

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

**Uso de Internet das Coisas para otimizar
a produtividade em ferramentarias**

Vinícius de Castro Mendes Moraes

Orientador: Prof. Eduardo de Campos Valadares

Belo Horizonte, 2023

Trabalho de conclusão de curso

Uso de Internet das Coisas para otimizar a produtividade em ferramentarias

Trabalho de conclusão de curso submetido à banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Belo Horizonte, 2023

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da implementação de soluções tecnológicas em ferramentarias, buscando melhorias na produtividade e eficiência das operações. A pesquisa foi conduzida por meio de estudos de caso em diferentes empresas do setor, envolvendo a análise e implementação de soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT) e sistemas de monitoramento e controle. À partir da participação do processo junto às ferramentarias, gerou-se um passo-a-passo visando guiar as ferramentarias que vislumbram ser impactadas pela tecnologia.

Inicialmente, foi realizado um diagnóstico dos principais problemas enfrentados pelas ferramentarias, identificando lacunas e oportunidades de melhoria. Em seguida, foram selecionadas e implementadas soluções tecnológicas personalizadas para cada contexto, levando em consideração as necessidades específicas de cada empresa. A implementação das soluções foi realizada em parceria direta com as empresas Vitau Automation e I-SENSI, juntamente com o apoio do projeto Rota 2030 da Fundep.

A análise dos resultados obtidos foi realizada de acordo com cada solução e seu impacto específico nas fábricas. Foram considerados indicadores quantitativos, como aumento da produtividade e redução dos tempos de parada e retrabalho, além de análises qualitativas baseadas nas percepções dos funcionários envolvidos. Os resultados demonstraram melhorias significativas na produtividade e eficiência das ferramentarias após a implementação das soluções tecnológicas. Houve redução de custos operacionais, otimização dos processos de produção e melhoria da qualidade dos produtos.

Todo o processo foi monitorado pelo autor, avaliando e coletando *feedbacks* dos envolvidos, de forma que o produto final do projeto fosse um guia de instruções para as empresas que desejam utilizar da tecnologia para melhorar seu desempenho.

Este estudo contribui para o conhecimento sobre os benefícios da adoção de soluções tecnológicas em ferramentarias, evidenciando a importância da inovação para o aprimoramento do desempenho e competitividade das empresas do setor. Os resultados obtidos fornecem subsídios para a tomada de decisões estratégicas e podem auxiliar outras organizações na implementação de soluções similares.

Abstract

The present study aims at evaluate the impact of implementing technological solutions in tooling companies, seeking improvements in productivity and operational efficiency. The research was conducted through case studies in different companies in the industry, involving the analysis and implementation of solutions based on the Internet of Things (IoT) and monitoring and control systems. Through the entire process monitoring alongside the tooling companies, a step-by-step guide was generated to assist tooling companies that envision being impacted by the technology.

Initially, a diagnosis of the main problems faced by the tooling companies was conducted, identifying gaps and opportunities for improvement. Then, customized technological solutions were selected and implemented for each context, taking into consideration the specific needs of each company. The implementation of the solutions was carried out in direct partnership with Vitau Automation and I-SENSI, with the support of the Rota 2030 project from Fundep.

The analysis of the obtained results was conducted according to each solution and its specific impact on the factories. Quantitative indicators were considered, such as increased productivity and reduction in downtime and rework times, as well as qualitative analyses based on the perceptions of the involved employees. The results demonstrated significant improvements in productivity and efficiency of the tooling companies after the implementation of the technological solutions. There was a reduction in operational costs, optimization of production processes, and improvement in product quality.

The entire process was monitored by the author, evaluating and collecting feedback from the stakeholders, so that the final product of the project could be an instruction guide for companies wishing to utilize technology to enhance their performance.

This study contributes to the knowledge about the benefits of adopting technological solutions in tooling companies, highlighting the importance of innovation for the improvement of performance and competitiveness in the industry. The obtained results provide support for strategic decision-making and can assist other organizations in the implementation of similar solutions.

Agradecimentos

À Deus, que me capacitou em busca de alcançar este objetivo e permitiu que este sonho se realizasse.

À minha família, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado durante todos os momentos. Vocês são minha base para tudo que faço, sempre será por vocês e para vocês.

Às que não estão mais por aqui, por terem estado comigo em uma das minhas lutas mais difíceis, deixando um legado imenso na minha jornada.

À minha namorada, que tanto tanto esteve ao meu lado e me fortaleceu neste caminhar. Sua compreensão e encorajamento foram essenciais para o meu sucesso.

Aos meus amigos, principalmente aos que dividiram este caminho comigo. Vocês foram essenciais para que desse certo.

Ao meu orientador, que me inseriu em um contexto inovativo de muito aprendizado e crescimento, permitindo o desenvolvimento tanto do meu trabalho quanto acadêmico.

À FUNDEP, I-SENSI e Vitau, que me acolheram durante todo este projeto e possibilitaram um grande crescimento profissional.

Às ferramentarias, que aceitaram participar e fornecer insumos para meu estudo de caso.

Sumário

Resumo	i
Abstract	iii
Agradecimentos	v
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
1 Introdução	1
1.1 Objetivos do Projeto	2
1.2 Metodologia	2
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 As transformações tecnológicas	3
2.2 Produtividade na indústria	4
2.3 A Indústria 4.0.	6
2.3.1 Internet das coisas	7
2.4 Ferramentarias	10
3 Descrição do Processo	13
3.1 Stampway	13
3.1.1 Sobre a ferramentaria	13
3.1.2 Problemas	14
3.2 Union Moldes	15
3.2.1 Sobre a ferramentaria	15
3.2.2 Problemas	15
3.3 Resumo	15

4	Metodologia	17
4.1	I-SENSI	18
4.2	Vitau Automation	19
4.3	Rota 2030 - Fundep	19
4.4	Modelo de implementação	20
4.5	Características do projeto	21
4.5.1	I-SENSI e Stampway	23
4.5.2	Vitau Automation e Union Moldes	30
4.5.3	Fase de implementação	36
4.6	Coleta de feedbacks e resultados	37
4.6.1	I-SENSI e Stampway	37
4.6.2	Vitau e Union Moldes	39
4.6.3	Comentários	41
5	Resultados	43
5.1	Etapas de implementação	43
5.1.1	Seleção de parceiros	43
5.1.2	Difusão de informações sobre a tecnologia	44
5.1.3	Avaliação dos problemas da ferramentaria	45
5.1.4	Implementação dos dispositivos	46
5.1.5	Treinamento e capacitação da equipe	47
5.1.6	Monitoramento contínuo	48
5.2	Resumo	49
6	Conclusões	51
6.1	Considerações Finais	52
	Referências Bibliográficas	53

Lista de Figuras

4.1	Formulários utilizados para registros nas ferramentarias.	22
4.2	Profissional realizando registros e gestão à vista de gargalos.	23
4.3	Telas de monitoramento do processo de <i>try-out</i> de peças.	25
4.4	Telas de monitoramento do processo de <i>try-out</i> de peças.	26
4.5	Exemplo de monitoramento de lotes com o sistema implementado. . . .	27
4.6	Gestão à vista dos processos de <i>try-out</i> de peças já executados versão mobile.	28
4.7	Gestão à vista dos processos de <i>try-out</i> de peças já executados versão desktop.	29
4.8	Tela do software onde são apontadas as manutenções nas máquinas. . .	32
4.9	Tela de gestão à vista das manutenções.	33
4.10	Tela de gestão de paradas das máquinas.	34
4.11	Tela de monitoramento do indicador OEE das máquinas.	35
4.12	Gráfico de OEE por mês em 2022	39

Lista de Tabelas

4.1	Reduções e economias aproximadas em processos após implementação da solução.	38
4.2	Simulação, em um cenário que 20 máquinas fresadoras, do aproveitamento do investimento financeiro a partir do OEE para a solução da Vitau em conjunto com a Union Moldes.	40

Capítulo 1

Introdução

A digitalização de sistemas e processos industriais a partir da Internet das Coisas é a base da Quarta Revolução Industrial [1]. O termo Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things* - IoT) refere-se à conectividade com a internet e às capacidades computacionais abrangendo objetos, sensores e itens do dia a dia. Essas novas tecnologias permitem controlar e coletar informações de dispositivos sem a necessidade da intervenção humana, que passa a ocorrer de forma automatizada.

O conceito correlato, "máquina para máquina" (do inglês, *Machine to machine* - M2M) também faz parte deste portfólio. Por definição, é um sistema de comunicações diretas entre máquinas conectadas remotamente que envia informações a serem processadas em tempo real.

A Cisco, uma das maiores empresas de computação do mundo, em seu relatório anual da internet, menciona que as conexões do tipo IoT/M2M (Internet das coisas/ Máquina para Máquina) apresentam um crescimento exponencial, devendo alcançar cerca de 14,7 bilhões de conexões em 2023 [2]. Para se ter uma ideia desta evolução, em 2018, existiam aproximadamente 6,1 bilhões de conexões deste tipo. Isso é devido ao grande número de novos dispositivos inteligentes presentes em várias atividades, por exemplo, em equipamentos de monitoramento no segmento hospitalar, rastreamento de transportes e medidores inteligentes.

Entretanto, no setor industrial a inserção destas novas tecnologias ainda encontra dificuldades. Quase a metade dos executivos industriais do Brasil, cerca de 45%, desconhece a Indústria 4.0 [3]. Isso agrava um dos principais problemas do chão de fábrica: o monitoramento e a manutenção do processo. Entre 30% e 70% de todo o trabalho dos engenheiros responsáveis se concentra no diagnóstico de gargalos em equipamentos [4], com um impacto direto no faturamento das empresas.

À medida que as fábricas aderem à nova revolução industrial, o seu desempenho tende a melhorar. O uso das tecnologias digitais na indústria permite aumentar a pro-

atividade em 22%, considerando-se micro, pequenas e médias empresas dos segmentos de alimentos e bebidas, metalmeccânica, setor moveleiro, vestuário e calçados [5].

1.1 Objetivos do Projeto

Existem várias brechas para se introduzir a tecnologia 4.0 na indústria, sobretudo no setor de ferramentarias que se encontra tecnologicamente estagnado. O objetivo do projeto é transformar o *modus operandi* e a forma de gerenciamento da produção neste segmento, com impacto direto na produtividade.

- a) Coletar dados referentes à produtividade de uma ferramentaria;
- b) Avaliar a inserção de tecnologia no chão de fábrica;
- c) Implementar a Internet das Coisas na ferramentaria;
- d) Coletar dados referentes à produtividade do trabalho após a implementação;
- e) Realizar estudo prospectivo referente ao uso da Internet das Coisas no setor ferramental.
- f) Gerar um passo-a-passo para que as ferramentarias possam guiar sua implementação.

1.2 Metodologia

Com o apoio de empresas especializadas em soluções de tecnologia, são introduzidas soluções IoT em ferramentarias. A transição para o conceito de indústria 4.0 é monitorada, de modo a garantir a qualidade da implementação.

Ao longo de todo o processo são coletados dados referentes à produtividade da ferramentaria. Assim é possível avaliar o impacto da adoção de novas tecnologias no chão de fábrica, comparando a produtividade antes e após a implementação das mudanças. Além disso, são coletados *feedbacks* referentes ao modelo de implementação, visando otimizá-lo.

Busca-se, portanto, confirmar ou refutar as seguintes hipóteses:

- As ferramentarias precisam de apoio externo para fazerem a transição tecnológica;
- A utilização de Internet das coisas impacta positivamente na produtividade das ferramentarias;

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 As transformações tecnológicas

Uma transformação notável no padrão de vida de uma fração significativa da população mundial aconteceu nos últimos duzentos anos. Desde o início do século XIX ocorreu um aumento anual constante, cerca de um a dois por cento, nos salários reais dos trabalhadores na Europa Ocidental e América do Norte, gerando um aumento cumulativo de 1500% [6]. Numa perspectiva econômica, a Revolução Industrial representa um ponto de inflexão na história humana.

A indústria é a parte da economia responsável pela produção mecanizada e automatizada de bens de consumo e bens de capital. Desde o início da industrialização, os avanços tecnológicos têm levado a mudanças paradigmáticas, denominadas "revoluções industriais": na área de mecanização (a primeira revolução industrial), no uso intensivo de energia elétrica (a segunda revolução industrial) e na ampla digitalização (a terceira revolução industrial) [7].

A Revolução Industrial representa a transição de uma economia agrária e artesanal para uma economia industrial baseada na manufatura mecânica. Essas mudanças tecnológicas introduziram novas formas de trabalho e de inserção social e transformaram estruturalmente a sociedade. Esse processo teve início na Grã-Bretanha no século XVIII e de lá se espalhou para o resto do mundo [8].

Na sociedade pré-industrial, a maioria das famílias vivia da agricultura e morava principalmente em pequenas comunidades rurais. Com o advento das fábricas, as pessoas passaram a trabalhar para empresas localizadas em áreas urbanas. Os salários eram baixos e as condições de vida muito precárias para os trabalhadores. No entanto, trabalhar para empresas ainda era mais atrativo do que a agricultura [9]. Com o avanço tecnológico, foi possível desenvolver máquinas capazes de otimizar o tempo de fabricação, possibilitando a produção em larga escala e, conseqüentemente, o aumento

da lucratividade.

No século XIX, a utilização do carvão e do vapor possibilitou não apenas a criação de ferrovias e de grandes frotas navais, mas também a disseminação em massa de itens impressos, o que favoreceu o surgimento da educação pública na Europa e nos Estados Unidos [10].

Durante a segunda revolução industrial, que abrangeu todo o século XX, a utilização do petróleo e da eletricidade possibilitou o desenvolvimento do motor a combustão interna, do automóvel individual e, principalmente, da comunicação apoiada em grandes centrais elétricas, tais como o telégrafo, telefone, rádio e televisão [10]. As tecnologias introduzidas nesse período possibilitaram a produção em massa, a automatização do trabalho e o surgimento de diversas indústrias, em especial as indústrias elétrica e químicas.

Na terceira revolução do trabalho, é possível se destacar as seguintes mudanças [11]:

- Indústria microeletrônica como novo paradigma tecnológico;
- Terceirização do processo produtivo. Com isso, a contratante transfere a responsabilidade de certas atividades para uma prestadora de serviços, ao invés de contratar funcionários especificamente para realizar essas funções;
- Competição via qualidade e diferenciação de produtos;
- Organização de sistemas flexíveis de organização produtiva e do trabalho, baseados numa maior integração e cooperação inter e intraempresarial;

A marca central da terceira revolução industrial é a interconexão da rede de energia e da internet. O aspecto fundamental não reside apenas na energia, na internet ou na noção de rede, mas na junção desses três elementos. Parte significativa da prosperidade do século XXI dependerá de uma organização social marcada pela descentralização, cooperação e compartilhamento, não apenas da energia, mas de vários recursos e conhecimentos [10], daí o conceito de Indústria 4.0.

2.2 Produtividade na indústria

Na virada do século XIX, Frederick Winslow Taylor desenvolveu o conceito de gerência científica, em meio a um período de rápido crescimento das empresas, surgimento de monopólios industriais e uma abordagem sistemática da ciência aplicada à produção. Taylor propôs uma abordagem científica para o controle do trabalho nas empresas capitalistas em expansão, buscando aplicar métodos científicos aos desafios complexos

enfrentados nesse contexto. Sua proposta incluía a criação de uma gerência que estabelecesse regras e padrões para a execução das tarefas por meio de experimentação do trabalho. A eficiência era considerada um aspecto central da gestão e métodos padronizados foram implementados visando otimizar a relação entre tempo e movimento [12].

Esse foi um dos primeiros passos para o início dos estudos em relação à eficiência nas indústrias. Sendo assim, abriu espaço para o desenvolvimento de outras teorias, mas com o mesmo objetivo: otimizar a produtividade.

O Fordismo é um método de organização da produção e do trabalho que complementa o Taylorismo. Ele se caracteriza pelo gerenciamento tecno-burocrático de uma mão de obra especializada, que opera em técnicas repetitivas de serviços ou produtos padronizados.

Ao contrário do Taylorismo, que se concentrava nas práticas individuais de tempos e movimentos, o Fordismo introduz uma abordagem coletiva. No processo fordista, o ritmo de produção é determinado pelo ritmo da esteira ou do plano inclinado, em vez da capacidade do trabalhador. Isso implica, por um lado, na disciplina do tempo do trabalhador, e, por outro lado, na restrição de sua participação e criatividade. A linha de montagem impõe um ritmo inflexível, onde cada ação deve seguir a anterior de acordo com o tempo planejado, refletindo os princípios fundamentais da mecanização: padronização, continuidade, coerção e redução do trabalho a tarefas simples [13].

A popularização dos produtos industriais e a incorporação em massa dos consumidores exigiam uma preocupação constante com a redução dos custos de manufatura, que não poderia ser alcançada simplesmente pela diminuição dos salários, como ocorria nas práticas industriais anteriores. Era necessário buscar ganhos de produtividade e aprimorar os métodos de fabricação. Além disso, havia uma fundamentação moral nessa busca pela máxima eficiência do trabalho, acompanhada de uma fundamentação prática, que visava tornar a produção um processo contínuo cada vez mais ininterrupto. A grande contribuição em termos de organização ocorreu com a eliminação das interrupções, ou "perdas de tempo", entre as etapas de confecção de cada item, garantindo uma certa continuidade no processo produtivo [14].

A abordagem de Henri Fayol na função administrativa trouxe impactos significativos para o campo da gestão, transformando-a em uma especialidade com princípios e regras próprias. Seu apoio essencial foi na transformação da função administrativa em uma área especializada, com características próprias e regras padronizadas. Segundo Fayol, o desempenho adequado da função administrativa depende da aplicação correta desses princípios básicos, que orientariam o comportamento e as ações dos gerentes. Entre esses princípios, destaca-se a divisão do trabalho e a especialização das funções, com o

objetivo de melhorar habilidades, segurança e precisão, resultando em maior eficiência com o mesmo esforço. Fayol enfatizou a importância desses princípios na busca pelo aumento da produtividade nas organizações [15].

O Toyotismo é um modelo de produção desenvolvido pela empresa Toyota que teve uma contribuição significativa para a produtividade nas indústrias. Uma das principais características do Toyotismo é o *Just-in-Time* (na hora certa, em português), um método que visa reduzir o estoque e eliminar desperdícios, produzindo somente o necessário, no momento certo e na quantidade adequada. Isso permitiu uma maior eficiência na utilização dos recursos, evitando excessos e minimizando custos [12].

Além disso, introduziu o conceito de *Kaizen*, que significa melhoria contínua. Esse princípio envolve a busca constante por aprimoramentos nos processos de produção, envolvendo todos os funcionários da empresa. Com a participação ativa dos trabalhadores, é possível identificar e eliminar problemas, reduzir tempos de máquinas paradas e melhorar a qualidade dos produtos.

Outro aspecto importante é a flexibilidade. Esse sistema permite a rápida adaptação às mudanças nas demandas e preferências dos clientes, garantindo uma resposta ágil e eficiente. Além disso, promove a colaboração entre os membros do time, incentivando o trabalho em equipe e a comunicação efetiva.

No geral, o Toyotismo revolucionou a forma como as indústrias produzem, promovendo a eficiência, a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua. Sua abordagem flexível e centrada no cliente contribuiu para um aumento significativo da produtividade nas indústrias, tornando-se um modelo de referência amplamente adotado em todo o mundo [16].

Ao longo do tempo, as indústrias perceberam a necessidade de buscar constantemente a otimização da produtividade como um elemento-chave para aumentar seus lucros e competitividade. No entanto, no passado, elas não contavam com um modelo tecnológico avançado que permitisse um acompanhamento eficiente desse processo. Sua ênfase estava principalmente nas questões administrativas e no funcionamento geral da produção.

2.3 A Indústria 4.0.

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, é caracterizada pela integração de tecnologias avançadas em processos industriais para aumentar a eficiência, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir custos [17].

A Indústria 4.0, conceito surgido na Alemanha, em 2011, refere-se a uma política econômica governamental que se baseia em estratégias de alta tecnologia [18]. Esta

política é caracterizada pela automação, digitalização de processos e uso de tecnologias eletrônicas e de informação na manufatura [19], bem como pela personalização da produção, prestação de serviços e criação de negócios com valor agregado. Além disso, destaca-se pelas capacidades de interação e troca de informações entre humanos e máquinas [20].

É uma abordagem recente que descreve uma produção orientada para sistemas ciberfísicos, que integram as instalações de produção, os sistemas de armazenamento e logística, bem como o estabelecimento de redes de trabalho para a criação de valor [21, 22]. É associada à digitalização dos sistemas de informação e produção, permitindo a automação da aquisição de dados das máquinas e linhas de produção, troca de informações para o monitoramento e controle dos processos e a tomada de decisões em tempo real. Isso permite antecipar grandes mudanças e promove novas formas de colaboração e infraestruturas sociais [23, 24].

2.3.1 Internet das coisas

O termo *Internet of Things* foi utilizado pela primeira vez pelo britânico Kevin Ashton [25]. É um dos pioneiros em tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) e, segundo ele, a IoT permite que os computadores observem, identifiquem e compreendam o mundo, sem as barreiras e limitações de dados humanos.

Segundo o relatório *Internet of Things in 2020: Roadmap for the future* [26], a origem semântica da expressão é composta por duas palavras e conceitos: “Internet” e “Coisa”. “Internet” pode ser definida como “a rede de redes de computadores interconectadas, com base em um padrão protocolo de comunicação, o pacote de Internet (TCP/IP)”, enquanto “Coisa” é “um objeto não identificável com precisão”. Portanto, semanticamente, “Internet das Coisas” significa “uma rede mundial de objetos interconectados exclusivamente endereçáveis, baseado em protocolos de comunicação padrão”.

Para a Intel [27], a Internet das Coisas é definida como “dispositivos que se conectam à Internet, integrando maiores recursos de computação e usando análise de dados para extrair informações relevantes”.

A inovação por meio da Internet das Coisas tem ganhado espaço no cenário das telecomunicações. O Conselho Nacional de Inteligência dos Estados Unidos da América a incluiu como “Tecnologias Civis Disruptivas”, com potenciais impactos no poder nacional dos EUA [28]. Segundo o documento, até 2025, os nós da internet residirão em coisas do dia a dia, como documentos em papel, embalagens e móveis. Além disso, destaca também a associação entre as necessidades da população e os avanços tecnológicos, levando a uma difusão generalizada da IoT.

Ao passo que a Internet evolui, há também uma revolução tecnológica no uso de

sensores, etiquetas eletrônicas e atuadores, principalmente para identificar, observar e controlar digitalmente objetos no mundo físico [29]. Os principais fatores associados a esse crescimento são:

- Uma necessidade crescente de compreender o ambiente físico em suas várias formas, desde instalações industriais até espaços públicos e demandas do consumidor. Esses requisitos geralmente são motivados por melhorias de eficiência, objetivos de sustentabilidade ou melhoria da saúde e segurança;
- A evolução da tecnologia e capacidades de rede melhoradas;
- Custos reduzidos de dispositivos, juntamente com a capacidade de acessar e analisar de forma mais barata os dados gerados por esses dispositivos.

Muitos são os domínios e os ambientes em que as novas aplicações têm o potencial de melhorar a qualidade de nossas vidas: em casa, em viagem, no monitoramento da saúde, no trabalho, na corrida e na academia. Esses ambientes agora são equipados com objetos apenas com inteligência primitiva, na maioria das vezes sem qualquer capacidade de comunicação. Dar a estes objetos a possibilidade de se comunicarem entre si e de elaborar a informação apercebida do meio, gera a oportunidade de desenvolvimento dos mais diversos tipos de aplicações [30].

A Amazon, empresa de tecnologia, tem feito grandes investimentos, principalmente na parte de automação, buscando gerar facilidades no dia a dia das pessoas. Em um de seus dispositivos, a Echo Dot, há uma integração com objetos simples da casa, como lâmpadas, cortinas e o celular pessoal. Um exemplo disso é um facilitador de atividades rotineiras que permite controlar e designar funções via comando de voz, bem como programá-las para ocorrerem em determinado horário [31].

Na Internet das Coisas, os modelos de negócios digitais se misturam com os do mundo físico para criar uma construção híbrida, especialmente nas camadas de criação de valor envolvendo uma aplicação de IoT. Essas camadas foram identificadas a partir da análise de várias aplicações, exemplificadas a seguir considerando-se uma lâmpada LED inteligente [32].

- Camada 1 - Coisa física: a lâmpada LED é o elemento físico da solução e forma a primeira camada do modelo de criação de valor, fornecendo benefícios físicos diretos ao usuário, como o conforto da luz.
- Camada 2 - Sensor/atuador: o elemento físico é equipado com um minicomputador que contém tecnologia de sensores e elementos atuadores. Os sensores medem dados locais, enquanto os elementos atuadores fornecem serviços e geram

benefícios locais. No exemplo lâmpada LED inteligente, o sensor mede a presença humana, enquanto o atuador liga e desliga automaticamente a luz, sem a necessidade de um detector de movimento separado com fio.

- Camada 3 - Conectividade: a tecnologia de sensores e elementos atuadores é conectada à Internet para que possam ser acessados globalmente. Para a lâmpada LED inteligente, pode-se transmitir seu status à pessoas autorizadas em qualquer lugar do mundo, por meio de um módulo de rádio embutido.
- Camada 4 - *Analytics*: os dados do sensor são coletados, armazenados, verificados e classificados. Além disso, são integrados com outros serviços da Web para análise de dados do atuador, geralmente em um sistema de back-end em nuvem. No caso da lâmpada LED inteligente, na camada 4, são coletados os horários em que as lâmpadas são ligadas e desligadas, discernidos os padrões de movimento e registradas as horas de operação de cada lâmpada.

As indústrias também podem se beneficiar com as facilidades oferecidas pela Internet das Coisas. Com a conexão entre ambiente físico e mundo virtual, a tecnologia gera facilidades para os processos que impactam diretamente na qualidade do trabalho. Alguns desses impactos são:

- Automação industrial: acompanhamento e otimização processos industriais, como a produção de componentes, a manufatura de produtos e a gestão de estoque.
- Monitoramento de ativos: monitoramento de localização, condição e uso de ativos industriais, desde veículos e equipamentos até materiais e ferramentas.
- Segurança: controle do ambiente de trabalho industrial, identificando e prevenindo possíveis riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores.
- Gestão de energia: supervisão e otimização do uso de energia em ambientes industriais, contribuindo na redução de custos e aumento da eficiência.
- Gerenciamento de manutenção: fiscalização do uso e desgaste dos equipamentos industriais, ajudando a prever quando haverá necessidade de manutenção.

Em conclusão, a Internet das Coisas tem se destacado como uma revolução tecnológica que permite a interconexão e comunicação entre objetos físicos, proporcionando benefícios significativos em diversos setores. A evolução da tecnologia, a redução de custos dos dispositivos e a melhoria das capacidades de rede têm impulsionado o crescimento da IoT, permitindo uma compreensão mais abrangente do ambiente físico e possibilitando a criação de aplicações inovadoras. Trata-se de um caminho promissor para o avanço tecnológico e transformação digital em diversos setores da sociedade.

2.4 Ferramentarias

A ferramentaria desempenha um papel crucial na indústria metalúrgica e, em especial, na usinagem. Ela desempenha a função de criar e fabricar uma ampla variedade de ferramentas destinadas a linhas de produção em diversos setores industriais. Através dela, é possível produzir equipamentos e ferramentas que desempenham funções como cortes, dobras, moldagem, entre outras, em diferentes áreas de produção. Isso abrange diversos segmentos, incluindo o setor automotivo, produção em geral, construção civil, defesa, aeroespacial, químico, mineração, entre muitos outros.

A partir de 1956, ocorreu um marco significativo no setor de ferramentaria no Brasil, com a introdução de equipamentos importados e a implantação de indústrias siderúrgicas e automobilísticas. Essas indústrias demandavam mão de obra especializada, que inicialmente era importada. Na década de 1960, com a chegada de fabricantes de automóveis multinacionais e empresas estrangeiras, houve uma expansão do segmento no país. Nesse período, as empresas de usinagem não seriada e ferramentarias se organizaram de acordo com os modelos trazidos da Europa, em particular de Portugal [33].

Anteriormente, o foco estava no planejamento e no processo de fabricação, onde alguém estudava e ditava como as coisas deveriam ser feitas, enquanto os demais executavam as tarefas visando cumprir os prazos estabelecidos. O mestre ferramenteiro era considerado um ícone, a figura mais importante na empresa, possuindo conhecimento em todas as etapas de produção e habilidades manuais para ajustar e fazer com que o molde funcionasse, independentemente dos desafios enfrentados.

O modelo de gestão adotado até agora permanece inalterado desde as contribuições de Taylor e Fayol no início do século XX, colocando ênfase no processo e na tarefa, tendo o trabalhador um papel de mero executor, o que restringe sua capacidade mais essencial: o poder de discernimento [33].

As empresas desse setor são parte da indústria metalmeccânica e têm a responsabilidade de desenvolver e fabricar ferramentas, como moldes e matrizes, para a produção em larga escala de diversos tipos de peças, visando atender às demandas de outras indústrias. Essas ferramentas costumam levar em média seis meses para serem concluídas, podendo pesar várias toneladas, além de serem dotadas de uma precisão extrema [34].

No mercado brasileiro, as ferramentarias prestam serviços principalmente para indústrias automobilísticas, de embalagens, eletroeletrônicos, construção civil, aeronáutica, entre outras. A maioria dessas empresas é classificada como de pequeno porte (até 20 funcionários) e médio porte (até 50 funcionários), abrangendo aproximada-

mente 78,57% do setor. Apenas 10,72% das ferramentarias contam com mais de 101 funcionários [35].

Em virtude da globalização e, sobretudo, do crescimento da China na fabricação e comercialização de grandes máquinas, a indústria nacional tem enfrentado uma intensa pressão de mercado, afetando diretamente o setor ferramental. Como resultado, tem-se observado um significativo processo de desindustrialização que o Brasil tem vivenciado nas últimas décadas. Em 1980, a indústria representava 40% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, enquanto em 1990 essa participação diminuiu para 32%. No ano de 2000, a proporção caiu ainda mais, alcançando apenas 23%, e em 2019, chegou a meros 18%. No campo da ferramentaria, de acordo com os dados do *Statistical Year Book 2017* da ISTMA (*International Special Tooling and Machining Association* - Associação Internacional de Ferramentas Especiais e Usinagem), a produção caiu de U\$ 556,3 milhões em 2010 para U\$ 410,9 milhões em 2015, representando uma retração de 26% ao longo de cinco anos.

De acordo com dados de 2018 da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), a produtividade geral da indústria brasileira é de 20%. No que diz respeito à eficiência dos processos de usinagem, o Brasil apresenta uma média de 29%, enquanto no setor de ferramentaria essa média é ainda menor, atingindo apenas 23%, conforme indicado pela ABINFER (Associação Brasileira da Indústria de Ferramentais). Em contraste, as melhores empresas mundiais desse setor alcançam níveis de eficiência de até 55%.

O parque fabril das empresas nacionais tem em média 21 anos, já na China a idade média dos equipamentos produtivos é de 11 anos e na Alemanha apenas 7. Essa defasagem dos equipamentos piora ainda mais a nossa competitividade em nível global [36].

Após analisar o panorama das ferramentarias no Brasil, torna-se claro que melhorias no setor são cruciais, especialmente em relação à produtividade. Para enfrentar esse desafio, é fundamental adotar tecnologias em constante evolução e utilizá-las sistematicamente como ferramentas para impulsionar o crescimento e aprimorar o desempenho das ferramentarias nacionais. A adoção de tecnologias avançadas, como automação, inteligência artificial e Internet das Coisas, pode proporcionar ganhos significativos em eficiência e qualidade, permitindo que as ferramentarias brasileiras se tornem mais competitivas no mercado global. Além disso, investimentos em capacitação profissional e parcerias estratégicas com instituições de pesquisa e desenvolvimento são essenciais para promover a inovação e o avanço tecnológico no setor. Ao adotar uma abordagem voltada para a modernização e o aproveitamento das oportunidades oferecidas pela transformação digital, as ferramentarias do país têm o potencial de se tornarem

referências em excelência, impulsionando o crescimento econômico e fortalecendo a indústria nacional como um todo.

Capítulo 3

Descrição do Problema

A inovação tecnológica confere uma grande vantagem competitiva a indústrias tradicionais. Em ferramentarias isso não é diferente. Como há um grande atraso tecnológico no setor, a implementação de recursos inovadores torna-se uma grande diferencial da fábrica.

O recorte utilizado no presente projeto retrata duas ferramentarias, porém os problemas abordados são comuns à grande maioria das empresas deste setor.

3.1 Stampway

3.1.1 Sobre a ferramentaria

A Stampway é uma ferramentaria de médio porte localizada no interior de São Paulo, especializada em estampos de corte e dobra. Estampagem consiste em várias operações realizadas na matéria-prima bruta, com o objetivo de produzir um produto acabado com forma e dimensões pré-definidos, resultando em uma peça final com as características desejadas.

Nos estampos de corte, uma prensa dá forma a chapas mediante a aplicação de pressão em uma matriz. Esse processo é amplamente utilizado na produção de diversos itens, como peças para computadores, gabinetes de CPU, celulares, televisores e até modelos de aviões. Devido à sua grande utilidade em diferentes setores, a tecnologia de estampos e corte se tornou fundamental nas últimas décadas [37].

A técnica de dobra envolve a criação de uma peça composta por uma ou mais dobras em uma chapa plana. Esse processo é comumente utilizado, por exemplo, na produção de perfis com formas específicas e aros metálicos. A dobra é realizada por meio de equipamentos especializados que aplicam pressão em pontos específicos da chapa, a fim de moldá-la de acordo com as necessidades do projeto [38].

Recentemente, a ferramentaria horizontalizou sua operação para focar em projetos e usinagem de precisão. Todas as atividades de usinagem pesada e desbaste são terceirizadas, proporcionando maior especialização em ajustagem, uma atividade crítica para estampos de precisão.

3.1.2 Problemas

A terceirização de atividades de baixo valor agregado, como a usinagem bruta, requer um controle adequado de todas as matérias primas oriundas de fornecedores externos. Este controle é realizado manualmente através de planilhas impressas, atualizadas duas vezes ao dia. Neste registro consta o processo em execução, a data de entrega e os atrasos. Por ser uma anotação manual, é passível de erros de preenchimento, bem como imprecisão dos dados informados. Há também uma alocação de mão de obra para uma atividade repetitiva simples, impactando na produtividade dos funcionários. Além disso, não gera nenhum dado relevante para uma análise mais criteriosa das falhas, como, por exemplo, a causa do problema detectado no chão de fábrica e sua recorrência.

Falhas em processos terceirizados geram atrasos na usinagem final e montagem dos estampos. Como inexistente um monitoramento eficiente, não é possível identificar quais fornecedores de peças defeituosas geram atrasos e quais peças atrasam o processo, além do tempo de entrega de cada peça. Com isso, decisões tomadas para melhorias de eficiência demandam um tempo considerável de análise e, não raro, acabam não sendo implementadas por envolverem um esforço considerável.

Na última etapa de fabricação em uma ferramentaria, *try-out*/entrega técnica, o estampo é testado na prensa do cliente final e são validadas as peças produzidas. É uma atividade crítica, pois o seu resultado depende tanto da qualidade do projeto e da execução, quanto das informações fornecidas pelo cliente durante toda a operação. Esta tarefa é baseada numa planilha gerada pelo profissional da Stampway responsável pelo teste, que faz as anotações dos erros encontrados e dos ajustes realizados. Este tipo de apontamento não gera indicadores e não identifica os possíveis erros nem a etapa em que eles ocorreram, dificultando a resolução do problema. Além disso, gera uma centralização das informações no ferramenteiro que executou a atividade, o que impossibilita a geração de referências para correção eficiente do problema.

3.2 Union Moldes

3.2.1 Sobre a ferramentaria

A Union Moldes é uma ferramentaria de médio porte especializada em moldes para o mercado automotivo. Localizada em Joinville, Santa Catarina, atua há 24 anos na fabricação de peças de interior, exterior, porta, radiador e ar-condicionado de automóveis. Em 2021, a empresa participou de um projeto de pesquisa e *benchmarking* a nível global do mercado de ferramentarias, liderado pelo renomado Instituto *Fraunhofer* da Alemanha e auditado pelo ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica). A empresa foi reconhecida como uma das melhores ferramentarias do mundo, graças ao excelente desempenho no indicador de performance de usinagem [39].

3.2.2 Problemas

Apesar do reconhecimento da performance da ferramentaria, existem ainda muitos gargalos no que concerne a produtividade. Assim como nos problemas encontrados na Stampway, há uma grande utilização de registros em papéis, o que prejudica o acesso à informação.

Além disso, há grandes obstáculos referentes à manutenção da ferramentaria, tanto preventiva quanto corretiva. A preventiva retrata manutenções prévias, como lubrificação e calibração de máquinas. São atividades recorrentes que possuem determinada cadência, sendo essenciais para o bom funcionamento da fábrica. Entretanto, como o apontamento é feito via etiquetas fixas nas máquinas e por planilhas impressas em papel, muitos prazos são perdidos, acarretando menor eficiência, além de possíveis falhas durante a operação e desgaste excessivo das máquinas.

Algo semelhante ocorre na manutenção corretiva, responsável por corrigir desvios durante o funcionamento dos equipamentos. Quando o operador os identifica, é feita uma notificação via planilha impressa em papel ou apenas oralmente. Isso impede que sejam gerados indicadores referentes às falhas de execução, prejudicando o monitoramento de erros recorrentes e seu impacto, já que não fica evidente se o problema foi sanado ou não.

3.3 Resumo

Considerando os dois cenários descritos acima, fica claro que a maior dificuldade das duas ferramentarias se refere ao monitoramento de toda a cadeia de produção. O uso de um modelo ultrapassado, envolvendo planilhas impressas, impede melhorias de

desempenho nas duas fábricas.

A má utilização da mão de obra, neste caso, é um grande gargalo. Realizar anotações em meio à rotina acelerada dentro do ferramentaria é um grande desafio, implicando em perda de informações não registradas, bem como imprecisão na descrição de falhas identificadas.

O desconhecimento das falhas, sua frequência, a área responsável e sua origem dificulta a busca de soluções adequadas para problemas que impactam a produção.

Além dos registros internos, não existe um controle das atividades terceirizadas. Com isso, os tomadores de decisão desconhecem os fornecedores que impactam diretamente o prazo e a qualidade das entregas.

As áreas responsáveis por etapas de produção afetadas não ficam cientes dos problemas recorrentes e, por falta de informações confiáveis, não tem como corrigi-los, acarretando em perda de produtividade.

A falta de conhecimento e *expertise* por parte das ferramentarias em relação à transição tecnológica é um desafio significativo que precisa ser abordado. A ausência de orientação adequada e informações instrutivas sobre como implementar soluções tecnológicas eficientes cria uma lacuna no processo de modernização dessas empresas.

Sem acesso a um guia abrangente e informativo, há dificuldades em compreender completamente as vantagens e benefícios que as tecnologias podem proporcionar. Sentem-se perdidas e inseguras em relação à transição para uma abordagem mais tecnológica, já que não há uma compreensão clara dos passos necessários, dos recursos requeridos e das melhores práticas.

Além disso, o pouco nível de informação pode resultar em decisões equivocadas na escolha e implementação das tecnologias. Sem uma direção clara, é eminente o risco de investir em soluções inadequadas, desperdiçando recursos financeiros e tempo.

É fundamental reconhecer a importância de capacitar as ferramentarias por meio de informações e orientações específicas para a implementação tecnológica. Um guia de implementação abrangente e detalhado é capaz de fornecer às empresas as informações necessárias para entenderem os requisitos técnicos, os desafios envolvidos e as melhores estratégias para a transição tecnológica.

Portanto, é essencial preencher essa lacuna de conhecimento, fornecendo às ferramentarias um guia que aborde de forma clara e concisa os passos necessários para a implementação bem-sucedida de soluções tecnológicas. Isso permitiria que as empresas superassem as barreiras da falta de conhecimento, capacitando-as a abraçar a transformação digital e alcançar uma maior eficiência, produtividade e competitividade no mercado.

Capítulo 4

Metodologia

Um modelo de processos e seu monitoramento é fundamental para a implementação de ações de melhoria nas empresas, com o objetivo de alcançar diversas finalidades, tais como [40]:

- Melhorar a representação e a compreensão dos processos de trabalho da empresa;
- Racionalizar e assegurar o fluxo de informações entre as diferentes áreas da organização;
- Armazenar o conhecimento adquirido e o *know-how* da empresa para uso posterior;
- Fornecer uma base para análises econômicas e organizacionais;
- Simular o comportamento de partes específicas da empresa;
- Proporcionar uma base para a tomada de decisões operacionais e organizacionais;
- Controlar, coordenar ou monitorar algumas partes da empresa.

Em resumo, o monitoramento de processos é essencial para a gestão eficiente de uma empresa, permitindo que sejam realizadas melhorias contínuas em seus processos de trabalho, com base em análises precisas e informações confiáveis.

Como citado anteriormente, a eficiência do setor ferramental é um grande gargalo, já que as empresas deste setor operam com produtividade próxima de 23%. A combinação adequada de tecnologia e *expertise* de trabalho no chão de fábrica pode contribuir para um aumento significativo da produtividade.

O presente projeto aborda a implementação de novas tecnologias visando monitorar o funcionamento de ferramentarias e avaliar o seu impacto na produtividade das

empresas. Em caso de resultado positivo, gerar um guia que instrua as empresas a seguirem os caminhos das ferramentarias avaliadas, vislumbrando os possíveis benefícios da utilização de *IoT*. Para tanto, houve o apoio de duas empresas de tecnologia especializadas em desenvolvimento de soluções tecnológicas, a I-Sensi e a Vitau Automation. Ambas as empresas fazem parte do projeto ROTA 2030, coordenado pela FUNDEP.

4.1 I-SENSI

A I-SENSI ocupa uma posição de destaque no ecossistema de inovação brasileiro. Ela desenvolve soluções *IoT* para a indústria, projeta sensores e ferramentas *cloud* para análise de dados e aprendizado de máquina [41].

Com larga experiência em manufatura, software e hardware, o time de fundadores da I-SENSI enxergou em tecnologias baseadas em Internet das Coisas a solução para diversos problemas encontrados no dia a dia das indústrias e processos em geral. A empresa oferece recursos *IoT* que combinam conhecimentos adquiridos no chão de fábrica com projetos robustos de hardware e software embarcados. A empresa desenvolveu também a plataforma I-SENSI, que disponibiliza painéis de gestão para interpretação e análise de dados, gerando *insights* focados na melhoria de processos, na disponibilidade de equipamentos e na redução de custos operacionais.

O empenho no desenvolvimento de soluções em *Internet of Things* para a indústria brasileira e o resultado gerado para seus clientes levou-a à conquista de diversos prêmios nacionais e internacionais, podendo-se destacar:

- Start Up destaque no programa INOVATIVA 2019 (Sebrae - Ministério da Economia);
- Plataforma selecionada no programa Start Up - Indústria 2019 (ABDI);
- Selecionada para representar o Brasil no programa Start Out Shanghai 2019 (APEX);
- Prêmio Zhangjiang International AI Innovation Competition em Shanghai - 2019;
- Selecionada pelo Edital de Inovação para Cadeia de Autopeças - 2020 (ABDI e Sindipeças);
- Selecionada para o programa de aceleração BioDigital - 2020 (Bluefields e Novo Nordisk);
- Selecionada para o programa Rota Challenge - 1º Ciclo - 2021 (Rota 2030 - Fundep).

4.2 Vitau Automation

A Vitau Automation trabalha com automação e digitalização 4.0, com viés consultivo (consultoria em automação em indústrias, por exemplo), e soluções para manutenção, gestão de produtividade em indústrias de pequeno a grande porte. É uma *startup* em crescimento exponencial, já acelerada por alguns programas, cabendo destacar [42]:

- Lemonade, da Fundep;
- ABDI;
- Inovativa Brasil, do Ministério da Economia;
- FIEMG Lab;
- Seed, do Governo de Minas;
- TechStart.

A Plataforma Vitau, desenvolvida pela empresa, é um sistema online inteligente para monitoramento, processamento, predição de falhas, controle de paradas, gestão de tarefas e manutenção baseado em dados de ativos e processos industriais. Além disso, a empresa fornece serviços de consultoria em automação industrial e desenvolvimento de sistemas industriais integrados de TI/TA (Tecnologia da Informação/Tecnologia da Automação).

4.3 Rota 2030 - Fundep

A Fundação de Apoio da UFMG (Fundep) é uma entidade privada sem fins lucrativos com autonomia administrativa e financeira. Seu principal objetivo é fomentar e apoiar atividades de ensino, pesquisa e extensão, além de contribuir para o desenvolvimento institucional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e de outras instituições apoiadas. Para isso, a Fundep presta serviços de assessoramento na elaboração de projetos, captação e gestão de recursos, além de auxiliar na conexão com o ecossistema de ciência, tecnologia e inovação [43].

O Governo Federal instituiu o Programa Rota 2030, que visa estabelecer uma política industrial de longo prazo para o setor automotivo e de autopeças. O objetivo é estimular o investimento e o fortalecimento das empresas brasileiras que atuam nesse setor [44].

A Lei nº 13.755/2018 regula o programa, definindo normas para a fabricação e comercialização de veículos nacionais, considerando os próximos quinze anos de operação

da indústria automotiva. Este período é dividido em três ciclos quinquenais com metas mensuráveis que guiarão as empresas em um processo de adaptação a novos instrumentos, estímulo para programação dos investimentos e reorientação para os próximos passos.

O Programa Rota 2030 abre novas oportunidades para empresas do setor automotivo investirem em desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias, consolidando um modelo fabril competitivo, inserido na produção global de veículos automotores.

4.4 Modelo de implementação

O modelo de implementação a ser apresentado tem demonstrado sua funcionalidade no contexto específico do programa Rota2030. É baseado em um edital do Governo Federal que visa financiar soluções para o setor ferramental. Tanto as ferramentarias beneficiadas quanto as empresas responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico são selecionadas com base em critérios específicos para participação [45].

No entanto, essa abordagem cria uma barreira de acesso para todas as ferramentarias, uma vez que cada uma possui suas particularidades específicas. Algumas empresas podem não ter interesse em divulgar suas informações ou receber investimentos do governo, por exemplo. Além disso, critérios como "qualificação da equipe"(tempo de dedicação, tamanho da equipe, experiência prévia no setor) podem excluir empresas de menor porte que desejam realizar essa transição tecnológica.

Outro fator limitante é o orçamento estipulado, que impõe uma restrição de recursos e exige a limitação do número de participantes para garantir que sejam plenamente atendidos pelo programa. Essas restrições podem resultar em uma exclusão de algumas ferramentarias que poderiam se beneficiar da implementação da IoT, mas não se enquadram nos critérios estabelecidos ou não podem ser acomodadas dentro do orçamento disponível.

Diante desse contexto, é fundamental compreender os passos adotados pelas empresas com uma visão crítica, a fim de desenvolver um guia que possa servir como referência para as ferramentarias que desejam buscar a inovação tecnológica por conta própria.

Ao analisar as experiências das empresas que já passaram pelo processo de implementação da *IoT*, é possível identificar boas práticas, obstáculos enfrentados e lições aprendidas. Essa análise crítica permite identificar os pontos-chave que devem ser considerados ao desenvolver um guia abrangente e orientativo.

4.5 Características do projeto

A atuação das duas empresas envolvidas neste projeto foi delineada considerando-se os problemas das ferramentarias contempladas e o perfil de ambas. A I-SENSI atuou diretamente na ferramentaria Stampway, enquanto a Vitau Automation se dedicou à Union Moldes. As empresas interagiram entre si durante todo o projeto, embora implementassem suas soluções em ferramentarias diferentes.

A implantação e o impacto da utilização de novas tecnologias podem ser avaliados considerando-se cada uma das ferramentarias atendidas.

Para dar início às atividades, foi necessário realizar um diagnóstico dos principais problemas encontrados nas ferramentarias e compreender como impactavam na produtividade geral. Este diagnóstico foi feito pelo autor, em conjunto com a Vitau e I-SENSI, através de entrevistas com os funcionários da fábrica, que relataram problemas semelhantes. Além disso, a *expertise* das empresas em diagnosticar os gargalos do chão de fábrica foi essencial para complementar os relatos dos profissionais. Conforme mencionado anteriormente, podemos resumí-los da seguinte forma:

- Registro manual incompleto: os registros realizados manualmente apresentavam lacunas e inconsistências, dificultando a obtenção de informações precisas e confiáveis;
- Alocação de mão de obra em atividades de baixo valor agregado: verificou-se que a mão de obra especializada estava sendo alocada em tarefas de menor importância, o que resultava em subutilização de recursos e redução da eficiência;
- Desconhecimento do motivo e da frequência das falhas das máquinas: a falta de um sistema adequado para monitorar e registrar as falhas das máquinas dificultava a identificação de padrões e a implementação de medidas preventivas;
- Acompanhamento ineficiente de empresas terceirizadas: o controle e a supervisão das atividades realizadas por empresas terceirizadas mostraram-se inadequados, o que afetava a qualidade e a pontualidade dos serviços;
- Dificuldades na organização da manutenção das máquinas: o processo de manutenção das máquinas carecia de uma estrutura organizada, levando a atrasos, perda de tempo e dificuldades na gestão das atividades;
- Falta de conhecimento sobre como implementar novas tecnologias e utilizá-las para melhor desempenho da ferramentaria.

Esses problemas apresentados constituem obstáculos significativos que impactam negativamente no desempenho das ferramentarias. A identificação dessas questões revelou-se fundamental para orientar o desenvolvimento das soluções propostas neste trabalho, destacando-se como um ponto-chave a ser considerado na elaboração de um guia orientativo.

Ao compreender e abordar os desafios específicos enfrentados pelas ferramentarias, torna-se possível oferecer soluções direcionadas e eficazes. A análise minuciosa desses problemas permite identificar lacunas de conhecimento, deficiências de processos e obstáculos à implementação tecnológica. Essa compreensão mais profunda das necessidades e dificuldades das ferramentarias permite a criação de um guia orientativo abrangente e personalizado.



Figura 4.1: Formulários utilizados para registros nas ferramentarias.



Figura 4.2: Profissional realizando registros e gestão à vista de gargalos.

4.5.1 I-SENSI e Stampway

Devido à falta de compreensão sobre o funcionamento da IoT, os trabalhadores nas ferramentarias manifestaram certo receio em relação ao impacto em suas rotinas. Eles tinham dúvidas sobre como seria o novo modo de trabalho e temiam ficar sem atividades, o que poderia resultar em demissões. Diante dessa situação, foi tomada uma decisão crucial: iniciar sessões de workshops para fornecer o conhecimento necessário e dissipar esses receios. Durante essas sessões, houve um esforço significativo para enfatizar que a tecnologia era um aliado e não um concorrente dos trabalhadores, visando demonstrar como ela poderia auxiliá-los em suas tarefas diárias. Isso garantiu a aderência da empresa, minimizando o impacto e tornando a adoção da solução eficaz e participativa.

Toda a equipe operacional da Stampway foi envolvida, desde o desenho do projeto até a criação dos *dashboards* mais adequados. O acompanhamento foi realizado periodicamente, de forma presencial ou remota. O processo de implantação envolveu cronogramas e indicadores de cumprimento de prazos e entregáveis.

A participação ativa dos trabalhadores da ferramentaria desempenhou um papel fundamental na criação de soluções verdadeiramente eficazes para o contexto. Sendo eles os responsáveis por vivenciar o cotidiano da empresa, possuem um conhecimento aprofundado dos problemas recorrentes, identificando quais deles geram impacto significativo e como têm sido abordados até então. Essa perspectiva direta e prática dos trabalhadores permitiu uma abordagem mais precisa na busca por soluções, garantindo que as estratégias adotadas estivessem alinhadas com as demandas e desafios

reais enfrentados no ambiente de trabalho.

Retomando o problema descrito no capítulo anterior, a Stampway possuía dificuldades em controlar o trabalho de seus fornecedores. Sendo assim, a I-SENSI projetou uma solução para monitorar a cadeia de fornecimento de suprimentos da ferramentaria. Implementou-se um sistema de arquitetura *hardware* e nuvem, capaz de gerar dados suficientes para a tomada de decisões. Assim, a plataforma exibe *dashboards* para análise conforme a necessidade da fábrica.

Foi estabelecido um sistema de sensoriamento dos lotes de peças, abrangendo todo o fluxo desde a saída da ferramentaria até a chegada no fornecedor. Esse sistema registra e monitora de forma precisa cada etapa do processo, incluindo o tempo de permanência em cada estágio, permitindo uma análise detalhada do tempo total de trânsito. Dessa forma, é possível identificar gargalos e possíveis atrasos, possibilitando a implementação de ações corretivas para otimizar a logística e minimizar os prazos de entrega.

Além disso, o sistema também realiza uma avaliação dos fornecedores com base no número de falhas por tipo de peça. Essa funcionalidade permite identificar quais fornecedores apresentam maior incidência de falhas e quais tipos de peças são mais propensos a problemas. As informações relevantes são apresentadas em um painel de controle intuitivo, facilitando a análise e a tomada de decisões estratégicas. Com isso, é possível direcionar os esforços para melhorar a qualidade e confiabilidade dos fornecedores, resultando em um fluxo de fornecimento mais eficiente e reduzindo retrabalhos.

Adicionalmente, para garantir um registro completo de todas as informações relacionadas ao processo de *try-out*, foi desenvolvido um *checklist* em nuvem. Essa ferramenta permite o apontamento sistemático e organizado de todas as etapas e detalhes relevantes do processo. Com isso, os colaboradores têm acesso a um processo estruturado e transparente, facilitando a comunicação, o acompanhamento e a análise dos resultados. Além disso, possibilita o acesso remoto e em tempo real às informações, promovendo a colaboração efetiva entre as equipes envolvidas.

A combinação dessas soluções da I-SENSI resulta em uma gestão mais eficiente e transparente de todo o processo produtivo, desde a saída da ferramentaria até a chegada no fornecedor. Com um acompanhamento detalhado, é possível identificar eventuais problemas, tomar medidas corretivas de forma ágil e otimizar a performance das operações.

Para as soluções desenvolvidas, demonstrou-se um notável empenho em abordar os problemas específicos enfrentados pelas ferramentarias. Esse enfoque direcionado para a resolução dos desafios do cliente é um aspecto positivo, pois garante uma maior adequação e utilidade das soluções para os colaboradores. Dessa forma, o desenvolvi-

mento personalizado torna-se um passo essencial para o sucesso da implementação da tecnologia.

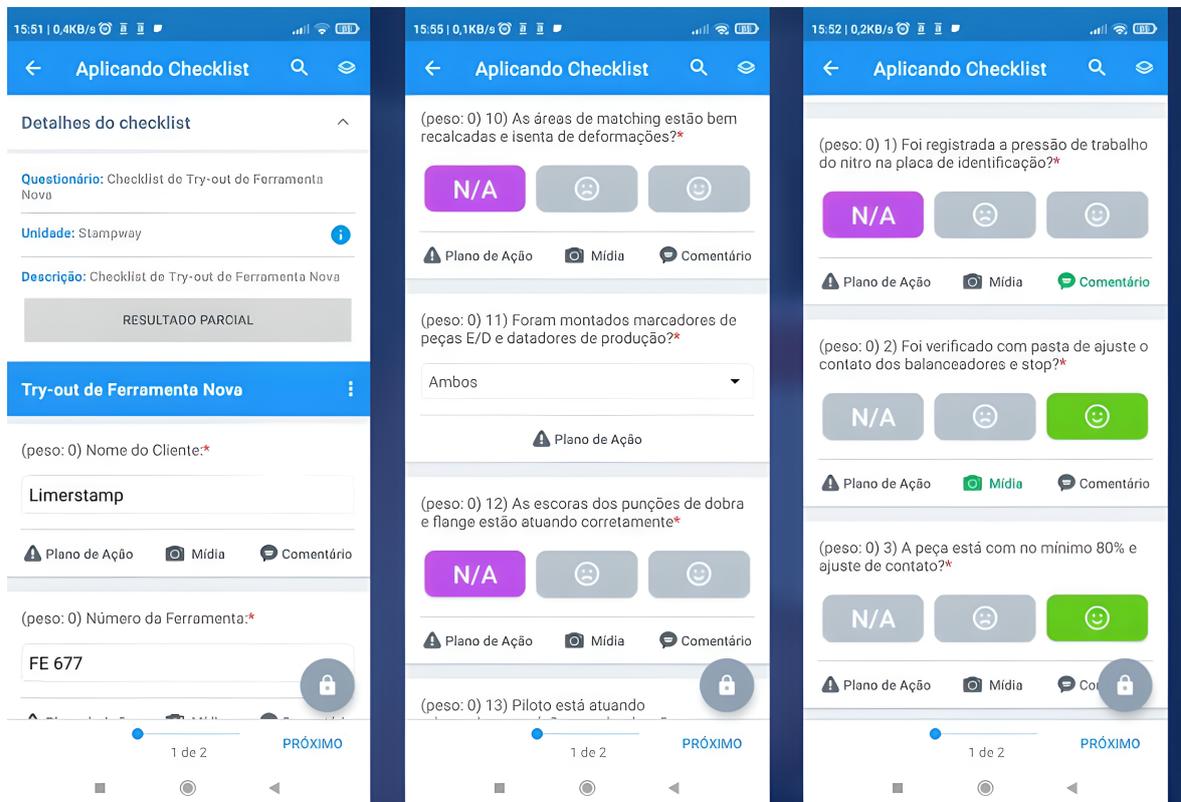


Figura 4.3: Telas de monitoramento do processo de *try-out* de peças.

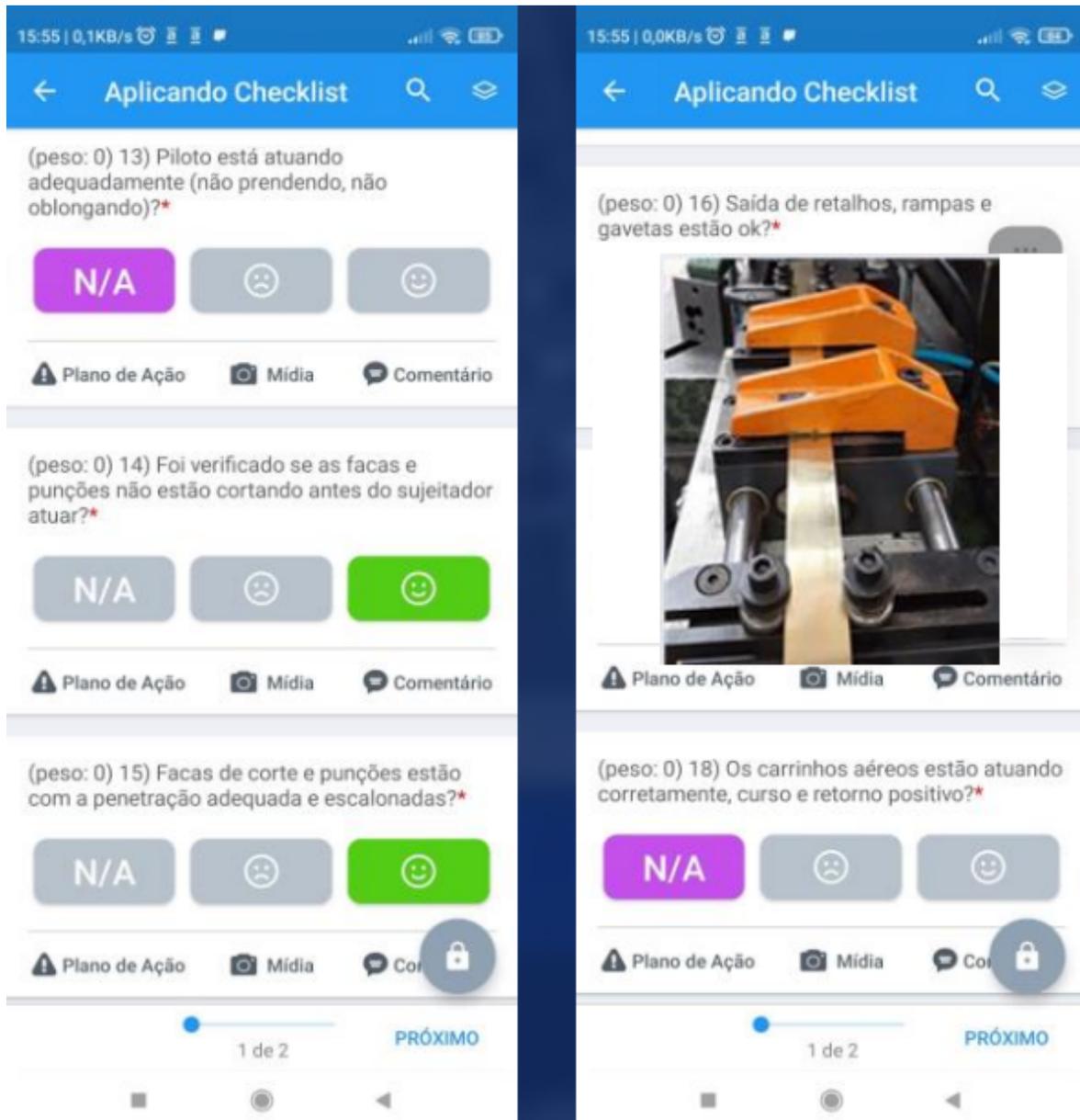


Figura 4.4: Telas de monitoramento do processo de *try-out* de peças.

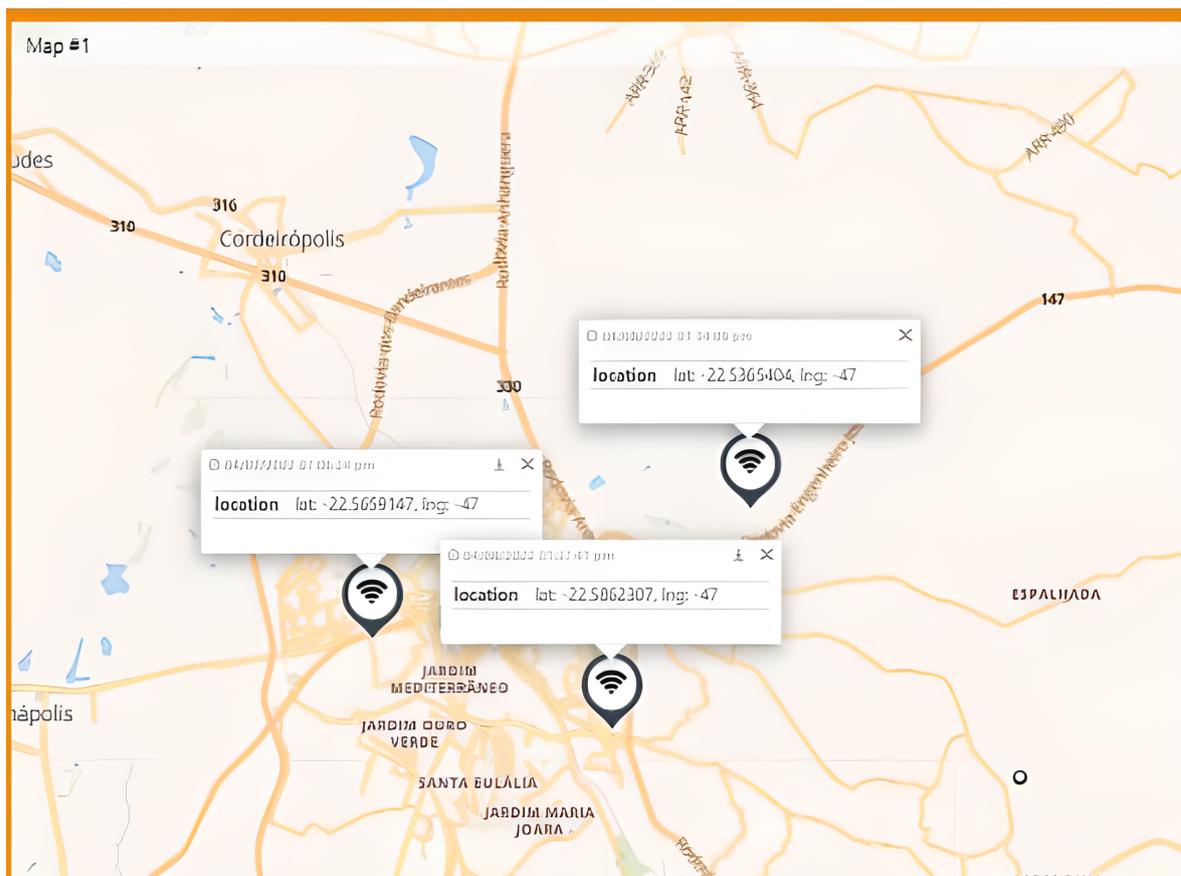


Figura 4.5: Exemplo de monitoramento de lotes com o sistema implementado.

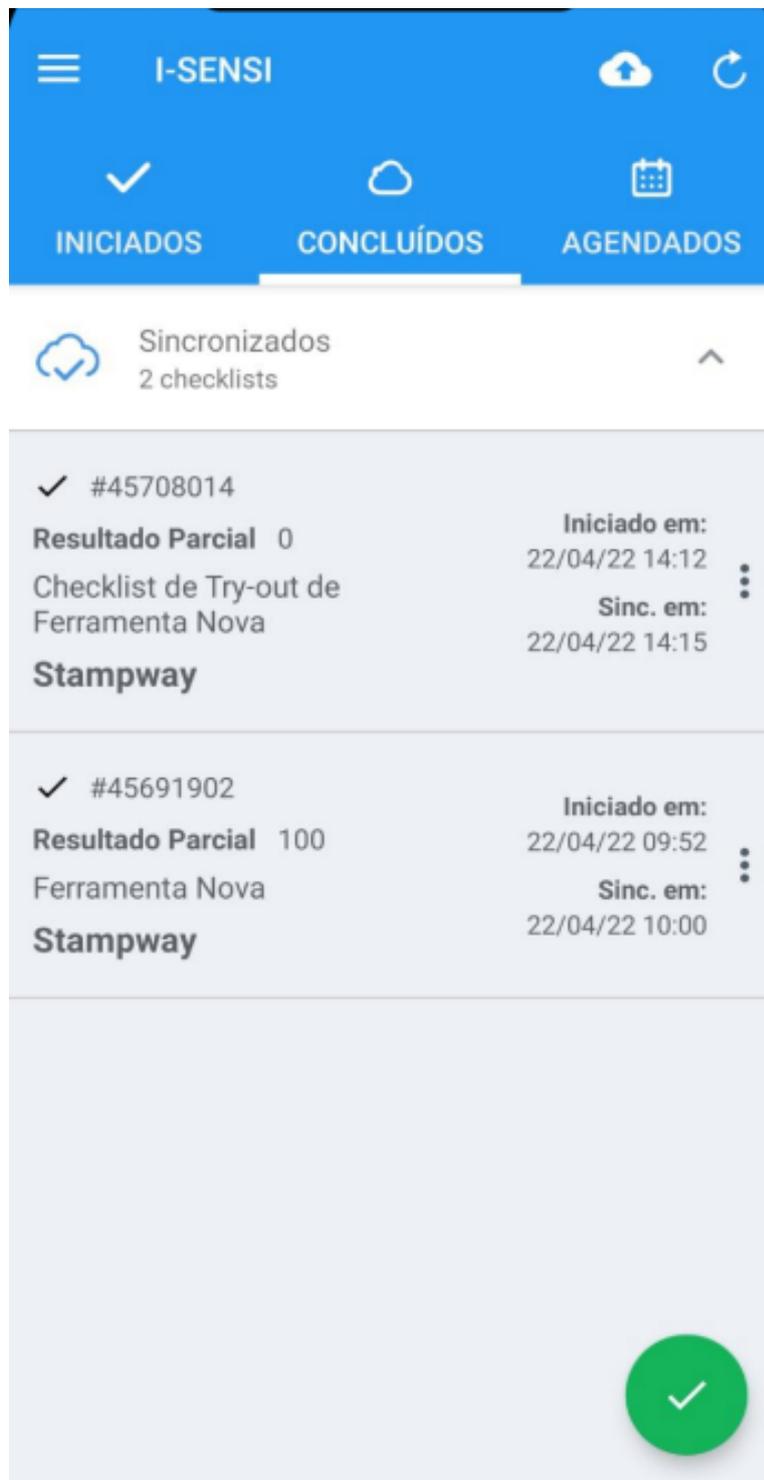


Figura 4.6: Gestão à vista dos processos de *try-out* de peças já executados versão mobile.



Figura 4.7: Gestão à vista dos processos de *try-out* de peças já executados versão desktop.

4.5.2 Vitau Automation e Union Moldes

A Vitau atua na ferramentaria com o objetivo de aumentar a produtividade. O monitoramento das máquinas permite avaliar o tempo de trabalho de cada uma, acompanhar as falhas e gerar um registro de informações detalhadas, o que possibilita a tomada de decisões assertivas e a busca por soluções para a causa raiz do problema. Esse processo utiliza um sistema de gestão de paradas, em que o operador indica o motivo da falha e a hora em que ocorreu.

Uma métrica utilizada pela Vitau é o OEE, a Eficiência Global do Equipamento (*Overall Equipment Effectiveness*). É um indicador de produtividade que mede a eficiência de um equipamento ou linha de produção em relação ao tempo disponível para a produção. É calculado através da multiplicação de três fatores: disponibilidade, performance e qualidade.

A disponibilidade é um indicador do tempo em que um equipamento está efetivamente disponível para a produção, considerando-se tanto as paradas não programadas quanto as manutenções necessárias. Esse indicador é calculado por meio da divisão entre o tempo de produção efetivo e o tempo programado para a produção. Já a performance é um indicador que avalia a velocidade do equipamento em comparação à velocidade teórica esperada, levando em conta perdas de tempo decorrentes de trocas de ferramentas ou ajustes. Basicamente, a performance é obtida dividindo o volume real de produção pelo volume de produção teoricamente esperado. Por fim, a qualidade é um indicador que avalia a conformidade do produto final em relação às especificações estabelecidas. Esse indicador é calculado por meio da razão entre o volume de itens considerados bons e o total produzido.

A plataforma Vitau desempenha um papel fundamental na coleta e registro de informações referentes a paradas, desvios, *checklist* de procedimentos preventivos e retrabalhos. O uso desses registros automatizados proporciona uma série de benefícios, simplificando o trabalho dos ferramenteiros e facilitando a análise, gestão e controle das atividades.

Por meio deste software, os ferramenteiros têm acesso a uma ferramenta eficiente para registrar as paradas ocorridas durante o processo produtivo. Essa funcionalidade possibilita uma análise detalhada dos motivos das interrupções, permitindo a identificação de gargalos e a implementação de ações corretivas adequadas.

Além disso, inclui um sistema de apontamento de desvios, possibilitando um registro preciso das ocorrências que fogem aos padrões estabelecidos. Isso contribui para um controle mais rigoroso da qualidade e auxilia na identificação de tendências e problemas recorrentes, favorecendo o processo de melhorias contínuas.

A utilização desta tecnologia inclui ainda um checklist de procedimentos preventi-

vos, que permite a padronização e o monitoramento das atividades realizadas, com o objetivo de prevenir falhas e aumentar a eficiência operacional. Dessa forma, os ferramenteiros têm acesso a diretrizes claras e atualizadas, garantindo que as melhores práticas sejam seguidas de maneira consistente.

Por fim, a plataforma Vitau oferece um recurso de apontamento de retrabalhos, que possibilita o registro e a análise das atividades que precisam ser refeitas devido a erros ou falhas. Esse acompanhamento sistemático auxilia na identificação das causas raiz dos retrabalhos, permitindo a implementação de ações corretivas e a melhoria contínua dos processos.

Sua adoção representa um avanço significativo para as ferramentarias, pois automatiza tarefas, simplifica registros e oferece uma visão abrangente das operações.

Embora essa solução apresente uma vantagem em termos de agilidade na implementação, é importante destacar um aspecto negativo: trata-se de uma plataforma pronta, que requer apenas algumas adaptações para atender ao número de máquinas no parque fabril, por exemplo. Nesse sentido, há uma perda de personalização que poderia ser um fator essencial para a ferramentaria. Isso pode limitar a capacidade da empresa de atender às necessidades específicas e únicas do seu processo de produção. Portanto, é importante ponderar cuidadosamente os prós e contras dessa abordagem pronta, considerando a importância da adaptação da tecnologia às particularidades e objetivos da ferramentaria.

Criar etiqueta Lista de etiquetas Gestão Configurações

Etiquetas cadastradas

Intervalo de tempo (data de abertura)

Ações	Protocolo	Equipamento	Sector	Turno	Data de abertura	Anomalia	Local da anomalia	Observador	Impacto	Tipo	Planejar
	942	Fresadora-01	Sε	Tu	14/04/22 00:00	Teclado faltando teclas	Local	Observar	Visual	Corretiva	<input type="checkbox"/>
	943	Fresadora-02	Sε	Tu	06/04/22 00:00	Óleo de refrigeração velho	Local	Observar	Qualidade	Corretiva	<input type="checkbox"/>

Figura 4.8: Tela do software onde são apontadas as manutenções nas máquinas.



Figura 4.9: Tela de gestão à vista das manutenções.



Figura 4.10: Tela de gestão de paradas das máquinas.



Figura 4.11: Tela de monitoramento do indicador OEE das máquinas.

4.5.3 Fase de implementação

Posteriormente, foi realizada a implementação dos sistemas em conjunto com as empresas, levando em consideração a preocupação com a aceitação por parte dos trabalhadores. Com o intuito de mitigar qualquer possibilidade de descontentamento com a utilização da nova tecnologia, adotou-se uma abordagem colaborativa, envolvendo os funcionários da empresa em todo o processo. Foi realizado um trabalho conjunto, no qual foram demonstrados os benefícios proporcionados pelos sistemas implementados e fornecidas instruções detalhadas sobre a utilização de cada módulo. Dessa forma, buscou-se garantir que todos os envolvidos compreendessem a importância e o impacto positivo dos novos recursos em suas atividades diárias.

Parte da condução dessa etapa foi feita de forma presencial, realizada, principalmente, pelas empresas responsáveis pelos projetos, devido à restrição geográfica que impossibilitava a presença física. No entanto, o acompanhamento mais frequente ocorreu de forma remota, de forma que possibilitou ao autor contribuir de maneira ativa durante os encontros. Tais interações promoveram discussões para analisar e tomar decisões mais assertivas em relação aos próximos passos a serem seguidos.

Durante esta fase, um aspecto crucial foi a realização de projetos piloto. Essa abordagem permitiu validar as ideias e conceitos da implementação, realizar melhorias no processo e, posteriormente, expandir para os demais setores. Essa estratégia de implementação gradual garante uma transição mais eficiente e bem-sucedida.

Os projetos piloto são uma etapa essencial no processo de implementação, pois permitem testar e ajustar as soluções propostas em um ambiente controlado. Assim, é possível identificar desafios e obstáculos específicos que podem surgir durante a implementação em larga escala. Dessa forma, é possível tomar medidas corretivas, fazer melhorias no processo e garantir que a solução seja adaptada às necessidades e realidades da ferramentaria.

Além disso, os projetos piloto proporcionam uma oportunidade valiosa para envolver e engajar os colaboradores. Ao selecionar uma equipe representativa e capacitá-la para participar do projeto piloto, é possível obter *feedbacks* diretos e informações importantes dos profissionais que estarão envolvidos na implementação em maior escala. Essa colaboração e participação ativa dos funcionários ajudam a garantir a aceitação e o sucesso do projeto como um todo.

Essa abordagem se mostrou fundamental para o sucesso desta fase, criando um ambiente favorável à adoção e aceitação da inovação pelos colaboradores. É imprescindível que esse enfoque seja sempre adotado, pois é essencial que a tecnologia seja utilizada corretamente para obter resultados positivos em sua aplicação. Portanto, conclui-se que esse passo é de extrema importância e deve ser incluído no guia como um elemento

essencial.

4.6 Coleta de feedbacks e resultados

4.6.1 I-SENSI e Stampway

Os resultados do projeto entre I-SENSI e Stampway foram positivos, com um destaque especial para o depoimento do ferramenteiro Luís Smanioto, que afirmou: "Com este novo aplicativo, consigo realizar os *try-outs* de forma muito mais ágil e não preciso mais me preocupar em lembrar de todos os detalhes para escrever o relatório". Esse testemunho reforça a eficácia da solução implementada, que não apenas agilizou o processo de *try-outs*, mas também simplificou a tarefa de documentação, proporcionando uma experiência mais produtiva e eficiente para os profissionais da ferramentaria.

Durante a fase crucial de *try-out* de peças, foi possível mensurar uma notável redução de 4,5 horas por ferramenteiro no preenchimento e análise manual de planilhas durante o processo de entrega e teste das peças. Essa melhoria permitiu um mapeamento mais preciso de todos os erros e falhas, resultando em uma redução de 65% nos retrabalhos. Esses resultados são atribuídos à facilidade aprimorada de análise dos problemas, uma vez que todos os dados são registrados de forma precisa, proporcionando uma descrição completa de todas as questões encontradas. Essas informações fornecem subsídios para a correção direta das causas raiz dos problemas, agilizando todo o processo e contribuindo para a melhoria contínua da qualidade.

Além disso, a implementação da tecnologia permitiu um monitoramento mais eficaz dos fornecedores, proporcionando uma compreensão aprofundada dos problemas comuns associados a cada tipo de peça e fornecedor. Com a transição para um modelo de monitoramento tecnológico, eliminou-se a necessidade de preenchimento manual de planilhas, resultando em uma economia de aproximadamente 300 horas por mês nesse tipo de atividade. Essa abordagem mais eficiente de monitoramento também incentivou os fornecedores a se empenharem mais na entrega de seus produtos, resultando em uma redução significativa de mais de 60% nos atrasos de entregas para a Stampway. Esses ganhos refletem uma maior confiabilidade e pontualidade por parte dos fornecedores, contribuindo para o aprimoramento geral do processo de produção.

Dessa forma, a ferramentaria conquistou um benefício de grande importância, que é a confiança depositada pelos parceiros devido à melhoria na qualidade e agilidade das entregas. Além disso, a solução implementada também teve um impacto significativo no compartilhamento do conhecimento dentro da própria ferramentaria. Anteriormente, havia um conhecimento tácito que se baseava na experiência de cada trabalhador.

Atividade	Redução	Economia mensal
Retrabalhos	65%	R\$13.000,00
Preenchimento e análise de planilhas	300h horas por mês	
Preenchimento e análise de <i>try-out</i>	4,5 horas por <i>try-out</i>	R\$4.500,00
Total estimado		R\$17.500,00

Tabela 4.1: Reduções e economias aproximadas em processos após implementação da solução.

No entanto, com a nova solução, esse conhecimento se tornou explícito, permitindo a participação de todos os funcionários na resolução dos problemas, não importando sua experiência no setor. Isso resultou em um ambiente de trabalho mais colaborativo e eficiente, onde a expertise de cada indivíduo contribui para o sucesso geral da equipe.

Em termos financeiros, a implementação da solução resultou em uma economia significativa para a ferramentaria, totalizando cerca de R\$17.500,00 mensais. Desse valor, aproximadamente R\$13.000,00 foram economizados em horas de trabalho da equipe, enquanto R\$4.500,00 foram poupados com o preenchimento e análise de *try-out*. Esses valores correspondem ao salário de mais de 4 funcionários que antes eram destinados a tarefas de baixo valor agregado. Com a automatização e simplificação de diversos processos, esses colaboradores agora podem direcionar seus esforços para atividades mais lucrativas e estratégicas para a empresa. Essa otimização dos recursos humanos permite um melhor aproveitamento do talento e conhecimento da equipe, contribuindo para o crescimento e sucesso contínuo da ferramentaria.

4.6.2 Vitau e Union Moldes

A partir da figura 4.12 podemos avaliar a eficiência média das máquinas fresadoras nos primeiros 8 meses de 2022. A medida inicial, feita em janeiro, ainda não possuía a solução implementada na ferramentaria e representa o menor OEE entre os meses de análise, 57,9%. À medida que a implementação da solução foi feita, a eficiência da máquina cresceu, atingindo um pico de 75,7% em agosto.



Figura 4.12: Gráfico de OEE por mês em 2022

Projetando essas métricas para um cenário financeiro, podemos avaliar o real impacto no faturamento de uma empresa. No mercado atual, estima-se que o custo da hora de trabalho de uma máquina fresadora é R\$150,00 e, supondo um cenário em que a planta da ferramentaria possui 20 máquinas como esta e o funcionamento é de 24 horas diárias, durante todos os dias do ano, é possível demonstrar o aproveitamento do investimento financeiro a partir do respectivo OEE, demonstrado na tabela 4.2.

O cenário de 100% de eficiência é utópico, porém relevante para demonstrar o custo total de utilização da máquina ao longo deste período. Diante dos valores demonstrados na tabela 4.2, é notável o impacto financeiro de uma melhora de eficiência das máquinas, podendo chegar a uma economia de mais de 4,6 milhões de reais anuais nos cenários demonstrados. A melhoria do OEE é essencial para a otimização da utilização dos recursos nas ferramentarias, especialmente no que se refere à subutilização das máquinas. Ao aumentar o OEE, é possível maximizar o retorno dos investimentos

Eficiência	Aproveitamento do investimento
100% de eficiência	R\$26.280.000,00
Menor OEE medido, de 57,9%	R\$15.216.120,00
OEE médio a partir de fevereiro, de 69,68%	R\$18.311.904,00
OEE de pico, de 75,7%	R\$19.893.960,00

Tabela 4.2: Simulação, em um cenário que 20 máquinas fresadoras, do aproveitamento do investimento financeiro a partir do OEE para a solução da Vitau em conjunto com a Union Moldes.

realizados no maquinário, garantindo uma utilização mais eficiente e produtiva dos recursos disponíveis. Isso resulta em uma melhor alocação dos equipamentos, evitando gargalos e permitindo um fluxo contínuo de produção.

Além dos benefícios financeiros mencionados anteriormente, a implementação da solução também resultou em uma economia significativa de aproximadamente 50 horas por mês nas atividades rotineiras da equipe de engenharia. Essa redução no tempo gasto nessas tarefas permite que os engenheiros foquem em atividades mais estratégicas e de maior valor agregado, contribuindo para a eficiência operacional e o aumento da produtividade da ferramentaria.

Tais economias são decorrentes, principalmente, de um melhor controle das ações preventivas de manutenção das máquinas e de uma modernização de processos que antes eram manuais.

Os dados essenciais para a análise financeira e do OEE foram obtidos por meio de coleta junto às ferramentarias, o que foi fundamental para a realização de uma análise abrangente do desempenho do projeto. Essa etapa foi de extrema importância, pois permitiu a compilação e avaliação das informações necessárias para identificar oportunidades de melhoria e possíveis gargalos. A análise dos indicadores de desempenho foi realizada de forma cuidadosa, visando a otimização contínua do processo produtivo.

Por fim, foi feita a coleta dos *feedbacks* dos profissionais da ferramentaria pelo autor, buscando compreender suas percepções e experiências com a implementação das soluções tecnológicas. Embora seja compreensível a possibilidade de haver uma certa resistência inicial por parte dos trabalhadores da ferramentaria diante de mudanças, o resultado geral revelou uma percepção positiva em relação à solução implementada. Os funcionários destacaram principalmente a melhoria na execução dos processos e a facilidade de monitoramento do trabalho das máquinas como os principais pontos positivos. Essa mudança resultou em uma relação de trabalho mais harmoniosa, onde os colaboradores se sentem mais capacitados e apoiados nas suas atividades diárias. Essas informações foram essenciais para embasar discussões e ações voltadas para o aprimoramento contínuo do processo produtivo nas ferramentarias.

4.6.3 Comentários

As soluções apresentadas mostraram um impacto significativo na produtividade das ferramentarias, o que pode ser atribuído à sua alta aderência à tecnologia. No entanto, é importante ressaltar que a implementação dos dispositivos por si só não é suficiente para gerar ganhos substanciais; é a maneira como eles são utilizados que permite a melhoria dos processos nas fábricas.

Nesse sentido, é fundamental que as ferramentarias realizem um acompanhamento contínuo após a implementação dos dispositivos. Esse acompanhamento envolve o monitoramento regular dos indicadores gerados pela tecnologia, proporcionando uma melhor compreensão dos benefícios e fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões informadas.

Outro aspecto relevante a ser considerado é a importância de ouvir os *feedbacks* dos profissionais. É fundamental estar atento às suas dores e necessidades, pois essas informações podem servir como base para o aprimoramento das tecnologias e do processo de implementação como um todo. Assim, a fase de monitoramento não se resume apenas aos dados gerados, mas também envolve uma compreensão abrangente da ferramentaria em relação às tecnologias e suas necessidades específicas.

Essa etapa de acompanhamento demonstra ser crucial para garantir a eficácia e a utilização adequada da tecnologia no setor. Portanto, sua inclusão no guia de apoio é essencial, pois oferece uma orientação valiosa para que as ferramentarias possam maximizar os benefícios da tecnologia e obter resultados duradouros em seus processos produtivos.

Capítulo 5

Resultados

À partir da coleta de resultados feita para as empresas avaliadas no projeto, ficou evidente o impacto positivo na eficiência e, conseqüentemente, no faturamento das ferramentarias. Diante disso, confirma-se a hipótese de que o uso de Internet das Coisas possui grande potencial para melhora de produtividade no setor ferramental.

Também é confirmada a hipótese que aponta para a necessidade das ferramentarias receberem apoio durante o processo de transição tecnológica. Ao longo do projeto, constatou-se em diversos momentos uma falta de conhecimento em relação à tecnologia em si e aos processos envolvidos na implementação.

Demonstrou-se também que as ferramentarias enfrentam desafios significativos ao se depararem com a introdução de novas tecnologias em seus ambientes de trabalho. Muitos colaboradores têm pouco conhecimento prévio sobre as tecnologias emergentes, o que gera incertezas e dificuldades na compreensão de como implementá-las de maneira eficaz.

Com base na experiência adquirida durante participação na implantação nas empresas mencionadas, foi elaborado um guia para auxiliar as ferramentarias interessadas na implementação da Internet das Coisas (IoT). O objetivo principal é fornecer um direcionamento claro e abrangente, facilitando o processo de implementação e maximizando os benefícios da tecnologia.

5.1 Etapas de implementação

5.1.1 Seleção de parceiros

A seleção de parceiros e fornecedores confiáveis desempenha um papel crucial na implementação bem-sucedida da tecnologia *IoT* nas ferramentarias. Esta definição garante acesso às soluções adequadas às necessidades, além de receber suporte técnico de qua-

lidade.

É importante frisar que empresas com maior *expertise* em tecnologias inovadoras tendem a ser parceiros de maior confiança. Entretanto, é preciso que entendam as particularidades da ferramentaria de forma a adaptar suas soluções ao que é demandado.

Além disso, é essencial que estejam dispostas a fazer um acompanhamento após a implementação, visto que é comum a necessidade de adaptações à medida que os funcionários utilizam da tecnologia. Pode ser necessária, por exemplo, a criação de novos parâmetros de acompanhamento, novas telas em sistemas ou então um monitoramento de um ponto não mapeado na cadeia de produção.

Ao realizar uma seleção criteriosa de parceiros e fornecedores confiáveis, é estabelecida uma base sólida para o sucesso da implementação de *IoT* na ferramentaria. Essa parceria de qualidade ajudará a garantir o fornecimento de soluções eficientes, suporte técnico adequado e a possibilidade de inovação contínua, impulsionando a produtividade e a eficiência de operação.

5.1.2 Difusão de informações sobre a tecnologia

Durante a Revolução Industrial, os ludistas surgiram como um movimento de resistência à utilização de máquinas nas indústrias, especialmente no Reino Unido no início do século XIX. Esses movimentos tiveram um impacto significativo na sociedade da época [46].

Ao implementar uma nova tecnologia no ambiente fabril, é comum encontrar resistência por parte dos próprios trabalhadores. Essa resistência é compreensível, uma vez que existe uma rotina de trabalho estabelecida e teme-se a possibilidade de desemprego.

Para superar esse desafio, é essencial que as lideranças promovam a divulgação de informações sobre o impacto das novas tecnologias na relação de trabalho dos funcionários. É importante evidenciar que a adoção da Internet das Coisas não representa uma ameaça aos empregos, mas sim uma oportunidade de aprimoramento das atividades diárias. Ao utilizá-la, os funcionários poderão se beneficiar ao melhorar suas rotinas de trabalho e alcançar resultados ainda mais satisfatórios.

Além das ações mencionadas anteriormente, é fundamental que as empresas responsáveis pela implementação de *IoT* promovam *workshops* abrangendo todos os setores da ferramentaria. Tais oficinas de aprendizado devem ser projetados de forma a garantir que todos os colaboradores tenham acesso às informações necessárias e compreendam os princípios fundamentais da utilização dessa tecnologia.

Durante essas sessões, os profissionais podem aprender sobre os benefícios da Internet das Coisas no contexto da ferramentaria, como ela pode otimizar os processos,

melhorar a produtividade e a qualidade, além de proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. É importante que sejam compartilhados casos de sucesso e exemplos concretos de como tem sido implementada em outras empresas do setor, demonstrando os resultados positivos alcançados.

Somado a isso, os *workshops* podem incluir ações práticas, permitindo que os colaboradores tenham experiências interativas com a tecnologia. Isso ajudará a dissipar quaisquer preocupações ou dúvidas que possam surgir e a promover uma mentalidade aberta e receptiva em relação à adoção de *IoT*.

5.1.3 Avaliação dos problemas da ferramentaria

Em sequência, é importante avaliar quais são os principais problemas da ferramentaria e como impactam na produtividade da empresa. Deve ser feita uma análise dos desafios e dos problemas enfrentados atualmente, como por exemplo falta de visibilidade do desempenho das máquinas, dificuldades no rastreamento de ativos, problemas de qualidade, baixa eficiência operacional ou questões de segurança. Algumas abordagens podem ser muito eficientes para coletar tais informações:

- **Observação direta:** é necessário dedicar um tempo para observar atentamente o fluxo de trabalho na ferramentaria. Observar os processos, as interações entre os profissionais, as etapas que consomem mais tempo ou que são propensas a erros.
- **Conversas e entrevistas:** realizar conversas individuais ou em grupo com os profissionais da ferramentaria. Entender, a partir da visão dos empregados, quais atividades são mais trabalhosas, quais causam mais problemas ou retrabalho e onde eles veem oportunidades de melhoria. As experiências, preocupações e sugestões em relação aos processos existentes são fontes valiosas de informações.
- **Análise de dados:** analisar os dados disponíveis na ferramentaria, como registros de produção, históricos de manutenção, relatórios de qualidade, entre outros. Esses dados podem revelar padrões e tendências que apontam para problemas recorrentes ou áreas de baixo desempenho.

Ao considerar a intenção de implementar tecnologia, é importante alinhar os problemas identificados durante a avaliação com as soluções tecnológicas disponíveis. Isso significa avaliar se a tecnologia em questão é capaz de resolver os desafios identificados e se é adequada às necessidades específicas da ferramentaria. Caso necessário, ajustes e adaptações podem ser feitos para garantir uma melhor integração entre a tecnologia e os processos existentes na empresa.

A avaliação das necessidades é uma etapa fundamental, pois permite identificar os problemas e oportunidades específicos da ferramentaria. Isso garante que a implementação da tecnologia seja direcionada para as áreas que trarão os maiores benefícios e impactos positivos. Além disso, ao envolver as partes interessadas e analisar os processos existentes, será possível desenvolver uma solução personalizada e alinhada com os objetivos estratégicos da ferramentaria.

5.1.4 Implementação dos dispositivos

A implementação de toda tecnologia deve ser feita abrangendo a ferramentaria e a empresa parceira, de forma planejada e gradual. É necessário que essa contribuição seja completa, desenvolvendo assim soluções adaptadas às necessidades da ferramentaria e ao que é possível ser desenvolvido pela empresa.

É recomendado iniciar com um piloto em uma área específica da ferramentaria, avaliando os resultados e ajustando as estratégias antes de expandir para outras áreas. Com isso, as ferramentarias podem explorar e validar as soluções propostas em um contexto controlado, antes de implementá-las de forma mais abrangente. Isso proporciona uma oportunidade valiosa para testar a eficácia das tecnologias, identificar possíveis limitações e aprimorar o processo de implementação. Durante essa fase, é possível coletar dados, medir o desempenho e obter informações valiosas que contribuirão para uma implementação mais eficiente e bem-sucedida.

Ao realizar projetos piloto, as ferramentarias podem identificar e abordar desafios antes de escalarem a implementação para toda a organização. Isso reduz os riscos associados à adoção de novas tecnologias, garantindo que as soluções sejam ajustadas e otimizadas para atender às demandas específicas de cada ferramentaria.

Inicialmente, é preciso avaliar a infraestrutura de conectividade existente na ferramentaria. É preciso gerar um ambiente em que as soluções possam ser implementadas, como por exemplo com uma rede robusta e confiável para suportar a comunicação entre os dispositivos IoT. Se necessário, deve ser feito as atualizações e melhorias adequadas.

Posteriormente, a implantação dos dispositivos pode ser feita, configurando-os nas máquinas e equipamentos relevantes da ferramentaria. Integra-se, então, com os sistemas e softwares existentes na ferramentaria, como sistemas de gestão de produção, sistemas de controle de qualidade e outros. Caso não haja algum destes disponível, é possível que a empresa parceira os desenvolva, de forma que tenham acesso às informações geradas pela tecnologia.

Para assegurar sucesso nesta fase, é necessário realizar os testes de funcionamento, garantindo que os dados coletados sejam reais e que a comunicação dos dispositivos com os softwares esteja ocorrendo conforme esperado.

A seleção dos dispositivos a serem testados deve levar em conta as necessidades e objetivos da ferramentaria, considerando as funcionalidades e recursos mais relevantes para otimizar os processos e solucionar os problemas identificados. É recomendável iniciar os testes com um número limitado de dispositivos, para permitir uma avaliação detalhada e facilitar a identificação de possíveis ajustes ou melhorias necessárias.

Os critérios de avaliação devem ser estabelecidos com clareza, considerando aspectos como a eficiência operacional, a integração com os sistemas existentes, a confiabilidade, a segurança e a facilidade de uso. Esses critérios ajudam a avaliar o desempenho dos dispositivos em relação aos objetivos definidos, permitindo tomar decisões informadas sobre sua viabilidade e adequação para a implementação em larga escala.

5.1.5 Treinamento e capacitação da equipe

Investir na capacitação dos profissionais após a implementação da tecnologia nas ferramentarias gera uma ampla gama de benefícios significativos. Primeiramente, ela proporciona aos funcionários o conhecimento necessário para utilizar as novas ferramentas e recursos de forma eficiente. Isso inclui compreender as funcionalidades específicas da tecnologia, aprender a interpretar e analisar os dados gerados pelos dispositivos e dominar as melhores práticas para otimizar os processos.

Ao capacitar os profissionais, a empresa está investindo em seu capital humano, garantindo que eles tenham as habilidades e conhecimentos necessários para lidar com as demandas tecnológicas em constante evolução. Isso promove a atualização profissional e o desenvolvimento de competências relevantes para o mercado atual, tornando os colaboradores mais valorizados e preparados para enfrentar os desafios do setor ferramental.

Além disso, a capacitação dos profissionais contribui para melhorar a produtividade e a eficiência da ferramentaria como um todo. Com um entendimento aprofundado da tecnologia, os funcionários podem identificar oportunidades de melhoria nos processos, sugerir ajustes e implementar soluções inovadoras. A capacitação também promove uma maior autonomia e confiança no uso da tecnologia, permitindo que os profissionais tomem decisões embasadas e apliquem as melhores práticas para otimizar a produção e alcançar resultados superiores.

É importante ressaltar que a capacitação dos profissionais deve ser um processo contínuo. A tecnologia está em constante evolução e novas atualizações e recursos podem ser introduzidos ao longo do tempo. Portanto, é essencial fornecer oportunidades de aprendizagem contínua, por meio de treinamentos periódicos, *workshops*, cursos online e outras formas de educação corporativa. Isso permite que os profissionais se mantenham atualizados e acompanhem as tendências tecnológicas, garantindo que a

ferramentaria esteja sempre na vanguarda da inovação.

Em resumo, a capacitação dos profissionais após a implementação da tecnologia nas ferramentarias é fundamental para maximizar os benefícios da nova infraestrutura. Ela proporciona aos colaboradores o conhecimento e as habilidades necessárias para utilizar a tecnologia de forma eficiente, promove a atualização profissional e contribui para a melhoria da produtividade e eficiência da empresa. É um investimento estratégico que impulsiona a competitividade e o sucesso no setor ferramental.

5.1.6 Monitoramento contínuo

Além do impacto inicial na produtividade das ferramentarias, o monitoramento contínuo após a implementação da tecnologia traz uma série de benefícios adicionais. Um dos principais benefícios é a capacidade de obter informações detalhadas sobre o desempenho dos processos e identificar problemas em tempo real. Ao acompanhar regularmente os dados gerados pelos dispositivos, a empresa pode ter uma visão clara de como as operações estão ocorrendo e quais áreas podem ser aprimoradas.

Esse monitoramento contínuo permite uma abordagem proativa na resolução de problemas. Com dados precisos e atualizados em mãos, as ferramentarias podem identificar rapidamente os gargalos na produção, as ineficiências ou qualquer anomalia que esteja afetando negativamente o desempenho. Com essa compreensão aprofundada, a empresa pode tomar medidas corretivas imediatas, minimizando o tempo de inatividade, otimizando os processos e reduzindo custos.

Outro benefício importante é a capacidade de monitorar a eficácia das soluções implementadas. Com o acompanhamento regular, é possível avaliar se as melhorias realizadas estão alcançando os resultados esperados e se estão realmente impactando positivamente os processos. Caso sejam identificadas lacunas ou áreas que ainda precisam de ajustes, a empresa pode realizar alterações ou buscar novas soluções para maximizar os benefícios da tecnologia.

Em resumo, o monitoramento contínuo após a implementação da tecnologia nas ferramentarias oferece uma série de benefícios, incluindo a identificação precoce de problemas, a resolução proativa de questões, a otimização dos processos, a capacidade de tomar decisões estratégicas embasadas em dados e a garantia de que as soluções implementadas estejam gerando os resultados desejados. É um passo essencial para maximizar o potencial da tecnologia e impulsionar a eficiência e a competitividade no setor ferramental.

5.2 Resumo

Podemos elencar o passo a passo da introdução da Internet das Coisas nas ferramentarias como uma sequência de etapas:

1. Seleção de parceiros para a implantação;
2. Difusão de informações sobre a tecnologia para toda a ferramentaria;
3. Avaliação dos problemas da ferramentaria;
4. Implementação dos dispositivos;
5. Treinamento e capacitação da equipe;
6. Monitoramento contínuo.

Ao seguir esse guia, as ferramentarias estarão preparadas para colher os benefícios de *IoT*, como o monitoramento de máquinas, rastreamento de ativos, controle de qualidade e eficiência operacional. A implementação bem-sucedida da Internet das Coisas promoverá melhorias significativas na produtividade, eficiência e competitividade da ferramentaria, permitindo que se destaque no mercado e alcance melhores resultados.

Capítulo 6

Conclusões

Diante de todas as informações discutidas ao longo deste trabalho, é possível concluir que a implementação de soluções tecnológicas baseadas em Internet das Coisas têm um impacto significativo na produtividade, eficiência e competitividade das ferramentarias no contexto atual. Por meio da automação de processos, monitoramento em tempo real e utilização de dados concretos, é possível otimizar o tempo de produção, reduzir retrabalhos, melhorar a qualidade dos produtos e maximizar a utilização dos recursos disponíveis, como máquinas e mão de obra.

Os resultados obtidos demonstraram a importância de se investir em inovação tecnológica e gestão eficiente para enfrentar os desafios do mercado, como a concorrência global e a pressão por produtividade. Além disso, a adoção dessas soluções possibilita a transformação de conhecimento tácito em conhecimento explícito, promovendo uma cultura de colaboração e capacitação dos colaboradores, independentemente de sua experiência prévia no setor.

No entanto, a implementação da tecnologia nas ferramentarias não é uma tarefa simples e muitas empresas enfrentam dificuldades nesse processo. Essa falta de conhecimento impacta diretamente na capacidade produtiva e nos lucros. Como o setor ferramental tem enfrentado desafios nos últimos anos, é crucial que ocorra uma modernização em toda a cadeia produtiva.

Diante desse cenário, a experiência adquirida na implementação da Internet das Coisas nas ferramentarias e o apoio às empresas parceiras resultaram na criação de um guia passo a passo. Esse guia tem um valor significativo, pois fornece orientações claras sobre como adotar a tecnologia nas ferramentarias. Ele aborda desde a avaliação das necessidades específicas de cada empresa até a infraestrutura de conectividade, implantação dos dispositivos e integração com os sistemas existentes.

Ao seguir esse guia, as ferramentarias terão um caminho estruturado e orientado para a adoção de *IoT*, permitindo que aproveitem seus benefícios. Isso resultará em

uma melhoria significativa na eficiência operacional, aumento da produtividade e uma posição competitiva mais forte no mercado. A modernização da cadeia produtiva por meio dessa implementação se torna uma estratégia crucial para o sucesso e a sustentabilidade das ferramentarias no cenário atual.

6.1 Considerações Finais

Ao analisar os resultados alcançados, fica evidente que a adoção das tecnologias baseadas em Internet das Coisas trouxe benefícios significativos para as empresas do setor ferramental. A redução do tempo gasto em tarefas manuais e o aprimoramento do monitoramento dos processos resultaram em uma melhoria da eficiência e produtividade das ferramentarias.

Nesse contexto, é válido ressaltar a importância das parcerias estabelecidas com empresas especializadas e o apoio da Fundação de Apoio da UFMG (Fundep) no desenvolvimento e implementação dessas soluções. A colaboração entre os diferentes atores envolvidos foi fundamental para o sucesso do projeto e demonstra a importância da sinergia entre academia, indústria e parceiros tecnológicos na busca por inovação e melhoria contínua.

Por fim, é fundamental destacar que a transformação digital e a adoção de tecnologias inovadoras são elementos essenciais para a evolução do setor ferramental. O projeto realizado com a parceria entre I-SENSI, Vitau Automation, Stampway e Union Moldes evidencia o potencial dessas soluções e destaca a necessidade de as empresas estarem atentas às oportunidades oferecidas pela Indústria 4.0. Aqueles que buscam se manter competitivos e alinhados com as demandas do mercado devem considerar a implementação de tecnologias avançadas em suas operações.

Em suma, os resultados obtidos no projeto demonstram que a otimização da produtividade por meio do uso de tecnologias baseadas em Internet das Coisas é uma estratégia promissora para o setor ferramental. A implementação dessas soluções não é simples de ser feita, mas, com o roteiro criado, é possível realizar um processo concreto e de impacto significativo para toda a cadeia de produção. Assim, será possível aproveitar-se não apenas da melhora de eficiência e de rentabilidade das empresas, mas também as posiciona de forma mais competitiva no mercado global, contribuindo para o fortalecimento e desenvolvimento da indústria como um todo.

Referências Bibliográficas

- [1] SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. [S.l.]: Penguin Books Limited, 2016.
- [2] CISCO. *Cisco Annual Internet Report*. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/executive-perspectives/annual-internet-report/index.html>. Acessado em 13/06/2022.
- [3] PESQUISA, I. F. *A Indústria 4.0 e a pandemia*. https://static.portaldaindustria.com.br/portaldaindustria/noticias/media/filer_public/de/cc/decc6afa-ae64-4160-9b3c-87d7dcd4b3d6/a_industria_40_e_a_pandemia.pdf. Acessado em 24/10/2022.
- [4] SUNDBLAD, W. *The Benefits of Connecting Data from Legacy Equipment*. <https://www.forbes.com/sites/willemsundbladeurope/2019/10/01/the-benefits-of-connecting-data-from-legacy-equipment/?sh=252e747d246b>. Acessado em 24/10/2022.
- [5] INDÚSTRIA, P. da. *Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos*. <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acessado em 10/10/2022.
- [6] STEINSSON, J. Malthus and pre-industrial stagnation. *University of California, Berkeley*, 10 2021.
- [7] LASI H., F. P. K. H. *Industry 4.0*. 2014.
- [8] BRITANNICA. Industrial revolution. 07 2021. Acessado em 07/03/2023. Disponível em: <<https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>>.
- [9] STEARNS, P. N. *The industrial revolution in world history*. 2020.
- [10] ABRAMOVAY, R. 01 2012.
- [11] DIEHL ISANI; VARGAS, P. R. Paradoxos da globalização: da pressuposição do fim do estado-nação à realidade do retorno do estado. *Estudos do CEPE, Santa Cruz do Sul*, 1996.
- [12] RIBEIRO, A. d. F. Taylorismo, fordismo e toyotismo. *Lutas Sociais*, v. 19, n. 35, p. 65–79, dez. 2015. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/ls/article/view/26678>>.

- [13] HIRSCHHORN, L. Beyond mechanization. *Massachusetts: MIT Press*, 1984.
- [14] ENÓRIO, F. G. A flexibilização da produção significa a democratização do processo de produção? *ENCONTRO ANUAL DA ANPAD 18^o*, 1994.
- [15] FAYOL, H. Administração industrial e geral. *Atlas*, 1954.
- [16] DRUCK, M. d. G. Terceirização: (des)fordizando a fábrica: um estudo do complexo petroquímico da bahia. *São Paulo: Boitempo*, 1999.
- [17] HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 3928–3937.
- [18] MOSCONI, F. The new european industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. 2015.
- [19] SOMMER, L. Industrial revolution—industry 4.0: Are german manufacturing smes the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2015.
- [20] ROBLEK V., M. M. e. K. A. A complex view of industry 4.0. 2016.
- [21] NING H., . L. H. Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the internet of things. *Science China Information Sciences*, 2015.
- [22] KAGERMANN H., H. J. H. A. . W. W. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, 2013.
- [23] RIEDL M., Z. H. M. M.; DIEDRICH, C. Cyber-physical systems alter automation architectures. *Annual Reviews in Control*, 2014.
- [24] ALMADA, L. The industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (mes). *Journal of Innovation Management*, 2016.
- [25] ASHTON, K. *That 'Internet of Things' Thing*. <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>. Acessado em 03/11/2022.
- [26] NANOSYSTEMS, N. D. N. E. . R. I. G. M. . *Internet of Things in 2020, Roadmap for the Future*. https://docbox.etsi.org/erm/Open/CERP%2020080609-10/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v1-1.pdf. Acessado em 31/01/2023.
- [27] INTEL. *Intel and the Internet of Things*. <https://newsroom.intel.com/press-kits/intel-and-the-internet-of-things-2/>. Acessado em 03/03/2023.

- [28] COUNCIL, N. I. *Disruptive civil technologies: six technologies with potential impacts on us interests out to 2025*. <http://globaltrends.thedialogue.org/publication/disruptive-civil-technologies-six-technologies-with-potential-impacts-on-us-interests-out-to-2025>. Acessado em 03/11/2022.
- [29] HOLLER, J. et al. *From Machine-to-Machine to the Internet of Things*. [S.l.]: Elsevier, 2014.
- [30] ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. ISSN 1389-1286. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568>>.
- [31] AMAZON. *Set Up Your Echo Dot*, NOTE = "acessado em 31/01/2023",.
- [32] FLEISCH, E.; WEINBERGER, M.; WORTMANN, F. *Business Models and the Internet of Things*. 2014.
- [33] SANTOS, L. C. dos. *Ferramentaria: A importância de gestão, estratégia e pessoas na construção do futuro*. [S.l.: s.n.], 2020.
- [34] GERES, M. *A cidade dos moldes: em Joinville, onde se encontra a maior concentração setorial do país, as empresas enfrentam o desafio da atualização tecnológica para serem globalmente competitivas*. 2018. <https://fiesc.com.br/revista/edicoes>. Acessado em 27/03/2023.
- [35] FERRAMENTAIS, A. A. B. D. I. D. *Relatório 2011-2015*. 2016. https://issuu.com/revistaferramental8/docs/n___64. Acessado em 27/03/2023.
- [36] FERRAMENTAL, R. *Revista Ferramental: Produtividade é a solução*. 2023. <https://issuu.com/revistaferramental8/docs/ferramental-105>. Acessado em 29/03/2023.
- [37] CAMPINAS, A. *ESTAMPOS DE CORTE*. <http://afiadoracampinas.com.br/estampos-corte.html#:~:text=0s%20estampos%20de%20corte%20s%C3%A3o,em%20seus%20processos%20de%20fabrica%C3%A7%C3%A3o>. Acessado em 15/03/2023.
- [38] MANSA, M. M. B. *CONFORMAÇÃO, CORTE, ESTAMPA E DOBRA*. <https://mbmmetalurgica.com.br/conformacao-corte-estampa-e-dobra/>. Acessado em 15/03/2023.
- [39] MOLDES, U. *Reconhecimento Internacional em Produtividade*. <https://www.unionmoldes.com/certificado>. Acessado em 15/03/2023.
- [40] VERNADAT, F. *Enterprise modeling and integration: principles and applications*. *ChapmanHall*, 1996.
- [41] I-SENSI. *Quem somos*. <https://i-sensi.io/>. Acessado em 21/03/2023.

- [42] AUTOMATION, V. *Quem somos*. <https://vitauautomation.com/>. Acessado em 21/03/2023.
- [43] FUNDEP. *Quem somos*. <https://www.fundep.ufmg.br/quemsomos>. Acessado em 21/03/2023.
- [44] ROTA2030. *Quem somos*. <https://rota2030.fundep.ufmg.br/rota/>. Acessado em 21/03/2023.
- [45] 2030, R. *Edital de seleção de startupse/ou spin-offs e ferramentarias para a 2ª Edição do Rota Challenge*. 2022. <https://rota2030.fundep.ufmg.br/wp-content/uploads/2022/11/CHAMAMENTO-PUBLICO-No-02-rota-challenge-1.pdf>. Acessado em 29/03/2023.
- [46] HOBSBAWM, E. J. *Labouring men: Studies in the history of labour*. *Weidenfeld and Nicholson*, 1952.