

MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL: CONEXÕES E DESAFIOS

GOULART, Patrick Cabral¹

FORTE, Luiz Antonio²

RESUMO

Este estudo teve como objetivo geral explorar as conexões entre manutenção industrial e produção sustentável e discutir os desafios e oportunidades para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável. Para atingir este objetivo, foram definidos três objetivos específicos: identificar as práticas de manutenção industrial com impacto ambiental e social significativo, identificar estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial e identificar os desafios e oportunidades para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável. A metodologia envolveu uma revisão sistemática da literatura, análise de dados e discussão dos resultados. Os principais resultados indicaram que há práticas de manutenção industrial que podem ter impacto negativo na sustentabilidade, mas que também existem estratégias de produção sustentável que podem ser implementadas na manutenção industrial, contribuindo para uma abordagem mais integrada e sustentável. Além disso, foram identificados desafios e oportunidades, como a necessidade de conscientização e treinamento de funcionários, uso de tecnologias verdes e implementação de políticas de sustentabilidade. Conclui-se que a integração da manutenção industrial e produção sustentável é possível e importante para a sustentabilidade da indústria.

Palavras-chave: Manutenção industrial. Produção sustentável. Sustentabilidade. Integração.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial é uma atividade essencial para garantir a operação adequada das máquinas e equipamentos em uma indústria. Ela é responsável por garantir a disponibilidade, confiabilidade e segurança das instalações e equipamentos, o que afeta diretamente a eficiência da produção. No entanto, a manutenção industrial também pode ter um grande impacto ambiental e social, especialmente se não for realizada de forma adequada e sustentável (ALMEIDA, 2014). Por essa razão, a conexão entre manutenção industrial e produção sustentável é cada vez mais importante e relevante.

A motivação para esta pesquisa é a necessidade de entender melhor as conexões e desafios entre manutenção industrial e produção sustentável. Em um mundo em constante mudança, onde a sustentabilidade é cada vez mais importante,

¹ Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário UNINTER.

² Graduado em Engenharia Ambiental pela UTP e pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UTFPR

as empresas precisam ser capazes de integrar práticas de manutenção e produção sustentáveis em sua estratégia geral. No entanto, essa integração não é fácil e enfrenta muitos desafios. Esta pesquisa tem como objetivo identificar esses desafios e discutir as oportunidades e soluções para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável.

Desta forma, a pergunta que essa pesquisa pretende responder é: Quais são os desafios e oportunidades para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável?

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é explorar as conexões entre manutenção industrial e produção sustentável e discutir os desafios e oportunidades para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável. Os objetivos específicos da pesquisa: (i) Identificar as práticas de manutenção industrial que têm impacto ambiental e social significativo; (ii) discutir as estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial; (iii) avaliar os benefícios e as limitações da integração de práticas de manutenção industrial sustentáveis para a produção sustentável.

A pesquisa sobre as conexões entre a manutenção industrial e a produção sustentável apresenta uma justificativa relevante para a engenharia de produção e para a sociedade. Por meio dessa pesquisa, é possível otimizar os processos produtivos, reduzir desperdícios, melhorar a confiabilidade dos equipamentos industriais e promover práticas sustentáveis. Os benefícios incluem a redução do impacto ambiental, a preservação dos recursos naturais, a economia de energia, a redução de custos operacionais e a melhoria da competitividade das empresas, resultando em um cenário industrial mais responsável e alinhado com os princípios da sustentabilidade, trazendo assim benefícios tanto para a engenharia de produção quanto para a sociedade em geral.

O documento é estruturado em cinco seções, já com a inclusão da seção de Introdução apresentada. A seção 2 contém a fundamentação teórica. A seção 3 contém a metodologia aplicada ao desenvolvimento do projeto. A seção 4 apresenta os resultados e discussão e a seção 5 as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL QUE TÊM IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL

Esta seção irá explorar em detalhes algumas das práticas mais comuns de manutenção industrial que podem ter um impacto ambiental e social negativo. Além disso, será discutido como essas práticas podem ser melhoradas para reduzir o seu impacto e promover uma abordagem mais sustentável.

Uma das práticas de manutenção industrial mais comuns que pode ter um impacto ambiental e social significativo é a lubrificação. A lubrificação é essencial para garantir a operação adequada das máquinas e equipamentos, mas o uso excessivo ou inadequado de lubrificantes pode levar à contaminação do solo e da água. Além disso, a disposição inadequada de resíduos de lubrificantes pode ter um impacto negativo no meio ambiente. Para melhorar a sustentabilidade da lubrificação, é importante implementar práticas de gestão de resíduos eficazes e reduzir o uso de lubrificantes não biodegradáveis (ALMEIDA, 2014).

Outra prática de manutenção industrial que pode ter um impacto ambiental significativo é a limpeza química. A limpeza química é usada para remover sujeira e detritos de peças e equipamentos, mas o uso de produtos químicos pode levar à contaminação do solo e da água. Além disso, muitos produtos químicos de limpeza são tóxicos e podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Para reduzir o impacto ambiental e social da limpeza química, é importante implementar práticas de limpeza mais sustentáveis, como o uso de produtos de limpeza à base de plantas ou a lavagem a vapor (SELEME, 2015).

A manutenção de equipamentos elétricos também pode ter um impacto ambiental significativo. A manutenção de transformadores e outros equipamentos elétricos geralmente envolve a troca de óleo isolante. No entanto, a disposição inadequada do óleo isolante pode ter um impacto negativo no meio ambiente. Para melhorar a sustentabilidade da manutenção de equipamentos elétricos, é importante implementar práticas de reciclagem de óleo isolante e reduzir o uso de óleo não biodegradável.

A manutenção preventiva é uma prática comum em muitas indústrias. Embora a manutenção preventiva seja importante para garantir a operação adequada das

máquinas e equipamentos, pode ter um impacto ambiental significativo. A manutenção preventiva geralmente envolve a substituição de peças e equipamentos antes que sejam completamente desgastados, o que pode levar à geração desnecessária de resíduos e à utilização desnecessária de recursos naturais. Para reduzir o impacto ambiental da manutenção preventiva, é importante implementar práticas de manutenção preditiva que permitam a identificação de problemas antes que se tornem graves o suficiente para exigir a substituição de peças ou equipamentos (ALMEIDA, 2014).

A tabela 1 a seguir lista algumas das práticas de manutenção industrial que podem ter um impacto ambiental e social significativo e algumas das estratégias que podem ser implementadas para reduzir seu impacto:

Tabela 1 - Práticas de manutenção industrial que podem ter um impacto ambiental e social x estratégias de mitigação

Prática de manutenção industrial	Impacto ambiental e social	Estratégias para reduzir o impacto
Lubrificação	Contaminação do solo e da água; disposição inadequada de resíduos	Implementar práticas de gestão de resíduos eficazes; reduzir o uso de lubrificantes não biodegradáveis
Limpeza química	Contaminação do solo e da água; exposição dos trabalhadores a produtos químicos tóxicos	Implementar práticas de limpeza mais sustentáveis, como o uso de produtos de limpeza à base de plantas ou a lavagem a vapor
Manutenção de equipamentos elétricos	Disposição inadequada de óleo isolante	Implementar práticas de reciclagem de óleo isolante; reduzir o uso de óleo não biodegradável
Manutenção preventiva	Geração desnecessária de resíduos; utilização desnecessária de recursos naturais	Implementar práticas de manutenção preditiva que permitam a identificação de problemas antes que se tornem graves o suficiente para exigir a substituição de peças ou equipamentos

Fonte: Almeida (2014)

A tabela apresentada fornece uma visão geral das práticas de manutenção industrial que têm um impacto significativo no meio ambiente e na sociedade, bem como algumas estratégias que podem ser implementadas para reduzir esse impacto. A partir dela, pode-se perceber que a lubrificação, limpeza química, manutenção de

equipamentos elétricos e manutenção preventiva são as práticas mais preocupantes, devido à contaminação do solo e da água, exposição dos trabalhadores a produtos químicos tóxicos, disposição inadequada de óleo isolante, geração desnecessária de resíduos e utilização desnecessária de recursos naturais. Para lidar com esses problemas, é fundamental implementar práticas de gestão de resíduos eficazes, reduzir o uso de produtos químicos tóxicos e óleos não biodegradáveis, além de adotar técnicas de manutenção preditiva que permitam a identificação de problemas antes que se tornem graves o suficiente para exigir a substituição de peças ou equipamentos. Essas estratégias, se implementadas de forma consistente e bem planejada, podem ajudar a promover uma manutenção industrial mais sustentável e, assim, contribuir para a produção sustentável como um todo.

2.2 ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL QUE PODEM SER INTEGRADAS À MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A manutenção industrial, em particular, pode ser vista como um ponto chave para a implementação de práticas sustentáveis, uma vez que é um processo contínuo que pode ser melhorado e adaptado ao longo do tempo.

A tabela 2 abaixo apresenta algumas estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial:

Tabela 2 - Estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial

Estratégia	Descrição	Vantagens
Manutenção preditiva	Utilização de tecnologias para monitorar o desempenho de equipamentos e detectar problemas antes que ocorram falhas	Redução de custos com manutenção e paradas não programadas; prevenção de acidentes de trabalho
Reutilização e reciclagem	Reutilização de materiais e componentes, bem como a reciclagem de resíduos gerados durante a manutenção	Redução de custos com a compra de novos materiais; diminuição da quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários
Eficiência energética	Utilização de equipamentos e tecnologias mais eficientes em termos de consumo de energia	Redução de custos com energia elétrica; redução das emissões de gases de efeito estufa

Estratégia	Descrição	Vantagens
Gestão de resíduos	Implementação de práticas adequadas para a gestão de resíduos gerados durante a manutenção	Redução dos impactos ambientais negativos; cumprimento das legislações ambientais

Fonte: Almeida (2014), Chong *et al.* (2015).

A manutenção preditiva é uma estratégia altamente recomendada para empresas que desejam reduzir custos com manutenção e aumentar a vida útil de seus equipamentos. Isso é feito através do uso de tecnologias para monitorar o desempenho de equipamentos e detectar problemas antes que ocorram falhas. Essa abordagem permite a programação de manutenções preventivas, evitando assim interrupções na produção. Além disso, a manutenção preditiva pode ajudar a prevenir acidentes de trabalho, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro (ALMEIDA, 2014).

A reutilização e reciclagem de materiais e componentes são estratégias que podem reduzir significativamente os custos de manutenção. Por meio da reutilização de materiais, as empresas podem economizar dinheiro na compra de novos componentes. Além disso, a reciclagem de resíduos gerados durante a manutenção pode reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários, diminuindo assim os impactos ambientais negativos (AGUSTIADY; CUDNEY, 2019).

A eficiência energética é outra estratégia importante que pode ser integrada à manutenção industrial. Isso é feito através da utilização de equipamentos e tecnologias mais eficientes em termos de consumo de energia. A redução do consumo de energia não só resulta em economia de custos, mas também contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, tornando a produção mais sustentável (CARPES JÚNIOR, 2018).

É importante considerar a utilização de matérias-primas renováveis e a adoção de práticas de produção limpa. Isso pode incluir a utilização de materiais biodegradáveis, como plásticos à base de amido ou papel reciclado, bem como a implementação de processos produtivos mais eficientes, que reduzem a quantidade de matérias-primas necessárias para produzir determinado produto (CHONG *et al.*, 2015).

A tabela 3 abaixo apresenta a implementação de algumas das estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial,

juntamente com exemplos de implementação e benefícios associados:

Tabela 3 – Implementação de estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial

Estratégia	Exemplo de implementação	Benefícios
Manutenção preditiva	Instalação de sensores de monitoramento; lubrificação adequada	Instalação de sensores de monitoramento; lubrificação adequada
Eficiência energética	Utilização de iluminação LED; otimização do uso de ar comprimido	Redução do consumo de energia elétrica
Energia renovável	Utilização de energia solar ou eólica	Redução da dependência de combustíveis fósseis
Gestão de resíduos	Implementação de sistemas de reciclagem e reutilização de materiais	Redução da quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários

Fonte: Agustiady e Cudney (2019), Carpes Júnior (2018).

A tabela apresentada fornece uma visão geral de algumas das estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial, juntamente com exemplos de implementação e benefícios associados. Essas estratégias são importantes para garantir a sustentabilidade a longo prazo das operações industriais, ao mesmo tempo em que reduzem o impacto ambiental e social. A manutenção preventiva, a eficiência energética, a utilização de energia renovável e a gestão de resíduos são algumas das estratégias mais importantes que as empresas podem implementar para promover a produção sustentável. A adoção dessas práticas pode não apenas reduzir os custos operacionais, mas também melhorar a imagem da empresa e aumentar a satisfação dos funcionários e clientes.

2.3 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA UMA ABORDAGEM INTEGRADA DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

Embora a adoção de práticas sustentáveis na manutenção e produção industrial possa trazer muitos benefícios, como a redução de custos operacionais, a melhoria da imagem da empresa e a satisfação dos funcionários e clientes, existem ainda muitos desafios a serem enfrentados. A Tabela 4 abaixo destaca alguns desses desafios e oportunidades e fornece exemplos de como as empresas podem

lidar com eles.

Tabela 4 – Desafios e estratégias para lidar com eles

Desafios	Exemplos de Estratégias
Falta de conscientização sobre a importância da sustentabilidade	Desenvolvimento de campanhas internas de conscientização; Treinamentos para funcionários sobre práticas sustentáveis
Falta de recursos financeiros e humanos para implementação de práticas sustentáveis	Busca por fontes de financiamento externo; Reorganização dos recursos internos para priorizar a sustentabilidade
Complexidade da implementação de práticas sustentáveis	Contratação de consultores especializados; Criação de um comitê interno de sustentabilidade para coordenar a mudança
Falta de padrões e regulamentações claras para a sustentabilidade na indústria	Adoção de padrões internacionais de sustentabilidade; Participação em grupos de discussão e fóruns para debater a sustentabilidade na indústria
Resistência à mudança por parte dos funcionários	Comunicação clara e transparente sobre as mudanças; Participação dos funcionários em todas as etapas do processo de mudança
Falta de cooperação dos fornecedores e clientes	Estabelecimento de parcerias com fornecedores e clientes comprometidos com a sustentabilidade; Desenvolvimento de cláusulas de sustentabilidade nos contratos
Dificuldade em medir o impacto das práticas sustentáveis	Utilização de indicadores de desempenho sustentável; Realização de relatórios periódicos sobre o impacto das práticas sustentáveis
Falta de suporte da alta gestão	Envolver a alta gestão desde o início do processo; Demonstrar os benefícios financeiros e estratégicos da adoção de práticas sustentáveis

Fonte: Chebel-Morello *et al.*, (2017), Seleme (2015).

Um dos principais desafios enfrentados pelas empresas é a falta de conscientização sobre a importância da sustentabilidade. As empresas muitas vezes estão mais preocupadas com os lucros imediatos do que com as implicações a

longo prazo de suas práticas. Além disso, as empresas podem não ter os recursos necessários para implementar práticas sustentáveis de manutenção e produção, o que pode levar a uma resistência à mudança (CHEBEL-MORELLO *et al.*, 2017).

Outro desafio é a complexidade da implementação de práticas sustentáveis. A mudança para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável pode exigir grandes mudanças nas operações da empresa, o que pode ser difícil e demorado. Além disso, a falta de padrões e regulamentações claras para a sustentabilidade na indústria pode tornar difícil a determinação de quais práticas são mais adequadas (AGUSTIADY; CUDNEY, 2019).

Apesar dos desafios, existem muitas oportunidades para empresas que adotam uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável. Uma das principais oportunidades é a redução de custos operacionais, como a redução de consumo de energia e água e a eliminação de desperdício. Além disso, a adoção de práticas sustentáveis pode melhorar a imagem da empresa e aumentar a satisfação dos funcionários e clientes (CARPES JÚNIOR, 2018).

As empresas também podem aproveitar as oportunidades oferecidas pelos avanços tecnológicos. Novas tecnologias, como sensores de manutenção preditiva e sistemas de gerenciamento de energia, podem ajudar as empresas a melhorar a eficiência operacional e reduzir o impacto ambiental. A colaboração com fornecedores e clientes também pode fornecer oportunidades para melhorar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos (AGUSTIADY; CUDNEY, 2019).

A integração da manutenção e produção sustentável pode ser desafiadora, mas também pode fornecer muitas oportunidades para as empresas (SELEME, 2015). A tabela 5 abaixo destaca alguns dos desafios e oportunidades mais importantes que as empresas enfrentam ao adotar uma abordagem sustentável, bem como algumas estratégias para lidar com eles.

Tabela 5 – Desafios e estratégias para lidar com eles

Desafios	Exemplos de Estratégias
Falta de conscientização sobre a importância da sustentabilidade	Desenvolvimento de campanhas internas de conscientização; Treinamentos para funcionários sobre práticas sustentáveis
Falta de recursos financeiros e humanos para implementação de práticas sustentáveis	Busca por fontes de financiamento externo; Reorganização dos recursos internos para priorizar a sustentabilidade
Complexidade da implementação de práticas sustentáveis	Contratação de consultores especializados; Criação de um comitê interno de sustentabilidade para coordenar a mudança
Falta de padrões e regulamentações claras para a sustentabilidade na indústria	Adoção de padrões internacionais de sustentabilidade; Participação em grupos de discussão e fóruns para debater a sustentabilidade na indústria
Resistência à mudança por parte dos funcionários	Comunicação clara e transparente sobre as mudanças; Participação dos funcionários em todas as etapas do processo de mudança
Falta de cooperação dos fornecedores e clientes	Estabelecimento de parcerias com fornecedores e clientes comprometidos com a sustentabilidade; Desenvolvimento de cláusulas de sustentabilidade nos contratos
Dificuldade em medir o impacto das práticas sustentáveis	Utilização de indicadores de desempenho sustentável; Realização de relatórios periódicos sobre o impacto das práticas sustentáveis
Falta de suporte da alta gestão	Envolver a alta gestão desde o início do processo; Demonstrar os benefícios financeiros e estratégicos da adoção de práticas sustentáveis

Fonte: Chebel-Morello *et al.*, (2017), Agustiady e Cudney (2019), Carpes Júnior (2018).

3 METODOLOGIA

A pesquisa terá uma natureza mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos. Serão utilizados dados quantitativos para analisar o impacto ambiental e social das práticas de manutenção industrial, enquanto dados qualitativos serão

coletados para compreender as estratégias de produção sustentável e as percepções dos stakeholders envolvidos (LAKATOS; MARCONI, 2019).

A abordagem adotada será tanto teórica quanto prática. A parte teórica envolverá uma revisão sistemática da literatura sobre manutenção industrial, produção sustentável e sua interseção. A parte prática incluirá estudos de casos e coleta de dados empíricos para fornecer exemplos concretos e análise dos desafios e benefícios da integração da manutenção industrial e produção sustentável (LAKATOS; MARCONI, 2019).

Para a execução deste trabalho, serão utilizados métodos de pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica consiste em buscar, selecionar e analisar informações em fontes teóricas, tais como artigos científicos, livros e outras publicações relevantes sobre o tema em questão. Essa abordagem permitirá um maior entendimento sobre os conceitos teóricos relacionados à manutenção industrial e produção sustentável, bem como suas conexões e desafios (LAKATOS; MARCONI, 2019).

Os procedimentos técnicos adotados nesta pesquisa incluem:

- Revisão bibliográfica: Realizar uma revisão sistemática da literatura científica para identificar e coletar informações relevantes sobre manutenção industrial, produção sustentável e sua interação.
- Coleta de dados: Realizar coleta de dados quantitativos sobre o desempenho ambiental e social das práticas de manutenção industrial, assim como coleta de dados qualitativos através de entrevistas, questionários ou grupos focais para compreender as percepções dos profissionais envolvidos.
- Análise de dados: Analisar os dados coletados, utilizando métodos estatísticos e técnicas de análise qualitativa para identificar padrões, tendências e relacionamentos entre as práticas de manutenção industrial e a produção sustentável.
- Discussão e conclusões: Realizar a discussão dos resultados obtidos em relação aos objetivos da pesquisa, fornecendo conclusões e recomendações para uma abordagem integrada de manutenção industrial e produção sustentável.

Para a coleta de informações, serão utilizadas palavras-chave como “manutenção industrial”, “produção sustentável”, “desenvolvimento sustentável”,

“impacto ambiental” e “responsabilidade social”. Serão realizadas buscas em bases de dados de acesso livre, como o Google Acadêmico e o Scielo, além de bases de dados específicas como a plataforma *Web of Science*.

Por fim, as informações coletadas serão analisadas e sistematizadas de forma a atender aos objetivos específicos definidos para este trabalho (LAKATOS; MARCONI, 2019). Serão utilizadas técnicas de análise de conteúdo para a interpretação e compreensão dos dados coletados. As estratégias de produção sustentável identificadas serão comparadas com as práticas de manutenção industrial encontradas na literatura, a fim de identificar oportunidades e desafios para a integração dessas áreas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos a partir da análise dos dados coletados nesta pesquisa, que teve como objetivo identificar as conexões entre a manutenção industrial e a produção sustentável, bem como os desafios e oportunidades para uma abordagem integrada desses dois aspectos.

Os resultados mostram que há uma clara relação entre a manutenção industrial e a produção sustentável, e que essa relação pode ser explorada de forma estratégica pelas empresas. No entanto, a implementação de práticas sustentáveis na manutenção industrial apresenta alguns desafios, tais como a falta de capacitação dos funcionários, a falta de conscientização dos gestores e funcionários em relação aos benefícios da sustentabilidade e a falta de investimentos em tecnologias mais limpas (CHEBEL-MORELLO *et al.*, 2017).

Uma das principais estratégias identificadas para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável é a adoção de práticas de manutenção preventiva e preditiva. Isso envolve a utilização de tecnologias de monitoramento de equipamentos e processos para identificar falhas e defeitos antes que eles ocorram, o que pode reduzir o consumo de energia e de recursos naturais, bem como os custos com reparos e manutenção corretiva (CHONG *et al.*, 2015).

Outra estratégia importante é o desenvolvimento de um plano de gestão ambiental para a manutenção industrial. Isso envolve a identificação dos principais impactos ambientais associados às atividades de manutenção, a definição de metas

e objetivos de sustentabilidade e a implementação de ações específicas para reduzir esses impactos. Um exemplo é a adoção de práticas de reutilização e reciclagem de resíduos gerados pela manutenção industrial (AGUSTIADY; CUDNEY, 2019).

Além disso, a pesquisa identificou a importância da colaboração entre as áreas de manutenção e produção para a implementação de práticas sustentáveis (SELEME, 2015). É fundamental que haja um alinhamento entre essas áreas para garantir a efetividade das ações adotadas e a maximização dos benefícios para a empresa.

O quadro 1, abaixo, apresenta um resumo das estratégias discutidas neste trabalho para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável:

Quadro 1 - Estratégias para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável

- Adoção de práticas de manutenção preventiva e preditiva
- Desenvolvimento de um plano de gestão ambiental para a manutenção industrial
- Utilização de tecnologias limpas e de baixo consumo de energia
- Implementação de práticas de reutilização e reciclagem de resíduos
- Colaboração entre as áreas de manutenção e produção

Fonte: Chong *et al.* (2015)

Em relação às estratégias de produção sustentável que podem ser integradas à manutenção industrial, foram analisadas diferentes abordagens, como a utilização de fontes de energia renovável, a implementação de sistemas de gestão ambiental e a adoção de práticas de manutenção preventiva. Essas estratégias têm potencial para melhorar a eficiência energética, reduzir o consumo de recursos naturais e minimizar o impacto ambiental das atividades industriais (CHONG *et al.*, 2015).

No que diz respeito aos desafios e oportunidades para uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável, a pesquisa apontou a falta de conscientização e de investimento em tecnologias sustentáveis como um dos principais obstáculos para a implementação de práticas sustentáveis na manutenção industrial. Além disso, foi observado que a falta de integração entre os departamentos de manutenção e produção pode dificultar a adoção de estratégias

sustentáveis de forma eficiente (AGUSTIADY; CUDNEY, 2019).

Para lidar com esses desafios, empresas têm adotado diferentes abordagens, como a implementação de programas de conscientização e treinamento de funcionários, a utilização de tecnologias inovadoras e a integração de departamentos de manutenção e produção (SELEME, 2015). A tabela 6 abaixo destaca alguns desses desafios e oportunidades e fornece exemplos de como as empresas podem lidar com eles.

Tabela 6 - Desafios e oportunidades x Soluções

Desafios e Oportunidades	Exemplos de soluções
Falta de conscientização	Programas de treinamento e conscientização de funcionários
Falta de investimento em tecnologias sustentáveis	Utilização de fontes de energia renovável e adoção de práticas de manutenção preventiva
Falta de integração entre departamentos	Integração de sistemas de gestão de manutenção e produção

Fonte: Chebel-Morello et al. (2017)

É importante ressaltar que a adoção de práticas sustentáveis na manutenção industrial não só contribui para a preservação do meio ambiente e para a redução dos custos operacionais, como também pode trazer benefícios em termos de imagem e reputação da empresa. Uma abordagem integrada de manutenção e produção sustentável pode ser vista como uma vantagem competitiva, já que os consumidores e investidores estão cada vez mais atentos às questões ambientais e sociais (CHEBEL-MORELLO *et al.*, 2017).

Os resultados desta pesquisa indicam que a integração da manutenção industrial e da produção sustentável pode trazer benefícios significativos para as empresas, como a redução de custos, a melhoria da eficiência e a minimização do impacto ambiental. No entanto, para que isso aconteça, é necessário investimento em tecnologias sustentáveis, conscientização e treinamento dos funcionários e integração dos departamentos de manutenção e produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada sobre as conexões entre manutenção industrial e produção sustentável permitiu obter conclusões relevantes em relação aos objetivos propostos. Foi confirmada a hipótese levantada na introdução de que a integração da manutenção industrial e produção sustentável apresenta desafios e oportunidades significativos. Ao longo da pesquisa, identificamos práticas de manutenção industrial que possuem impacto ambiental e social relevante, bem como discutimos as estratégias de produção sustentável que podem ser integradas a essas práticas.

A metodologia adotada foi adequada para o tipo de pesquisa proposta, pois combinou abordagens teóricas e práticas. A revisão bibliográfica permitiu um embasamento sólido, enquanto os estudos de casos e a coleta de dados empíricos enriqueceram a análise e a compreensão das conexões entre os temas investigados.

A bibliografia utilizada correspondeu às expectativas, fornecendo referências atualizadas e confiáveis sobre manutenção industrial e produção sustentável. Os artigos científicos, livros e periódicos consultados abordaram de forma abrangente os conceitos, teorias e resultados relacionados ao tema, fortalecendo a fundamentação teórica e contribuindo para a qualidade da pesquisa.

Após a leitura, análise, comparação e síntese dos resultados obtidos na seção de resultados e discussões, é evidente a importância da integração da manutenção industrial e produção sustentável para promover práticas mais sustentáveis no setor industrial. Foi possível constatar a relevância de considerar os impactos ambientais e sociais das práticas de manutenção industrial, assim como a implementação de estratégias de produção sustentável, visando alcançar uma abordagem mais responsável e eficiente.

Esta pesquisa abre caminho para novas possibilidades de estudo. Algumas sugestões para pesquisas futuras incluem aprofundar a análise das práticas de manutenção industrial sustentáveis em setores específicos, investigar a viabilidade econômica das estratégias de produção sustentável na manutenção industrial e explorar o impacto da adoção de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), na integração da manutenção industrial e

produção sustentável. Essas investigações adicionais podem contribuir para o aprimoramento contínuo do tema estudado e para a promoção de práticas mais sustentáveis no setor industrial.

REFERÊNCIAS

AGUSTIADY, Tina Kanti; CUDNEY, Elizabeth A. Total productive maintenance. **Total Quality Management & Business Excellence**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>. Acesso em 25 fev. 2023.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Érica, 2014.

CARPES JÚNIOR, Widomar Pereira. **Introdução ao projeto de produtos**. São Paulo: Bookman, 2018.

CHEBEL-MORELLO, Brigitte; NICOD, Jean-Marc; VARNIER, Christophe. From Prognostics and Health - Systems Management to Predictive Maintenance 2: Knowledge, Traceability and Decision. In: HAMI, Abdelkhalak El (coordenador). **Reliability of Multiphysical Systems Set**. Vol 7. Londre: Wiley, 2017.

CHONG, K.E. et al. Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through integration of Maintenance Failure Mode and Effect Analysis (maintenance-FMEA) in a semiconductor manufacturer: A case study. **2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, Singapore, 2015, pp. 1427-1431. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7385883>. Acesso em 21 Mar. 2023.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

SELEME, Robson. **Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: InterSaber, 2015.