

UTILIZAÇÃO DE MOBILE NO PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO MANUTENÇÃO DE UMA USINA PRODUTORA DE AÇO

USE OF MOBILE DEVICES IN THE PLANNING AND SCHEDULING OF MAINTENANCE FOR A STEEL PRODUCTION PLANT

Hayslan da Vitória¹

RESUMO: Este trabalho buscou explorar como a modernização da indústria siderúrgica, através da tecnologias móveis e do Lean Manufacturing, pode transformar a gestão operacional de uma usina de aço. A proposta surgiu da necessidade de encontrar maneiras mais eficientes e seguras de operar, ao mesmo tempo em que se melhora a experiência dos trabalhadores e se reduz falhas e desperdícios. Com a adoção de sistemas inteligentes, ferramentas tecnológicas práticas e de um gestão mais eficaz, conseguimos identificar novas possibilidades para simplificar processos, automatizar atividades críticas e fortalecer a segurança dentro do ambiente industrial. Essas inovações não apenas tornam o trabalho mais eficiente, mas também criam condições melhores para os colaboradores desempenharem suas funções. Neste estudo, compartilhamos os aprendizados, desafios e avanços alcançados com a integração dessas tecnologias, apresentando de forma clara como elas podem transformar a realidade das usinas siderúrgicas e abrir caminho para um futuro mais ágil e seguro.

Palavras-chave: Mobile; Usina; Lean Manufacturing; Artificial.

ABSTRACT: This study explores how the modernization of the steel industry, through artificial intelligence (AI) and mobile technologies, can transform the operational management of a steel plant. The proposal emerged from the need to find more efficient and safer ways to operate, while improving workers' experiences and reducing errors and waste. By adopting intelligent systems and practical technological tools, new opportunities were identified to streamline processes, automate critical tasks, and strengthen safety within the industrial environment. These innovations not only enhance efficiency but also create better conditions for employees to perform their roles effectively. In this study, we share the insights, challenges, and progress achieved through the integration of these technologies, clearly demonstrating how they can transform the reality of steel plants and pave the way for a more agile and secure future.

Keywords: Mobile; Steel Mill; Intelligence; Mobile; Artificial.

¹ Centro Universitário Salesiano - Unisales. Vitória/ES, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

No contexto da indústria siderúrgica, a busca por eficiência operacional e aumento da produtividade é constante, destarte, nesse cenário, o planejamento e a programação da manutenção desempenham um papel crucial, garantindo a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e processos produtivos. Com isso, a adoção de tecnologias móveis na gestão da manutenção surge como uma tendência promissora, proporcionando maior agilidade, precisão e integração nas atividades de rotina.

A integração dessas tecnologias visa melhorar a comunicação entre as equipes, otimizar a coleta de dados em campo, e facilitar o acesso em tempo real às informações necessárias para a tomada de decisão. Além disso, a implementação de soluções móveis permite alinhar as práticas de manutenção às diretrizes da Indústria 4.0, como o uso de Internet das Coisas (IoT), Big Data e inteligência artificial, elementos que têm revolucionado o setor industrial. A análise do impacto dessa abordagem na eficiência operacional e nos custos de manutenção é essencial para compreender os benefícios e desafios da sua adoção.

Ademais, essas tecnologias oferecem soluções ágeis e conectadas, permitindo um monitoramento em tempo real, a integração de dados e uma resposta mais rápida às demandas operacionais. Por outro lado, o *Lean Manufacturing* tem se destacado como uma filosofia de gestão capaz de reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e aprimorar processos. Diante do exposto, pressupõe-se que a convergência dessas abordagens pode transformar a forma como as usinas siderúrgicas operam, promovendo melhorias significativas na eficiência, segurança e sustentabilidade dos processos.

Diante disso, o problema de pesquisa do presente trabalho é: no dinâmico cenário da modernização industrial,

Visando responder a esse questionamento, este trabalho tem como objetivo geral analisar como a integração das tecnologias com o *Lean Manufacturing* pode aumentar a eficiência, melhorar a segurança no trabalho e otimizar os recursos na operação de uma usina de aço.

Assim, os objetivos específicos da pesquisa são: (i) compreender a importância do processo de gestão da qualidade no setor industrial; (ii) analisar o processo de *Lean Manufacturing*, demonstrando seus benefícios e relevância para o processo siderúrgico; (iii) investigar as contribuições das tecnologias móveis e do *Lean Manufacturing* para a eficácia da indústria siderúrgica; Indicadores de desempenho antes e depois da implementação de tecnologia móvel (iv); o consequente bloqueio automático de um equipamento (v); analisado o desempenho das variáveis do quadro e de segurança (vi).

Apesar das evidências de benefícios dessas práticas em outros setores, há uma lacuna de estudos aprofundados sobre sua aplicação conjunta na indústria siderúrgica. Assim, este trabalho é relevante por buscar compreender e evidenciar como a integração do *Lean Manufacturing* com as tecnologias móveis pode contribuir positivamente para enfrentar os desafios do setor, gerando ganhos operacionais e estratégicos. Além disso, os resultados poderão servir como referência para outras empresas do segmento interessadas em adotar soluções inovadoras.

Dessa forma, este estudo apresenta uma visão abrangente das oportunidades proporcionadas pela utilização de dispositivos móveis, contribuindo para a construção

de estratégias mais eficazes e inovadoras na gestão de manutenção. Com base nas ações realizadas por uma empresa metalúrgica, espera-se alcançar melhorias significativas por meio da aplicação das ferramentas e das práticas do *Lean Manufacturing*, uma vez que a integração de tecnologias de ponta com os princípios *Lean* se mostra uma estratégia promissora para enfrentar desafios operacionais, promover avanços na produtividade e garantir um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gestão da qualidade

A gestão da qualidade na siderurgia é uma abordagem estratégica que busca garantir a excelência operacional, alinhando-se às expectativas dos stakeholders e assegurando a sustentabilidade dos processos. No contexto da indústria do aço, a implementação de tecnologias avançadas, como inteligência artificial e dispositivos móveis, tem se mostrado essencial para alcançar melhorias contínuas, além de aumentar a eficiência e garantir a segurança dos trabalhadores. Essas práticas, baseadas em dados operacionais em tempo real coletados por dispositivos móveis, possibilitam uma gestão proativa, facilitando a prevenção de falhas e acidentes, além da otimização de recursos.

Ademais, a integração dessas tecnologias também contribuem para a melhoria da qualidade dos processos, reduzindo custos e assegurando que os padrões de segurança e produtividade sejam atendidos ou superados. Na gestão da qualidade, o uso de ferramentas de monitoramento contínuo e análise de dados gera uma vantagem competitiva para a usina, promovendo melhorias constantes e consolidando a indústria siderúrgica como um player relevante no mercado global.

Na siderurgia, a integração de tecnologias como sistemas de monitoramento em tempo real e inteligência artificial na gestão da qualidade permite identificar desvios rapidamente e implementar soluções ágeis, promovendo eficiência, segurança e uma posição competitiva no mercado global." (Baseado em informações sobre gestão da qualidade e uso de tecnologia na siderurgia, conforme descrito por Anjaço – Soluções em Aço)

Ao longo do tempo, a aplicação de inteligência artificial e tecnologia móvel na siderurgia tem transformado os processos operacionais, aumentando a eficiência, reduzindo falhas e ampliando a segurança dos trabalhadores. Esses avanços representam a continuidade da evolução da gestão da qualidade, que, desde a Revolução Industrial, se adapta às novas exigências do mercado e às inovações tecnológicas, proporcionando ganhos significativos em produtividade e competitividade para a indústria do aço.

Ao prever padrões e falhas, a IA reduz o desperdício e melhora a sustentabilidade, contribuindo para a eficiência energética e a descarbonização na produção siderúrgica." (CPG Click Petróleo e Gás, 2024)

Corroborando, Souza e Lima (2018) destacam que o uso da tecnologia na

manutenção industrial tem passado por uma significativa evolução ao longo do tempo. Inicialmente, as abordagens eram predominantemente reativas, com as equipes de manutenção atuando apenas após a ocorrência de falhas nos equipamentos. Contudo, com o avanço de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e análise de dados em tempo real, as empresas passaram a adotar estratégias proativas, como a manutenção preditiva. Essas inovações possibilitam a identificação antecipada de falhas e a otimização dos processos de manutenção, resultando em maior eficiência operacional e prolongamento da vida útil dos equipamentos, demonstrando os avanços da gestão de qualidade.

2.2. Aplicação de tecnologia com o Lean Manufacturing na manutenção industrial

A integração de tecnologia na indústria tem transformado radicalmente os processos produtivos, impulsionando a modernização de práticas e a adoção de estratégias inovadoras para a gestão operacional. A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, destaca-se pelo uso de inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), big data e automação como pilares para alcançar eficiência e competitividade. Nesse contexto, a aplicação dessas tecnologias não apenas otimiza os fluxos produtivos como também reforça a segurança no ambiente de trabalho, reduzindo falhas.

Combinação dessas tecnologias com a metodologia Lean manufacturing pode permitir a eliminação de desperdícios e valor criação para clientes. O

Lean, originalmente desenvolvido para o setor automotivo, é focado na eficiência e no uso racional de recursos. Com a adição de soluções tecnológicas, como sistemas de monitoramento em tempo real e análise preditiva, os princípios Lean ficam mais ágeis e precisos. Por exemplo, o uso de sensores e plataformas integradas permite a identificação de gargalos de produção de forma mais rápida e eficaz, possibilitando ações corretivas imediatas. "A integração de tecnologias como sensores, plataformas inteligentes e análise preditiva ao modelo Lean permite identificar gargalos de produção em tempo real e implementar ações corretivas de forma ágil, promovendo maior eficiência e redução de desperdícios." (Adaptado de Semeq, 2024)

Além disso, a combinação de tecnologias emergentes com práticas Lean promove uma tomada de decisão baseada em dados (data-driven decision-making), reduzindo variabilidades nos processos e aumentando a previsibilidade dos resultados. Em uma usina de aço, como no caso estudado, essas inovações podem ser aplicadas para melhorar a gestão de ativos, como caminhões e empilhadeiras, otimizando sua utilização e prolongando sua vida útil. Assim, a modernização da indústria, embasada pela tecnologia, reforça a sustentabilidade e a competitividade no cenário global.

O conceito de Lean Manufacturing, originado no Sistema Toyota de Produção, é uma abordagem que busca maximizar o valor para o cliente ao eliminar desperdícios e otimizar os processos de produção. Tendo como objetivo a manutenção industrial, eliminando atividades que não agregam valor e fomentando uma cultura de melhoria contínua, facilitada pelo uso de tecnologias avançadas. Através dessas ferramentas digitais, as empresas conseguem eliminar desperdícios relacionados ao tempo de inatividade dos equipamentos, aos processos excessivos e à superprodução de

manutenção, contribuindo para uma produção mais enxuta e eficiente.

Esse conceito pode ser integrado à gestão da manutenção industrial, utilizando tecnologias avançadas, como inteligência artificial e dispositivos móveis, para aprimorar a eficiência dos processos, reduzir custos e aumentar a segurança no ambiente industrial. A aplicação do Lean na manutenção visa identificar e eliminar desperdícios, como falhas em equipamentos e ineficiências operacionais, criando um fluxo de trabalho mais eficiente e menos sujeito a interrupções.

Ao implementar práticas, como, por exemplo, análise de dados em tempo real e manutenção preditiva, as organizações conseguem reduzir desperdícios relacionados à espera, movimentação e transporte, com isso, otimizando o uso de recursos. No

entanto, para executar tais ações, é imprescindível a coleta contínua de dados e o monitoramento dos equipamentos, com o auxílio de dispositivos móveis e sensores estratégicos, permitindo uma abordagem proativa que minimize perdas e maximize a produtividade.

"A filosofia Lean se fortalece com a Indústria 4.0 ao unir princípios de eficiência e eliminação de desperdícios com o poder da automação e da digitalização, trazendo maior previsibilidade e flexibilidade aos processos produtivos." (Adaptado de Cognitive, 2024)

Dessa forma, a manutenção industrial, quando alinhada aos princípios do **Lean Manufacturing**, proporciona não apenas a redução de custos e desperdícios, mas também um aumento significativo na segurança operacional e na eficiência geral dos processos. Essa estratégia de manutenção enxuta representa um avanço para a indústria, refletindo diretamente na competitividade e sustentabilidade das empresas.

"Soluções tecnológicas, como sistemas de monitoramento contínuo e indicadores de performance, tornam os processos industriais mais transparentes e facilitam o diagnóstico e a correção de gargalos, garantindo maior confiabilidade na produção." (Baseado em Tractian, 2024)

A implementação do **Lean Manufacturing** envolve uma série de etapas estruturadas, garantindo que os princípios de eliminação de desperdícios e melhoria contínua sejam efetivamente aplicados. As etapas típicas de implementação podem ser descritas das seguintes formas:

1. Planejamento e Preparação

Objetivo: Compreender as necessidades da empresa, o contexto da operação e os pontos críticos de melhoria.

Ações:

Avaliar os processos existentes e identificar áreas de desperdício (os 7 desperdícios do Lean).

Definir a visão e os objetivos do projeto Lean.

Formar uma equipe de implementação com membros capacitados e comprometidos. Engajar a alta gestão e obter seu apoio para a mudança cultural e de processos.

Definir indicadores de desempenho para acompanhar os avanços e resultados.

2. Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping - VSM)

Objetivo: Analisar o fluxo de materiais e informações ao longo de todo o processo de produção para identificar desperdícios e oportunidades de melhoria.

Ações:

Realizar o mapeamento do fluxo de valor, identificando todas as etapas do processo, desde a matéria-prima até o produto final.

Identificar onde ocorrem desperdícios como espera, transporte, defeitos e excesso de processamento.

Criar um **fluxo futuro** ideal, com foco na eliminação de desperdícios e melhoria do fluxo de trabalho.

3. Análise e Eliminação de Desperdícios (Muda)

Objetivo: Eliminar atividades que não agregam valor ao produto ou serviço.

Ações:

Identificar os **7 desperdícios** (muda) no processo: espera, movimento, transporte, excesso de produção, superprocessamento, estoque e defeitos.

Implementar práticas para reduzir ou eliminar cada tipo de desperdício. Isso pode envolver mudanças no layout da planta, alterações nos tempos de setup, e eliminação de etapas desnecessárias.

Focar na melhoria do fluxo de produção, implementando mudanças incrementais de forma contínua.

4. Implementação de Ferramentas Lean

Objetivo: Aplicar ferramentas e técnicas específicas do Lean para otimizar processos e promover melhorias contínuas.

Ações:

5S: Organizar o ambiente de trabalho para garantir eficiência e segurança.

Kaizen: Implementar ciclos de melhoria contínua, focando em pequenas melhorias constantes.

Just-in-Time (JIT): Produção de acordo com a demanda real, reduzindo estoques e aumentando a eficiência.

Kanban: Sistema de controle visual de produção para otimizar o fluxo de trabalho.

SMED (Single Minute Exchange of Die): Reduzir o tempo de setup das máquinas, permitindo uma produção mais flexível e ágil.

5. Treinamento e Capacitação

Objetivo: Garantir que todos os colaboradores estejam capacitados e alinhados com os princípios Lean.

Ações:

Realizar treinamentos para todos os níveis da organização, desde a alta gestão até os operadores de linha.

Incentivar a participação ativa dos colaboradores na identificação de problemas e proposição de soluções.

Criar uma cultura de melhoria contínua, onde todos contribuem para a evolução dos processos.

6. Execução e Monitoramento

Objetivo: Colocar em prática as mudanças propostas e acompanhar os resultados.

Ações:

Implementar as mudanças nos processos de forma gradual.

Monitorar os indicadores de desempenho previamente definidos para avaliar a eficácia das mudanças.

Realizar auditorias e revisões periódicas para garantir a continuidade das melhorias.

7. Avaliação e Melhoria Contínua

Objetivo: Avaliar os resultados da implementação do Lean e garantir que o ciclo de melhorias nunca pare.

Ações:

Revisar os resultados em relação aos objetivos iniciais e ajustar as estratégias conforme necessário.

Identificar novas oportunidades de melhoria e aplicar o ciclo Kaizen para ajustes contínuos.

Acompanhar a satisfação dos clientes e o impacto das melhorias no produto final.

Reforçar a cultura Lean, incentivando o envolvimento de todos os colaboradores em um processo contínuo de melhoria.

2.3. Importância e benefícios do Lean Manufacturing e suas ferramentas

O **Lean Manufacturing**, como visto anteriormente, pode ser entendido como uma filosofia de gestão voltada para a maximização do valor agregado ao cliente, enquanto busca eliminar desperdícios em todos os processos de produção. Sua aplicação tem se mostrado essencial na busca por uma produção mais eficiente e competitiva. A importância e os benefícios dessa abordagem são evidentes, não apenas no aumento da eficiência operacional, mas também na promoção da melhoria contínua, um dos pilares fundamentais do **Kaizen** e do Lean.

"A integração de tecnologias como sensores, plataformas inteligentes e análise preditiva ao modelo Lean permite identificar gargalos de produção em tempo real e implementar ações corretivas de forma ágil, promovendo maior eficiência e redução de desperdícios." (Adaptado de Semeq, 2024).

2.3.1. Importância do Lean Manufacturing

O **Lean Manufacturing** destaca-se por sua capacidade de criar ambientes de produção enxutos, com processos mais ágeis e eficazes. Desenvolvido inicialmente para enfrentar limitações de recursos e aumentar a competitividade das empresas, o Lean tornou-se indispensável em um contexto globalizado e de intensa concorrência.

"A filosofia Lean se fortalece com a Indústria 4.0 ao unir princípios de eficiência e eliminação de desperdícios com o poder da automação e da digitalização, trazendo maior previsibilidade e flexibilidade aos processos produtivos."
(Adaptado de Cognitive, 2024)

Focado na eliminação de desperdícios, no aumento da produtividade e na melhoria

da qualidade, o Lean proporciona melhorias significativas nos processos industriais. Entre suas principais vantagens, destacam-se:

- **Redução de custos operacionais:** permite identificar e eliminar atividades que não agregam valor, resultando em menor utilização de recursos e redução de custos.
- **Aumento de eficiência:** a otimização dos processos e a minimização de interrupções melhoram a produtividade, permitindo que as empresas atendam à demanda do mercado com mais agilidade.
- **Melhoria da qualidade:** a busca constante por melhorias e a eliminação de erros nos processos resultam em produtos e serviços de maior qualidade, aumentando a satisfação do cliente.
-
- **Empoderamento dos funcionários:** promove uma cultura de melhoria contínua, envolvendo colaboradores em todas as fases do processo e incentivando a contribuição com ideias, o que gera maior comprometimento e motivação.

2.3.2. Benefícios das Ferramentas Lean

O **Lean Manufacturing** oferece uma ampla gama de ferramentas para aprimorar a gestão e os processos operacionais. Entre as principais, estão:

- **5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke):** focado na organização e padronização do ambiente de trabalho, garante um local mais limpo, seguro e eficiente. O 5S aumenta a produtividade ao assegurar que materiais e recursos estejam no lugar certo, facilitando o fluxo de trabalho.
- **Kaizen (Melhoria Contínua):** priorizando melhorias incrementais, o Kaizen gera avanços significativos em eficiência e qualidade ao longo do tempo. Sua implementação envolve todos os colaboradores, promovendo uma cultura de inovação e participação ativa.
- **Just-in-Time (JIT):** voltado à produção baseada na demanda real, reduz estoques e desperdícios. O JIT sincroniza a produção com as necessidades do cliente, evitando o acúmulo de estoques e recursos ociosos.
- **Kanban:** sistema visual de controle de fluxo de trabalho que permite às equipes identificar quando é necessário produzir mais ou mover materiais. O Kanban melhora a comunicação entre os setores e reduz desperdícios.
- **SMED (Single Minute Exchange of Die):** enfatiza a redução do tempo de setup de máquinas e equipamentos, aumentando a flexibilidade da produção, reduzindo paradas e melhorando a capacidade produtiva.
- **Value Stream Mapping (VSM):** técnica que mapeia o fluxo de valor dos processos, desde a matéria-prima até o produto final. Com o VSM, é possível identificar pontos de desperdício e oportunidades de melhoria.
- **Poka-Yoke:** dispositivos ou métodos que previnem erros humanos durante a

produção, garantindo a qualidade e a confiabilidade dos processos desde a origem.

Ao longo prazo, os impactos do **Lean Manufacturing** podem ser notáveis, principalmente, no foco em melhorias contínuas e no envolvimento de toda a organização, visto que o Lean cria uma cultura de eficiência, qualidade e motivação. Essa abordagem não apenas melhora os resultados operacionais, mas também fortalece a posição competitiva da empresa no mercado. Empresas que adotam o Lean Manufacturing tornam-se mais ágeis, eficientes e orientadas ao cliente, conquistando vantagens competitivas em um cenário de alta competitividade global.

"Soluções tecnológicas, como sistemas de monitoramento contínuo e indicadores de performance, tornam os processos industriais mais transparentes e facilitam o diagnóstico e a correção de gargalos, garantindo maior confiabilidade na produção." (Baseado em Tractian, 2024)

3. METODOLOGIA

Do ponto de vista da abordagem do problema, a pesquisa desenvolvida foi qualitativa. Silva e Menezes (2001, p. 20) destacam que "[...] na pesquisa qualitativa, há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, onde o mundo objetivo e a subjetividade são indissociáveis." Nesse contexto, a pesquisa buscou compreender profundamente como os dispositivos móveis, equipados com sensores e aplicativos, impactam os processos de manutenção industrial, enfatizando a interpretação dos dados coletados e o significado das mudanças no cotidiano de trabalhadores e gestores.

Esta pesquisa é classificada como exploratória e descritiva. Segundo Vergara (1997), a pesquisa descritiva visa revelar características específicas de um fenômeno, neste caso, a integração de dispositivos móveis na manutenção industrial, proporcionando uma compreensão detalhada dos benefícios e desafios dessa implementação. Por sua vez, a pesquisa exploratória é aplicada em áreas de conhecimento limitado, como o uso de tecnologias móveis para otimizar processos de manutenção, permitindo uma investigação ampla por meio de fontes bibliográficas, documentais e dados de campo, fornecendo uma base inicial para novas práticas.

A etapa exploratória considerou o uso de dados secundários, obtidos por meio de levantamentos bibliográficos e documentais, além de dados primários coletados diretamente no campo. Para a coleta de dados primários, foram utilizados métodos como observação participante, análise documental e entrevistas com colaboradores e gestores envolvidos na implementação dos dispositivos móveis na manutenção. Segundo Cardoso (1998), a observação participante foi fundamental para compreender como os trabalhadores se adaptaram ao uso dessas novas tecnologias e para identificar melhorias nos processos operacionais.

Durante a implementação dos dispositivos móveis, o processo foi organizado em etapas específicas. Uma semana foi dedicada à capacitação dos trabalhadores para o uso dos dispositivos e duas semanas foram destinadas ao mapeamento de fluxos e à identificação de gargalos nos processos de manutenção. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), a análise documental foi essencial para compreender os contextos e as

vantagens da adoção dos dispositivos móveis, como o aumento da eficiência na manutenção e a redução de erros operacionais.

Por fim, entrevistas realizadas com colaboradores e gestores, conforme o método proposto por Strauss e Corbin (1998), foram cruciais para explorar as percepções internas sobre os benefícios e desafios do uso de dispositivos móveis. Essas entrevistas forneceram insights valiosos sobre como essas ferramentas impactaram as práticas de manutenção e a dinâmica da equipe, evidenciando tanto os avanços alcançados quanto às áreas que ainda requerem atenção para maximizar os resultados.

4. ESTUDO DE CASO

Uso de tecnologia Mobile na manutenção industrial - Empresa metalúrgica em Serra, ES

Uma empresa metalúrgica situada no município da Serra, no estado Espírito Santo, com mais de 35 anos de experiência no mercado, tem investido constantemente em soluções inovadoras para otimizar seus processos de manutenção industrial.

Localizada estrategicamente próxima a grandes indústrias e ao complexo portuário do estado, a empresa busca continuamente melhorar a eficiência operacional e garantir um atendimento de alta qualidade aos seus clientes.

O estudo teve início em 1 de Janeiro de 2023, apurando os dados coletados e fazendo a análise no último dia de cada mês, a partir do mês de maio foi implementado a melhoria e o uso de mobile nos controles, planejamento e programação. Recentemente, foi identificada a necessidade de modernizar a gestão de manutenção, com o objetivo de atender de forma mais eficaz às crescentes demandas do mercado. Como parte desse processo de transformação, a implementação de tecnologia mobile na manutenção industrial foi uma das soluções adotadas para otimizar a operação.

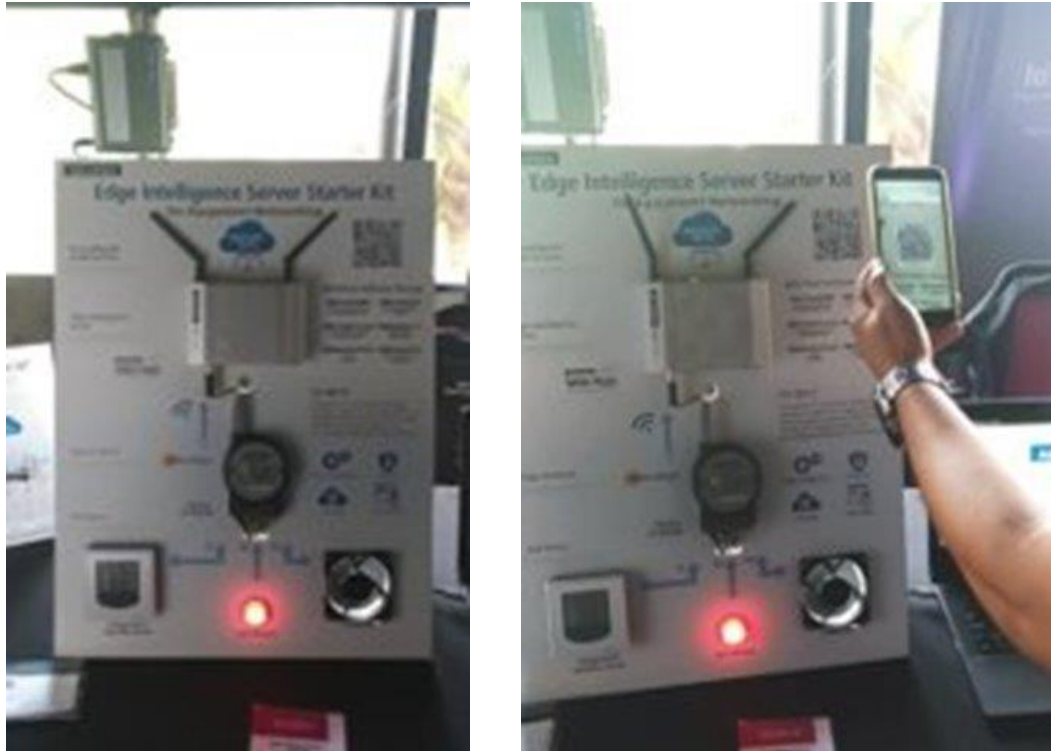
A introdução de dispositivos móveis, como smartphones e tablets, tem permitido que os técnicos de manutenção acessem, em tempo real, informações críticas sobre o status dos equipamentos e sistemas, diretamente no local de trabalho. Isso inclui o acesso a manuais de procedimentos, histórico de falhas, alertas de performance e dados de manutenção preditiva, o que facilita a tomada de decisões e agiliza as intervenções.

Essa solução também tem contribuído para uma melhor comunicação entre as equipes de manutenção, uma vez que as informações são centralizadas e podem ser compartilhadas instantaneamente. A eliminação de processos manuais e a redução do uso de documentos físicos resultaram em uma gestão de manutenção mais ágil, eficiente e com maior controle sobre as operações.

Além disso, o uso da tecnologia móvel tem sido um aliado na melhoria da segurança no ambiente de trabalho, permitindo que os técnicos monitorem as condições dos equipamentos de forma mais precisa e preventiva, minimizando riscos operacionais e evitando falhas inesperadas.

Essas mudanças fazem parte de um esforço contínuo da empresa metalúrgica em adotar práticas de gestão mais ágeis e inovadoras, alinhando-se às novas exigências do mercado e buscando sempre a excelência na operação industrial.

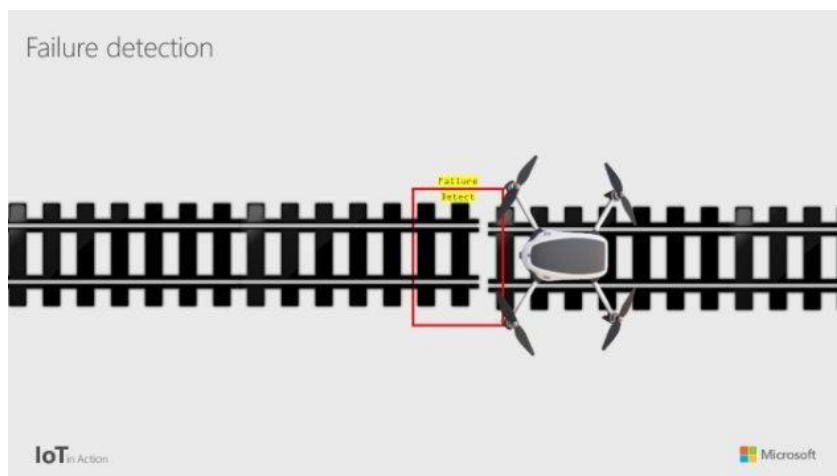
Figura 1: Teste de bloqueio com implementação de QR code e mobile



Fonte: Adquirida pelo autor, 2024.

A Figura 1 apresenta o teste realizado na empresa em sistemas de bloqueios, o uso de QR codes tem se mostrado uma solução inovadora para reforçar a segurança e a eficiência em diversos ambientes, incluindo instalações industriais e comerciais. Quando integrado a dispositivos móveis, esse tipo de sistema oferece uma abordagem moderna e acessível para controle de acesso, rastreamento de permissões e verificação de identidade.

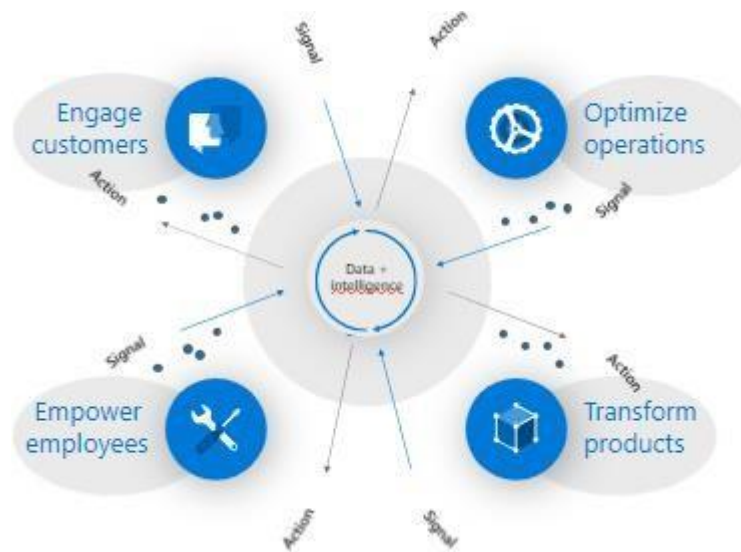
Figura 2 - Detecção de irregularidade e bloqueio do equipamento



Fonte: Adaptado de Moreira e Fernandes, 2001

A Figura 2 ilustra o processo de detecção de irregularidades e o consequente bloqueio automático de um equipamento. Esse mecanismo é essencial para garantir a segurança operacional e prevenir falhas que possam comprometer o funcionamento do sistema ou colocar em risco a integridade dos operadores e das instalações. Sensores conectados ao equipamento coletam dados em tempo real sobre variáveis críticas, como temperatura, vibração, pressão e consumo de energia. Essas informações são transmitidas para uma central de monitoramento ou analisadas localmente por dispositivos integrados.

Figura 3 - Loop de retorno sobre manutenção



Fonte: Adaptado de Baldam, 2008

A Figura 3 demonstra o ciclo contínuo de retorno aplicado à gestão de manutenção, um modelo que enfatiza a integração de etapas fundamentais para garantir eficiência, confiabilidade e melhoria contínua no desempenho dos equipamentos. Esse "loop" é composto por fases interconectadas que se retroalimentam, promovendo um processo de aprendizado e evolução constante. Foi utilizado dispositivos móveis para monitorar continuamente e coletar informações críticas, melhorar a eficiência operacional e reduzir falhas. Prevenir acidentes e otimizar os recursos disponíveis.

5. Estudo de Caso Operacional

Os dados a seguir foram coletados no campo da empresa analisada.

Na Tabela 1, é demonstrado a eficiência operacional com a implementação das novas ferramentas. Observa-se que, nos primeiros meses, a eficiência foi inferior em comparação com os meses de novembro e dezembro. Esse desempenho inicial pode ser atribuído ao período de adaptação dos funcionários à nova ferramenta. À medida que os colaboradores se familiarizaram com a nova rotina, houve um aumento

significativo no desempenho nos meses finais, refletindo maior domínio e integração das ferramentas ao processo de trabalho.

Tabela 1: Tabela de eficiência operacional (Manutenção/disponível)

Período	Eficiência Operacional
31/01/2023	78%
28/02/2023	76%
31/03/2023	80%
30/04/2023	74%
31/05/2023	78%
30/06/2023	77%
31/07/2023	91%
31/08/2023	91%
30/09/2023	85%
31/10/2023	84%
30/11/2023	94%
31/12/2023	92%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O gráfico 1, exemplifica os dados da tabela acima, possibilitando uma visão mais ampla dos resultados.

Gráfico 1: Gráfico de aumento de eficiência operacional



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Em relação aos indicadores de segurança, eficiência energética, produtividade e manutenção preventiva, foi analisado o percentual de desempenho antes e após a

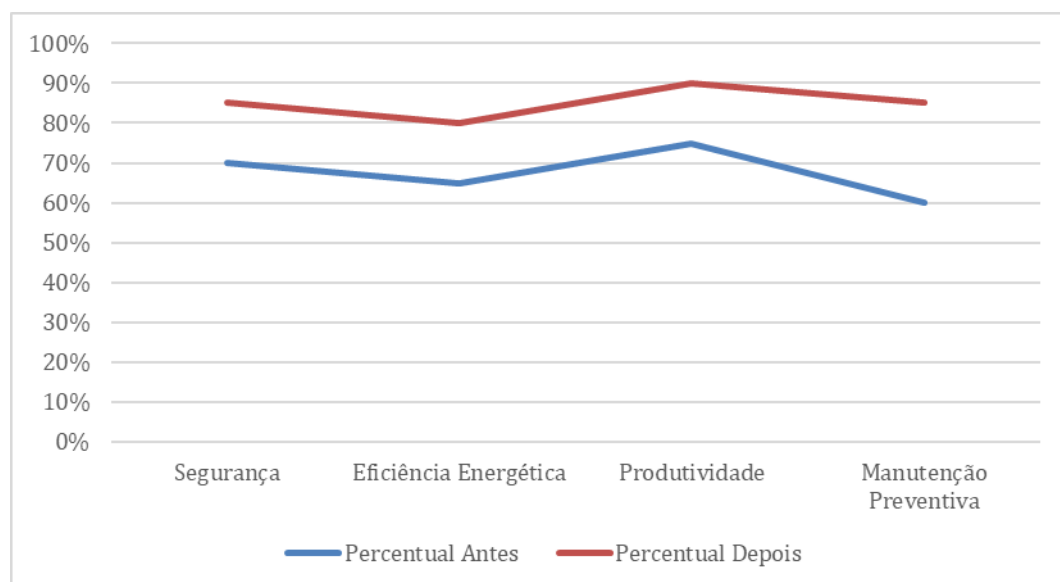
implementação das ferramentas. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Indicadores de desempenho antes e depois da implementação de tecnologia móvel

KPI	Percentual Antes	Percentual Depois
Segurança	70%	85%
Eficiência Energética	65%	80%
Produtividade	75%	90%
Manutenção Preventiva	60%	85%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Gráfico 2: Indicadores de desempenho antes e depois da implementação de tecnologia móvel



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Todos os indicadores registraram crescimento após a implementação, com um aumento mínimo de 15%. Destaca-se a manutenção preventiva, que apresentou o maior avanço, com uma superação de 25%. Esses resultados confirmam as informações do referencial teórico, demonstrando que as tecnologias móveis contribuem positivamente para a eficiência industrial. Após a adoção dessas tecnologias, foi possível observar uma melhoria significativa nos indicadores analisados.

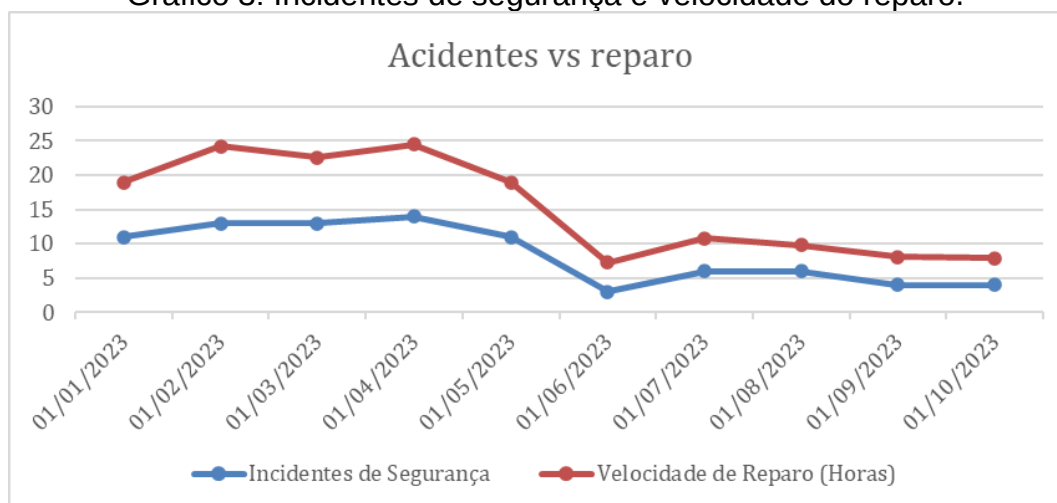
Por fim, analisou-se a velocidade de reparo, calculada em horas, em relação aos incidentes de segurança.

Tabela 3: Incidentes de segurança e velocidade do reparo.

Período	Incidentes de Segurança	Velocidade de Reparo (Horas)
31/01/2023	11	7,96
28/02/2023	13	11,19
31/03/2023	13	9,63
30/04/2023	14	10,45
31/05/2023	11	7,96
30/06/2023	3	4,22
31/07/2023	6	4,77
31/08/2023	6	3,83
30/09/2023	4	4,05
31/10/2023	4	3,88

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Gráfico 3: Incidentes de segurança e velocidade do reparo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Percebe-se que a velocidade de reparo também apresentou melhora, principalmente em agosto, quando os reparos foram realizados de forma mais ágil e rápida em comparação aos demais meses.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria siderúrgica, caracterizada por sua complexidade e intensidade em processos, requer uma gestão operacional precisa para alcançar níveis ideais de produtividade e segurança. Sob a ótica teórica, a integração de tecnologias avançadas, como dispositivos móveis e sistemas de inteligência artificial, é amplamente reconhecida como um elemento transformador na modernização das operações industriais. Contudo, na prática, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios concretos, incluindo resistência cultural, necessidade de capacitação dos trabalhadores e adaptação às infraestruturas existentes.

Nesse cenário, torna-se crucial investigar como a interação entre trabalhadores e tecnologias móveis gerou melhorias significativas nos processos operacionais. Teoricamente, dispositivos móveis podem ser vistos como extensões das capacidades humanas, proporcionando acesso em tempo real a dados críticos, maior agilidade na tomada de decisões e comunicação mais eficiente. No entanto, a eficácia dessa integração depende de fatores práticos, como a usabilidade das ferramentas tecnológicas, o engajamento dos operadores e a habilidade da gestão em alinhar essas soluções aos objetivos estratégicos da organização.

A relevância deste estudo está em sua proposta de abordar desafios específicos, como falhas operacionais, acidentes de trabalho e alocação eficiente de recursos. Embora as teorias de gestão operacional indiquem que a tecnologia pode reduzir significativamente esses problemas, a prática revela que os benefícios só são alcançados quando os trabalhadores desempenham um papel ativo no processo de transformação digital. Dessa forma, compreender o equilíbrio entre teoria e prática torna-se fundamental para maximizar o potencial da modernização industrial, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro, eficiente e produtivo.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa um momento significativo em minha trajetória acadêmica e profissional, e não teria sido possível sem o apoio, a inspiração e a contribuição de inúmeras pessoas, às quais dedico minha mais profunda gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ser minha força nos momentos mais desafiadores e minha fonte constante de coragem, resiliência e inspiração ao longo desta jornada.

À minha família, meu alicerce e porto seguro, expresso meu amor e eterna gratidão. Agradeço especialmente à minha mãe, por acreditar em mim incondicionalmente e pelos inúmeros sacrifícios e ensinamentos que me trouxeram até aqui. Às minhas irmãs e demais familiares, que sempre torceram por meu sucesso e estiveram presentes nos momentos cruciais, meu muito obrigado.

Um agradecimento especial à minha esposa, Adrieli Pacheco Souza, minha companheira em cada etapa desta caminhada. Sua paciência, compreensão e apoio incondicional foram fundamentais para que eu superasse os desafios e conquistasse

este objetivo. Adrieli, sua força e encorajamento constante me inspiraram a seguir em frente, e sua presença tornou essa trajetória muito mais significativa e gratificante.

Aos orientadores e professores, agradeço por sua dedicação, paciência e comprometimento. Em especial, ao Marcelo Togo, minha mais sincera gratidão por sua orientação precisa, por me desafiar a crescer e por acreditar no meu potencial. Suas contribuições foram indispensáveis para a qualidade deste trabalho. Também registro meu agradecimento aos demais professores que enriqueceram minha formação acadêmica e profissional, compartilhando conhecimentos que transcendem o campo teórico.

Aos colegas de curso, que compartilharam comigo desafios e conquistas, meu sincero agradecimento. A troca de ideias, o apoio mútuo e os momentos de descontração foram essenciais para tornar essa jornada mais leve e significativa. Vocês não apenas contribuíram para minha formação, mas também criaram memórias que levarei comigo para sempre.

Agradeço também às empresas e profissionais da indústria siderúrgica que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho. Seus insights e experiências práticas foram fundamentais para contextualizar e enriquecer esta pesquisa, especialmente no que se refere à aplicação de tecnologias emergentes como inteligência artificial e sistemas móveis na gestão operacional.

Aos amigos, pelo apoio constante e compreensão durante este período de intensas demandas, meu muito obrigado. Vocês foram uma presença essencial nos momentos de dúvida e celebração, mesmo quando minha disponibilidade foi limitada.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, participaram desta jornada, mesmo que de maneira discreta ou indireta. Cada gesto, palavra de incentivo e colaboração foi fundamental para a concretização deste trabalho. A todos, minha mais sincera gratidão.

REFERÊNCIAS

Aplicação de inteligência artificial na indústria de processos" - VR Murali Mohan, KP Viswanatha Sharma, G. Karunakar Reddy (Procedia Technology, 2016)

Uma revisão sobre as aplicações de técnicas de inteligência artificial na tomada de decisões para indústrias de petróleo e gás - Seyed Mojtaba Hosseini Bamakan,

Mohammad Reza Ghorbani, et al. (Jornal de Ciência e Engenharia de Petróleo, 2019)

Aredes, E. L., & Pádua, S. I. D. (2014). Process Architecture as a BPM Critical Success Factor: a bibliographic review. Business and Management Review, 4(3), 245-255.

Baldam, R. et al. (2008). Gerenciamento de Processos de Negócios. São Paulo: Érica.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. (Org.) Gestão da qualidade: Teoria e Casos. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.

Dumas, M. et. al. (2013). Fundamentals of Business Process Management. Berlin: Springer.

FULLERTON, R. R.; KENNEDY, F. A.; WIDENER, S. K. Management accounting and control practices in a lean manufacturing environment. Accounting, Organizations and Society, v. 38, 2013.

HOWELL, V. W. Lean Manufacturing. Ceramic Industry, v. 160, p 16-19, 2010.

Pinto, João P. (2006). — Novas oportunidades. Exame, Set. 2006, p.24.

MOREIRA, M., FERNANDES, F. Avaliação do mapeamento do fluxo de valor como ferramenta da produção enxuta por meio de um estudo de caso. Departamento de Engenharia de Produção. UFSCAR, São Carlos – SP, 2001.

MELLO, Luiz Antonio. A Onda Maldita: como nasceu a Fluminense FM. Niterói: Arte & Ofício, 1992. Disponível em: <<http://www.actech.com.br/aondamaldita/creditos.html>> Acesso em: 13 out. 1997.

Murugan, N.(2005). “Implementing Kobetsu Kaizen Steps in a Manufacturing Company Goodway Rubber Industries (M)”, SDN BHD.

Oliveira, S. B. (2012). Análise e Melhoria de Processos de Negócios. São Paulo: Atlas.

PETENATE, M. Lean Manufacturing: tudo que você precisa saber. 2018. Disponível em: < <https://www.escolaedti.com.br/lean-manufacturing-tudo-que-voce-precisa-saber>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

OLIANI, Luiz Henrique; PASCHOALINO, Wlamir José; OLIVEIRA, Wdson de. Os benefícios da ferramenta de qualidade 5s para a produtividade. Revista Científica UNAR, Araras (SP), v.12, n.1, p. 112-120, 2016. DOI: 10.18762/1982-4920.20160009. Disponível em: http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol12_n1_2016/9-OS%20BENEF%C3%8DCIOS%20DA%20FERRAMENTA%20DE%20QUALIDADE%205%20S%20PARA%20A%20PRODUTIVIDADE.pdf

OHNO, T. O Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PRAZERES, João Pedro Elias. Identificação do mapa do fluxo de valor futuro em uma empresa de projetos. Trabalho de conclusão de curso. Graduação em Engenharia de Produção, Universidade do Sul de Santa Catarina. Santa Catarina P. 17, 2020

SILVA, E, M, D. Mentalidade Enxuta: Os 5 princípios do Lean Manufacturing para eliminar desperdícios e aumentar a produtividade. 2018.

SILVA, L. S.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Manual de orientação. Florianópolis, 2001.

SAVIANI, Demerval. A Universidade e a Problemática da Educação e Cultura. Educação Brasileira, Brasília, v. 1, n. 3, p. 35-58, maio/ago. 1979.

Vanti, N. (1999). "Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração", Ci. Inf., Brasília, Vol.28, N.3, pp.333-339.

Aplicação de inteligência artificial na planta de preparação de carvão" - Yi Fei Liu, Zhenlong Xu, Shuai Wang, Xianyang Xu (International Journal of Mining Science and Technology, 2017)

Anjaço – Soluções em Aço. *Uso de tecnologia na garantia da qualidade na siderurgia*. Disponível em: <https://anjaco.com.br>.

CPG Click Petróleo e Gás. *Revolução da IA na Mineração e Siderurgia: Desafios e Inovações Fascinantes*. Disponível em: CPG Click Petróleo e Gás. Acesso em: 13 dez. 2024.

Semeq. Indústria 4.0 e Lean Manufacturing: como surgiu e como se relacionam. Disponível em: semeq.com. Acesso em: 13 dez. 2024.

Cogtive. Lean Manufacturing: o que é o método que transformou a indústria. Disponível em: cogtive.com. Acesso em: 13 dez. 2024.

Tractian. Entenda tudo sobre gargalos na linha de produção. Disponível em: tractian.com. Acesso em: 13 dez. 2024.