1994) define manutenção preventiva como: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

2.3 tecnologias e ferramentas modernas para gestão da manutenção elétrica.

Segundo Kardec (2008), com o crescimento da globalização econômica e a crescente demanda do mercado por produtos de qualidade a preços acessíveis, a

gestão da manutenção empresarial torna-se, de fato, um fator crucial para a competitividade das organizações. A Indústria 4.0, por sua vez, apresenta um conjunto de tecnologias, tais como computação em nuvem, Internet Industrial das Coisas, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Segurança Cibernética, que prometem unir adequadamente qualidade e redução de custos por meio de uma manutenção autônoma oferecendo, assim, oportunidades significativas para aprimorar as práticas de manutenção nas empresas.

Na Primeira Geração da Manutenção, o ambiente industrial era marcado por empresas pouco automatizadas, nas quais os equipamentos eram simples e frequentemente dimensionados, ou seja, atendiam um propósito específico e limitado. Nesse contexto, a produtividade não era priorizada, e havia pouca ênfase na eficiência operacional e na otimização dos processos de manutenção (FUENTES, 2006).

Conforme salientado por Rodrigues (2016), a Indústria 4.0, conceito que ganhou destaque a partir de meados de 2011, representa a quarta Revolução Industrial. Essa abordagem, característica do século XXI, introduz um paradigma no qual as máquinas operam de forma autônoma, buscando melhorar o desempenho produtivo da empresa ao realizar análises e tomar decisões por conta própria. Adicionalmente, a Indústria 4.0 fomenta a interconectividade entre máquinas e colaboradores em diferentes unidades industriais em uma mesma empresa. Isso facilita a troca eficiente de informações e dados, contribuindo para a obtenção de soluções mais eficazes.

Durante o desenvolvimento deste estudo, foi observado que a metodologia de planejamento organizacional da manutenção centralizada está recuperando sua relevância, conforme evidenciado por dados que justificam a análise das possíveis aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 nesse tipo de estrutura organizacional (Abramam, 2013). A evolução da indústria pode ser observada na figura 2.

Figura 2 – Evolução Industrial



Fonte: ASMETRO-SI (2021)

2.4. Processos e procedimentos de manutenção elétrica

2.4.1. Planejamento e programação de atividades de manutenção

Segundo Fuentes (2006), é proposta uma abordagem metodológica cujo propósito é oferecer aos analistas uma perspectiva abrangente do estágio de desenvolvimento dos parâmetros essenciais ao implementar uma nova concepção ou alteração no contexto da manutenção. O autor destaca a importância na Figura 1, a qual apresenta o contexto da metodologia proposta, fornecendo, desse modo, suporte ao analista ou responsável pela função de manutenção ao definir a abordagem mais apropriada adaptada às características específicas da empresa e do ambiente em que opera.

Figura 3 – Sistema de gestão de manutenção



Fonte: Fuentes, 2006.

2.5. Execução de atividades de manutenção elétrica

Segundo Fuentes (2006), a importância da gestão da manutenção para o sucesso dos objetivos de negócio de uma empresa destaca, principalmente, a definição da concepção da manutenção como o primeiro passo desse processo gerencial. O autor ressalta que a gestão da manutenção abrange uma série de ações, decisões e definições relacionadas aos recursos necessários para fornecer os serviços esperados pela função de manutenção e auxiliar a tomada de decisões.

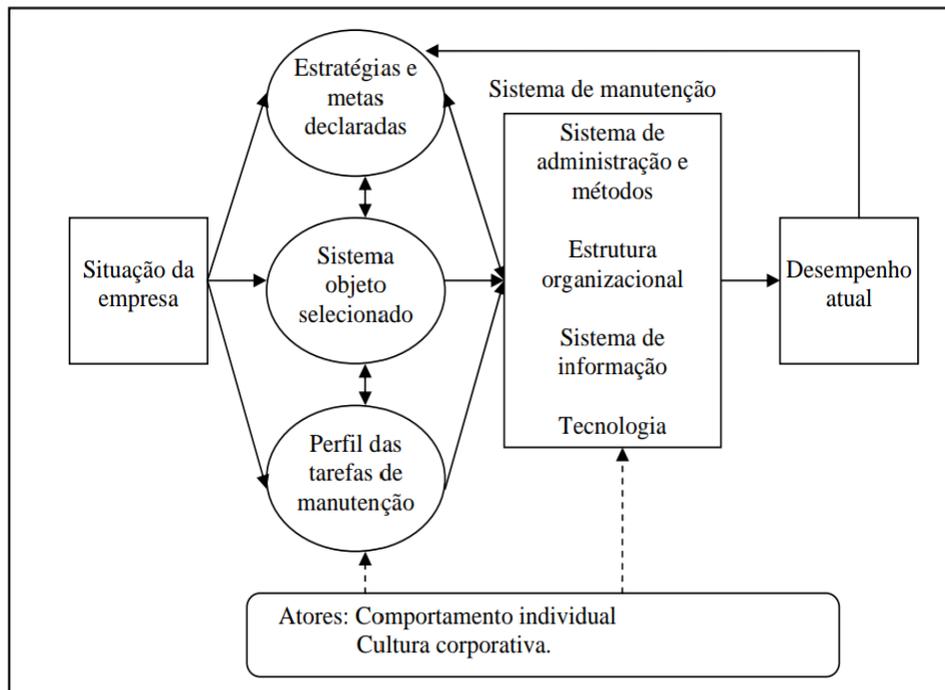
Além disso, ele também ressalta quatro aspectos-chave a serem considerados na elaboração da estratégia de manutenção, como os sentidos relacionados ao parque de equipamentos, à maturidade da organização, às variadas concepções de manutenção e investimento de recursos econômicos. Assim, observa-se que a gestão eficaz da manutenção é, em sua totalidade, essencial para enfrentar os desafios do mercado global em constante transformação e, a função de manutenção, deve ser equipada com ferramentas e competências avançadas para corroborar efetivamente para a economia da empresa.

2.6. Registro e documentação de intervenções

É imprescindível a adoção de registros e documentação das intervenções perante os atos de manutenção, a importância da gestão dessas etapas para o sucesso dos objetivos de negócio de uma empresa, destacando que, a definição da concepção da manutenção é, apenas, o primeiro passo de todo o processo gerencial. Sob esse viés, é válido ressaltar que a administração da manutenção abrange uma série de ações, decisões e definições relacionadas aos recursos necessários para fornecer os serviços esperados pela função de manutenção (CARVALHO, MENEGON, 2014).

Igualmente, é válido enfatizar que a gerência eficiente da manutenção é essencial para enfrentar os impasses da aceitação e inserção do mercado consumidor e de produção. No entanto, a funcionalidade dos registros de manutenção deve ser regulamentada conforme as normas já citadas, além de contemplar as competências e necessidades de tal processo de correção e aperfeiçoamento a fim de contribuir efetivamente para a economia e organização da empresa. Assim, possibilitando a identificação e integração dos elementos de um sistema de manutenção, para revelar as variáveis das tomadas de decisão (RISS et al.1997). Consoante o texto, propõem o modelo conceptual mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Modelo situacional da função manutenção



Fonte: Fuentes, 2006.

2.7. Avaliação de desempenho e indicadores de manutenção.

A Avaliação de Desempenho e Indicadores de Manutenção é, de toda forma, a atividade de mensurar resultados essenciais, possibilitando a identificação de diferenças entre o desempenho alcançado e o pretendido. Esse processo enfatiza as interações dos elementos da função e manutenção com as metas declaradas para o sistema objeto (área de foco) e com o perfil das tarefas traçadas (SPERANCETTA, 2005). Além disso, as mudanças na situação da empresa concomitantes à avaliação do desempenho atual podem, contudo, provocar modificações nas metas e objetivos corporativos declarados, o que impacta no sistema objeto selecionado e o perfil das tarefas de manutenção.

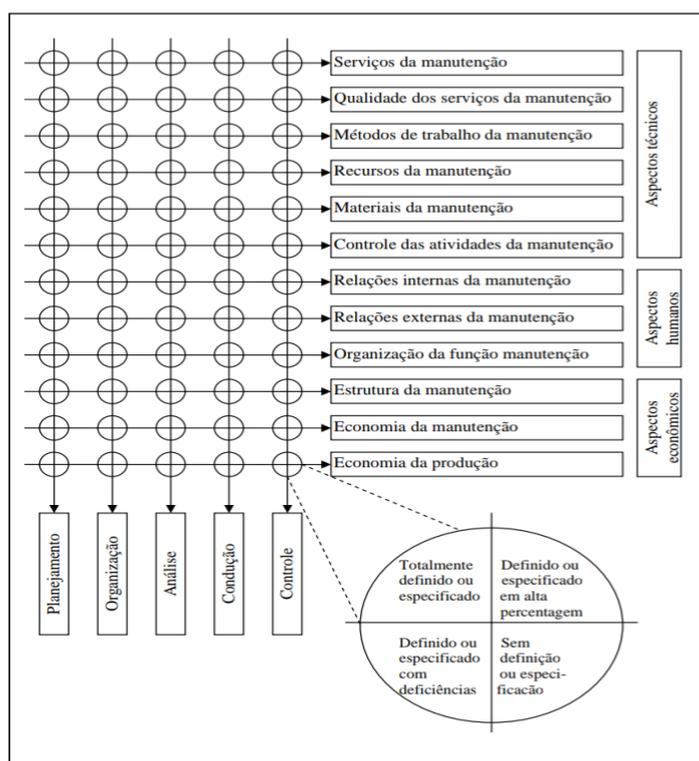
A teoria para a análise da situação de um sistema, dessa forma, tem suas raízes na tomada de decisão normativa, na teoria de sistemas, na teoria organizacional, na perspectiva das situações da empresa e nas estratégias e metas

declaradas ao sistema objeto selecionado. O perfil das tarefas de manutenção contempla o desempenho atual dos atores, o comportamento individual, a cultura corporativa. Além disso, o sistema de manutenção, sistema de administração e métodos, estrutura organizacional, sistema de informação, tecnologia de contingências e no projeto de engenharia, quando é visto da perspectiva de uma organização industrial, avalia a posição específica da empresa e seu entorno, além de orientar a solução mais conveniente para a empresa (SOUZA, 2012).

Desse modo, o modelo situacional tem um forte componente intuitivo (RIIS et al., 1997). No modelo situacional de RIIS et al. (1997), se identificam doze tarefas principais para a função manutenção, as quais estão agrupadas em três categorias primárias: técnicas, humanas e econômicas. A categoria técnica das tarefas de manutenção compreende a identificação dos serviços de manutenção, as qualidades desses serviços, os métodos de trabalho, os recursos, materiais e controle das atividades de manutenção. A categoria humana das tarefas de manutenção abrange as relações internas entre a organização para a manutenção e os outros departamentos da empresa incluindo a equipe corporativo, relação com a autoridade reguladora e fornecedores, como também com o tipo de organização para a gestão da manutenção.

Além disso, a categoria econômica da função manutenção compreende a estrutura da manutenção, o controle financeiro e a contribuição econômica ao produto. Cada elemento identificado no perfil das tarefas de manutenção deve ser analisado na perspectiva das funções administrativas mencionadas nos modelos de gestão do VANNESTE e VAN WASSENHOF (1995), COETZEE (1999), HASSANAIN (2001), WAEYENBERGH e PINTELON (2002) e no do ZHU et al. (2002), que consistem em planejamento, organização, análise, execução e controle. Esses são exemplificados na figura 5.

Figura 5 – Avaliação e desempenho



Fonte: Fuentes, 2006.

Conforme a Figura 5, para cada ponto de intercessão entre as tarefas e funções administrativas, será analisado e se avaliado o grau de desenvolvimento dos procedimentos administrativos, para as funções, conforme com os objetivos fixados para a manutenção, de acordo com quatro conceitos: totalmente definido ou especificado, definido ou especificado em alta percentagem, definido ou especificado com deficiências e sem definição ou especificação.

Assim sendo, tal análise conduz o desenvolvimento de um perfil da condução da função manutenção, o qual ilustra claramente ao administrador para onde seus esforços foram dirigidos em relação às tarefas de manutenção dentro da organização. Além disso, este perfil pode também sugerir as mudanças necessárias para conseguir alcançar os objetivos impostos à organização da manutenção (SPERANCETTA, 2005). No uso deste modelo para detectar pontos fracos dentro da gestão de manutenção e analisar a conveniência de introduzir uma nova forma para administrar os recursos, deve estar presente o aspecto formal e informal da organização. Também, no aspecto formal, está toda a estrutura administrativa, os

procedimentos, o sistema de informação e a tecnologia necessária para implementar uma gestão. Além disso, no fator informal está o desempenho individual dos integrantes da organização, a influência da cultura da empresa, as motivações e atitudes, ou seja, os dois aspectos são complementares, e cada um deles analisa uma área específica dentro da organização da manutenção.

2.8. Diagrama de causalidade para avaliação técnica e definição de estratégias

A aplicação das estratégias deve ter um objetivo e neste caso, é a otimização do sistema de manufatura, na sua totalidade, incluindo a função e manutenção, para responder assim aos requisitos que a empresa transmite para a parte produtiva (operações e manutenção). Portanto, a análise de causalidade é usada nesta metodologia para identificar as variáveis que desempenham um papel importante no melhoramento do processo de produção e que têm relação direta com a atividade de manutenção (PROTIL, FERNANDES, SOUZA, 2009). Serve, além disso, como um meio para internalizar os objetivos da empresa, em geral, são expressos em uma linguagem distinta daquela usada no ambiente da manutenção. Para este efeito, portanto, é necessário fazer uma modelagem do sistema e estudar seu comportamento, ou seja, como esses atuam nas diferentes estratégias ou em ações entre os diferentes fatores do sistema produtivo e como devem ser definidos para direcionar o comportamento dos efeitos que se desejam otimizar.

No entanto, o método está baseado na premissa de que o sistema é composto de duas estruturas básicas: estrutura do processo físico e estrutura da informação. Além disso, há fluxos de recursos e fluxos de informação, respectivamente. Sendo assim, para criar a estrutura do sistema, é necessário reconhecer qual é o processo fundamental do sistema que converte os recursos entre os distintos estados. A palavra recurso, refere-se a materiais, pessoas, dinheiro, requisitos, produtos, conhecimentos etc. O estado de um processo pode ser definido como a acumulação do recurso relevante para a análise ou para o propósito do modelo (WOLSTENHOLME, 1990) e é realizada a partir dos estados, variações e influência de cada tipo de recurso (JAMBEKAR, 2000). Esta forma de representação tem a

particularidade de que pode descrever o comportamento interativo dos estados (representado pelos retângulos) por meio da polaridade da variação da influência de cada taxa. Por consequência, a análise para determinar onde introduzir melhorias no sistema se vê altamente simplificada pelo uso deste método.

Na elaboração do modelo, considera-se que os requisitos a atender são uma variável exógena, sobre a qual não há poder de decisão por parte do administrador da manutenção, e que as demais variáveis podem ser otimizadas mediante decisões e ações dos administradores do sistema. Portanto, a análise se concentra em determinar as relações das variáveis e o estado delas quando são submetidas às mudanças (ESPINOSA, SALINAS, 2000).

2.9. Gestão de riscos em manutenção elétrica

A gestão de riscos abrange uma série de práticas que buscam e possibilitam o equilíbrio relacionado a riscos e custos. Sob essa ótica, Cristina Muller Kraermer (2018) discorre que as normas englobam uma variedade de elementos e situações que podem resultar em acidentes, mas muitas pessoas desconhecem tais regulamentações ou optam por ignorá-las. Assim, a cultura contemporânea, marcada pelo imediatismo e pela preferência por produtos acessíveis, muitas vezes negligencia a qualidade e a segurança.

A análise de dados estatísticos relacionados a acidentes e doenças pretende promover a implementação de medidas preventivas em diferentes áreas, aumentando a vigilância dos profissionais diante da possibilidade desses eventos ocorrerem, assim, considerando os impactos e seus danos por meio da administração dos riscos nas etapas de manutenção (VIEIRA et al. 2022). O impacto de notícias que relatam mortes por causas elétricas é significativo, gerando uma comoção generalizada na sociedade e destacando a importância de se adotar práticas mais seguras.

Figura 6 – Gestão de riscos



Fonte: manutenção em foco (2016)

2.9.1. Qualificação e treinamento de equipe.

“A formação de competências dos trabalhadores é a base para apoiar outras atividades” (FUENTES, 2006). Considerando as ideias do autor, o treinamento deve ser abrangente, incluindo gerentes, engenheiros, supervisores, operadores e técnicos de manutenção. No entanto, visando o sucesso da equipe, os gerentes e os engenheiros devem ser treinados nos princípios.

Nesse contexto, os conceitos e tecnologias CPM (Critical Path Method) possibilitam a compreensão e gerência de programas de manutenção e reduzir perdas e melhorar a eficiência dos equipamentos. Além disso, gerentes e engenheiros desempenham papéis importantes em consonância aos funcionários (FUENTES, 2006). Além disso, engenheiros e técnicos de manutenção devem treinar seus supervisores para saberem como o equipamento funciona e quais peças funcionam. No entanto, esse treinamento depende estritamente do equipamento, sendo esses

necessários para a obtenção de conhecimentos básicos de mecânica, elétrica, hidráulica, pneumática ou programação.

2.9.2. Segurança do trabalho em atividades elétricas.

Conforme a Norma Regulamentadora NR 10 (2019), é determinado os requisitos e condições mínimas destinadas à implementação de medidas de controle e sistemas preventivos a fim de garantir a segurança e a saúde dos colaboradores que interagem, direta ou indiretamente, com aparelhos elétricos e serviços elétricos. Logo, os registros de instalação devem ser preparados pelo empregador ou pessoa oficialmente designada pela empresa, mantidos atualizados e disponibilizados aos funcionários envolvidos na instalação e na manutenção de forma explícita.

3. TECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DA MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Com o crescimento populacional e a expansão da rede urbana, a demanda por energia aumentou significativamente ao longo dos anos, tornando a geração, transmissão e distribuição de energia mais complexas. Portanto, a inovação crucial para a manutenção preditiva das redes é o sensoriamento remoto (VALENTE, 2015). Essa tecnologia permite o monitoramento em tempo real dos equipamentos da rede elétrica, fornecendo, de forma direta e explícita, informações sobre sua integridade, permitindo a previsão de falhas. Desse modo, isso possibilita a adoção rápida de medidas preventivas e corretivas, garantindo um fornecimento confiável de energia elétrica, especialmente em ambientes onde a interrupção no fornecimento é inaceitável.

Assim, o sensoriamento remoto detecta anomalias na rede, como variações de temperatura, vibrações e flutuações de corrente, possibilitando a programação de manutenção preventiva para evitar problemas maiores. A análise de dados e algoritmos permitem a previsão de falhas, facilitando o trabalho de

manutenção e evitando interrupções no fornecimento de energia, auxiliando nas tomadas de decisões (GOULART, s/d). Além disso, manutenção preditiva e preventiva são mais desejáveis que a corretiva, pois essas economizam recursos e prolonga a vida útil dos equipamentos evitando danos.

Assim, a identificação precoce de problemas reduz custos operacionais, de reparos emergenciais e perda de receita durante interrupções. Garantindo a boa condição dos ativos da rede, é possível atender melhor às demandas crescentes de energia e aumentar a confiabilidade do sistema. A gestão de ativos auxiliada pelo sensoriamento remoto garante a qualidade do fornecimento de energia, mitigando problemas como variações de tensão e garantindo indicadores de qualidade da rede. Alerta antecipado sobre condições perigosas na rede reduz os riscos para a equipe de manutenção. A implementação do sensoriamento preditivo traz diversos benefícios para os sistemas elétricos, impulsionando futuros cenários de Smart Grids e Smart Cities e de Softwares de gestão de manutenção (CMMS - Computerized Maintenance Management System). Tais tecnologias estão exemplificadas na figura 7.

Figura 7 – Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Manutenção corretiva

A manutenção em estudo foi realizada em uma máquina dobradeira de tubo. Ela estava em seu devido funcionamento e parou de funcionar, interrompendo a produção. Foi solicitado a manutenção corretiva, o técnico ao chegar iniciou-se os testes e constatou que o contator havia queimado, em seguida foi substituído e assim liberando a produção em seguida (tempo de manutenção em torno de 20 minutos).

Figura 8– Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

Figura 9 – Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

4.2 Manutenção preventiva

Em uma máquina de corte a laser, agendando o dia (24/06/24) hora (15:00) para a manutenção preventiva, foram feitos teste de vibração, termografia, reaperto de parafusos do painel de comandos, limpeza, calibragem de corte. Após o término religamos a maquinas fizemos os últimos testes de corrente, tensão e liberamos para produção. Foram anotadas data e hora pra o controle da próxima manutenção.

Figura 10 – Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

4.3 Manutenção preditiva

Em um torno CNC foram realizados teste e sondagens do equipamento como de correntes, termográfica e vibração com reaperto dos parafusos do painel de comandos com teste CLPS e inversores de frequência. Não foram detectados nem uma anomalia que pudesse causar danos a máquinas e a produção, foram marcadas hora e data da sondagem para controle de manutenção.

Figura 11 – Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

Figura 12 – Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

Figura 13 – Tecnologias



Fonte: Próprios autores (2024)

5. CONCLUSÃO

A administração da manutenção elétrica industrial, como discutido neste trabalho, é crucial para a sustentabilidade e competitividade das empresas no mercado industrial atual. A exploração dos conceitos fundamentais de manutenção, incluindo os tipos de manutenção (preventiva, preditiva e corretiva), normas e regulamentos aplicáveis, e tecnologias modernas, demonstrou que uma manutenção eficiente é crucial não apenas para garantir a continuidade operacional, mas também para reduzir custos e aumentar a vida útil dos equipamentos.

Ademais, a manutenção preventiva foi identificada como um pilar central para a eficiência operacional, pois permite antecipar falhas e minimizar interrupções imprevistas. Entretanto, apesar de seus benefícios óbvios, muitas empresas ainda falham em implementá-la de maneira adequada devido a uma falta de visão estratégica ou de recursos. A adoção de tecnologias modernas, como o sensoriamento remoto e sistemas de gestão computadorizados (CMMS), é uma solução que proporciona um monitoramento constante e uma análise detalhada do desempenho dos equipamentos, facilitando a tomada de decisões baseadas em dados. No entanto, a integração dessas tecnologias ainda enfrenta resistência e desafios, como a necessidade de investimentos iniciais elevados e a necessidade de treinamento especializado.

A segurança no trabalho também foi um ponto crucial abordado. A necessidade de treinamento contínuo e qualificação das equipes, bem como a conformidade com normas de segurança, como a NR-10, são fundamentais para proteger os trabalhadores de riscos elétricos. Contudo, muitas vezes a situação no campo é diversa das normas estabelecidas, devido à falta de fiscalização rigorosa e à discrepância entre a legislação e a vida cotidiana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALACHE, Lucas Daniel Del Rosso et al. Proposta de um modelo de avaliação e de seleção de fornecedores de manutenção industrial utilizando Fuzzy-TOPSIS. **Gestão & Produção**, v. 26, p. e3565, 2019.

CARVALHO, Alex Luis de; MENEGON, Nilton Luiz. A pertinência dos documentos prescritos nas atividades dos profissionais de manutenção industrial: o caso de uma indústria automobilística. **Gestão & Produção**, v. 21, p. 143-155, 2014.

DE SOUZA, José Barrozo et al. Indicadores de desempenho da função manutenção: um enfoque em aciarias brasileiras. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, n. 3, p. 75-75, 2012.

FUENTES, Fernando Félix Espinosa. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

GOULART, Vinícius Pinheiro. Redução de custos na manutenção elétrica através da indústria 4.0.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. *Revista Gestão Industrial*, v. 4, n. 2, 2008.

PROTIL, Roberto Max; DA CRUZ FERNANDES, Amarildo; SOUZA, Alfredo Benedito Kugeratski. Avaliação da pesquisa agropecuária em cooperativas agroindustriais utilizando um modelo de scorecard dinâmico. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 3, n. 5, p. 62-79, 2009.

SPERANCETTA, Alessandro. O impacto da implantação do TPM nos indicadores de manutenção. 2005.

TORRES JR, Rubião G.; MACHADO, Maria Augusta Soares; SOUZA, Reinaldo Castro. Previsão de séries temporais de falhas em Manutenção industrial usando redes neurais. **Engevista**, 2005.

VALENTE, Silas. Sensoriamento remoto no estudo de ocupação irregular em faixa de servidão de linha de transmissão de energia elétrica. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

VIEIRA, Paula Alves Costa de Assis et al. METODOLOGIA PARA GESTÃO DE RISCOS EM ATIVIDADES QUE ENVOLVEM SEGURANÇA ELÉTRICA DE EQUIPES IN LOCO. 2022.