

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA PORTO ALEGRE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ADRIANO LEITE EVANGELISTA

ESTUDO DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE VARIÁVEIS DE
MANUFATURA DE PRODUTOS CUSTOMIZADOS

PORTO ALEGRE

2022

Catálogo de Publicação na Fonte

E92e Evangelista, Adriano Leite.

Estudo de monitoramento automatizado de variáveis de manufatura de produtos customizados. / Adriano Leite Evangelista. – Porto Alegre, 2022.

56 f.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, Unidade em Porto Alegre, 2022.

1. Variáveis de produção. 2. Coleta de dados. 3. Integração de sistemas. I. Peixoto, João Alvarez. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Carina Lima CRB10/1905

ADRIANO LEITE EVANGELISTA

**ESTUDO DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE VARIÁVEIS DE
MANUFATURA DE PRODUTOS CUSTOMIZADOS**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto.

PORTO ALEGRE

2022

ADRIANO LEITE EVANGELISTA

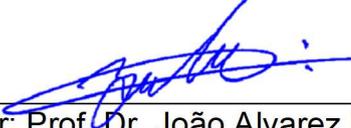
**ESTUDO DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE VARIÁVEIS DE
MANUFATURA DE PRODUTOS CUSTOMIZADOS**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto.

Aprovado em: 01 / 07 / 2022

BANCA EXAMINADORA


Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Miguel A. Sellitto
Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Emerson Fernandes da Cunha
Prof. Me. Emerson Fernandes Cunha
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

PORTO ALEGRE

2022

Dedico este trabalho a minha família que me deu todo o suporte necessário para que eu pudesse estudar e replicar o conhecimento aprendido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família que tanto me apoiou neste desejo de cursar uma graduação. Agradeço a empresa Taurus Armas S/A, que me incentivou e por vezes me liberou em horários de trabalho para que eu pudesse comparecer as disciplinas e atingir esta conquista.

Agradeço aos professores, que tanto contribuíram com seus conhecimentos para solução de dúvidas e que possamos fazer uma UERGS ainda melhor.

RESUMO

Para que as empresas se tornem cada vez mais assertivas quanto ao custeio de seus processos de produção e produtos manufaturados, é de suma importância ter o fluxo de processos e coletas das variáveis de produção, realizadas de maneira mais rápida. Visando aumentar a lucratividade de seus negócios, as tomadas de decisões devem ser baseadas em dados concretos para se tornar mais rentáveis, diminuindo os riscos que o mercado industrial proporciona. Vindo ao encontro das novas tendências da indústria 4.0, com a integração de diversas tecnologias como base a automação industrial, a comunicação realizada através de leitor de rádio frequência (RFId) e etiquetas TAG *Mifare*. Entre os pontos mais desafiantes na indústria, está o fazer com que as informações retiradas desde o chão de fábrica, chegue na área executiva para as tomadas de decisões de maneira clara e concisa, através da integração entre sistemas desde as áreas de TI passando por setores como controladoria e contabilidade. Este trabalho tem como objetivo propor um sistema de coleta de tempos de fabricação e armazenamento do fluxo de processo, utilizando a tecnologia RFId para apontamentos dessas variáveis, com menor incidência da interferência humana, reduzindo custos em relação aos apontamentos manuais, no qual ainda são muito presentes no ambiente fabril. Foram utilizados módulos de rádio frequência instalados na célula de trabalho como prova de conceito. Nos produtos a identificação e armazenamentos das informações são feitas através das etiquetas TAG, onde periodicamente as informações são lidas em uma estação de leitura com interface serial, permitindo a visualização de maneira rápida, para que as decisões possam ser tomadas em tempo hábil, para que as correções possam ser feitas, antes mesmo do produto ser totalmente produzido.

Palavras-chaves: Variáveis de produção. Coleta de dados. Integração de sistemas.

ABSTRACT

For companies to become increasingly assertive about the cost of their production processes and manufactured products, it is of paramount importance to have the flow of processes and collection of production variables carried out quickly. In order to increase the profitability of your business, decision-making must be based on concrete data to become more profitable and reduce the risks that the industrial market provides. Complying with the new trends of the 4.0 industry with the integration of several technologies, based on industrial automation, communication carried out through radio frequency reader (RFId) and Mifare tags. Among the most challenging points in the industry is to make the information taken from the factory floor reach the executive area for decision making in a clear and concise way, through the integration between systems from the IT areas through sectors such as controllership. and accounting. This work aims to propose a system for collecting manufacturing times and storing the process flow, using RFId technology to record these variables with less incidence human interference, reducing costs compared to manual records, which are still very present in the manufacturing environment. Radio frequency modules installed in the work cell were used through a proof of concept. In the products, the identification and storage of information are done through TAG tags, where the information is periodically read in a reading station with a serial interface, allowing a quick visualization so that decisions can be made in a timely information so that corrections can be made even before the product is fully produced.

Keywords: production variables. Data collect. Systems integration

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de coleta de dados de manufatura pela própria peça, como hipótese de solução do problema de erros no apontamento de tempos e processos	15
Figura 2 – Estrutura desejada ao implementar a solução do problema proposto	17
Figura 3 – Módulo microcontrolador Arduino	22
Figura 4 – Cartão RFI <i>d Mifare</i>	23
Figura 5 – Módulo leitor RFI <i>d MFRC522</i>	24
Figura 6 – Arquitetura do Projeto: Integração de RFID e IoT.....	26
Figura 7 – Estrutura de organização do projeto de integração de máquinas em um sistema produtivo	29
Figura 8 – Diagrama de blocos do sistema de monitoramento de uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo.....	31
Figura 9 – Método proposto para coleta automatizada de dados do processo de manufatura de um produto	36
Figura 10 – Fases do método proposto representado em blocos no sistema de manufatura	37
Figura 11 - Diagrama de montagem da prova de conceito para a operação de cadastro e leitura.....	38
Figura 12 - Diagrama de ligação do dispositivo para coleta das variáveis de processo	39
Figura 13 – Fluxograma de operação desejada para o sistema de apontamento de variáveis de processo automatizada	40
Figura 14 - Módulo de cadastro e leitura dos cartões RFI <i>d Mifare</i>	42
Figura 15 - Módulo coletor das variáveis de processo.....	42
Figura 16 - Centro de trabalho utilizado para simular o artefato	43
Figura 17 - Cadastro do produto LOTE 3 no terminal de cadastro do produto	44
Figura 18 - Mensagem de cadastramento concluído	44
Figura 19 - Interface serial com as informações coletadas durante a tarefa.....	45
Figura 20 - Leitura do cartão referente ao produto LOTE3 após finalizar todo o processo produtivo	45
Figura 21 - Leitura do cartão referente ao produto LOTE1, após finalizar todo o	

processo produtivo	48
Figura 22 - Leitura do cartão referente ao produto LOTE2, após finalizar todo o processo produtivo	48
Figura 23 - Gráfico de quantidade de tarefas realizadas na simulação dos 3 produtos	49
Figura 24 - Gráfico do tempo total para a simulação da fabricação dos 3 produtos realizada na simulação.....	50
Figura 25 - Tempo de máquina ligada para conclusão dos 3 produtos simulados	50

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Comparativo das variáveis de manufatura lidas dos cartões utilizados nos produtos LOTE1, LOTE2 e LOTE3.....	49
Quadro 1 – Armazenamento de dados, setores e blocos de um cartão <i>Mifare</i>	24
Quadro 2 - Resultado de funcionalidades geradas como prova de conceito	46
Quadro 3 - Comparação entre o sistema manual e o sistema automatizado de monitoramento de variáveis de manufatura de produtos customizados	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CM	Monitoramento de condição
ERP	Planejamento de recursos empresariais (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
FMS	Sistema flexível de manufatura (<i>Flexible Manufacturing System</i>)
I/O	Entrada/saída (<i>Input/Output</i>)
IoT	Internet das coisas (<i>Internet of Things</i>)
LCD	Visor de cristal líquido (<i>Liquid Crystal Display</i>)
LED	Diodo emissor de luz (<i>Light-Emitting Diode</i>)
MCD	Módulo concentrador de dados
MSA	Módulo sensor-atuador
OEE	Eficácia geral do equipamento (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)
OPC	Plataforma aberta de comunicação (<i>Open Platform Communications</i>)
PWM	Modulação de largura de pulso (<i>Pulse Width Modulation</i>)
RAM	Memória de acesso aleatório (<i>Random Access Memory</i>)
RFID	Identificação de rádio frequência (<i>Radio-Frequency Identification</i>)
ROM	Memória somente leitura (<i>Read Only Memory</i>)
SOAP	Protocolo de acesso a objetos simples (<i>Simple Object Access Protocol</i>)
TAG	Etiqueta
TC	Transformador de corrente
UERGS	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
UID	Identificador de usuário (<i>Unique Identifier</i>)
USB	Porta serial universal (<i>Universal Serial Bus</i>)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 PROBLEMÁTICA.....	13
1.2 HIPÓTESE.....	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1.1 Variáveis de processos produtivos.....	20
2.1.2 Módulo microcontrolador Arduino.....	21
2.1.3 Etiquetas RfId e módulo MFRC522	23
2.2 PESQUISAS RELACIONADAS.....	25
2.2.1 Monitoramento da produção e da eficiência de processos de manufatura usando RfId e internet das coisas	26
2.2.2 Integração das máquinas de uma linha de produção para monitoramento do desempenho do processo	27
2.2.3 Monitoramento de equipamentos elétricos industriais utilizando IoT30	
3 METODOLOGIA	33
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	33
3.2 UNIVERSO DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA.....	34
3.3 MÉTODO APLICADO.....	34
4 RESULTADOS	41
5 ANÁLISE.....	47
6 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

Os apontamentos de produção são uma das atividades fundamentais para a gestão industrial de empresas eficientes. Entretanto, à medida que cresce a complexidade dos processos da empresa, aumenta o fluxo de dados e a necessidade de recursos, mão de obra, tempo e infraestrutura, afim de medir corretamente os resultados, a partir desses apontamentos. Esse tipo de tarefa tende a ser extremamente repetitiva e de baixa necessidade de qualificação. Além de ser altamente suscetível a erros humanos durante as etapas extração, compilação e transferência de dados. Em outras palavras, não agrega valor à cadeia dos produtos (SANTOS, 2020).

O assunto custos, independente de qual valor ou tipo de negócio, é algo que toda a empresa deseja reduzir. É fundamental que a empresa tenha os seus custos definidos de forma rápida e com menor probabilidade de erro, pois é a partir deles que muitas decisões podem ser tomadas. Garantindo uma informação assertiva, as estratégias estarão mais próximas de obter sucesso e alcançar o resultado desejado. Ao contrário disso, pode ocasionar grandes resultados negativos a empresa (SOUZA *et al.*, 2019).

As variáveis de produção compõem o custo dos produtos, dentre elas estão os tempos de produção em cada máquina, insumos utilizados no produto, fluxo de processos utilizados, tempos de espera em cada processo, gargalos e localização do produto. Onde podem ocorrer diversos tipos de erros de apontamentos, interferindo diretamente no custeio do produto ou serviço

Para compreender uma das motivações de implementar a tecnologia para diminuir a incidência da interferência humana, diminuindo o custo por não haver a necessidade de ter um apontador e com isso aumentar a probabilidade de a informação chegar de maneira correta para realizar as análises com bases nos dados coletados, é necessário conhecer algumas definições no que diz respeito a confiabilidade humana. A confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de suas atividades, quando submetida em um determinado período de tempo, nas condições necessárias para executá-las, como ambiente e recursos necessários para realizar a atividade conforme relata Silva *et Al.* (2017).

Aplicada em vários segmentos da indústria, a confiabilidade humana analisa os impactos dos possíveis erros sobre a produtividade, qualidade e segurança, além de traçar estratégias para prevenir, mitigar ou até mesmo eliminar tais erros. No escopo dos erros humanos convém distinguir ao menos três categorias de erros: os erros induzidos pela situação onde é analisado o contexto podendo ser classificado como uma ação involuntária, não caracterizada como erro ou uma ação espontânea chamada de erro induzido, erros superficiais decorrentes de ações não intencionais chamadas de lapsos ou deslizes e os erros profundos decorrentes de ações intencionais denominadas como equívocos (SILVA, 2017).

Busca-se novas tecnologias capazes de diminuir a incidência da interferência humana. Uma das formas de comunicação que pode ser utilizada entre o colaborador e a interface serial, é através de cartões identificáveis por rádio frequência (RFId), em que as informações são coletadas autonomamente e pode ser integrado com dispositivos de Internet das Coisas (IoT), dispondo as informações em nuvem.

1.1 PROBLEMÁTICA

No processo de algumas empresas, as contagens de produtos e de paradas de máquina de cada etapa da linha de produção, são realizadas pontualmente e seus registros são realizados de forma manual, pelos operadores da linha de produção. Os apontamentos são checados visualmente nas fichas de apontamento de cada máquina, exigindo do colaborador a disponibilidade para fornecer as informações para a interface serial ou outro tipo de forma para apresentar os indicadores (OLIVEIRA, 2019).

Conforme Santos (2020), os apontamentos de produção são um dos conjuntos de dados mais importantes para o controle fabril. Saber quais atividades de produção foram realizadas, quais as datas e horários de término e as quantidades produzidas. A coleta destes dados em ambientes de produção em lotes ou com grandes volumes de produção, são realizadas durante a operação ou ao término da mesma.

Os apontamentos de produção também são importantes para produção em baixa escala. Por se tratarem de produtos customizados, muitas vezes se tratando de

lotes piloto, a incidência da interferência humana nas previsões de tempos de fabricação, fluxo de processos e insumos utilizados é significativa. Tão importantes quanto prever todas as variáveis do processo é ter uma probabilidade maior de acerto para saber se as variáveis de produção foram alcançadas conforme o previsto, para ter as melhores tomadas de decisões em tempo hábil para maximizar os ganhos financeiros.

Segundo Souza *et al.* (2019), frequentemente os gestores e executivos tratam do assunto de custos em suas reuniões, com base nas informações das variáveis de produção disponibilizadas que são calculados os custos dos produtos e verificado qual etapa do processo lhe causa maior desembolso.

1.2 HIPÓTESE

Segundo Sanches (2018), os requisitos de produção podem mudar rapidamente. Sendo assim, informações disponibilizadas de forma ágil podem otimizar o gerenciamento das operações e resolver os problemas operacionais, de forma antecipada. Contando com os atuais níveis de automação em um sistema de manufatura e juntamente com a Internet das Coisas (IoT), a extração de informações de processo é possível e uma prática comum na indústria. Se pode usar essa informação para análise de desempenho do sistema de manufatura.

Dada a variabilidade em um Sistema Flexível de Manufatura (*Flexible Manufacturing System – FMS*), associada com a fabricação de peças diferentes em vários processos, a gestão do cronograma de produção e a capacidade de medição da produção e da eficiência global (*Overall Equipment Effectiveness - OEE*) das máquinas podem ser desafiadores.

Dependendo da configuração do FMS, as peças podem ter caminhos de produção diferentes.

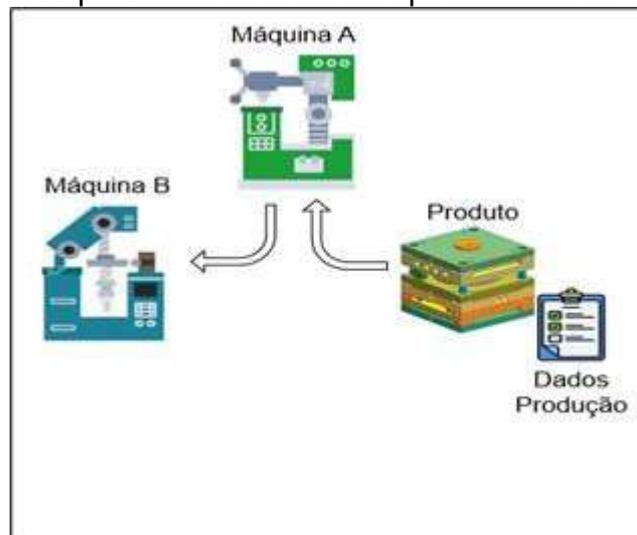
Recentemente, através do uso de Identificador por Rádio frequência (RFId), informações sobre a peça e os processos de produção necessários puderam ser incorporados em uma etiqueta, que se movimenta com a peça.

O processo de usinagem dos produtos customizados em baixa escala, agrega

um alto valor aos produtos fabricados, se comparados com a produção em grande escala. Por muitas vezes os produtos customizados são oriundos de uma demanda de prototipagem, não havendo um histórico de fabricação ou solicitações repetitivas, gerando o tempo entre uma fabricação e outra muito grande. Ou até mesmo sendo fabricado uma única vez. O que eleva a importância da assertividade de cada apontamento, por não haver a absorção de erros que ocorre na produção de alta escala.

Com o objetivo de automatizar os apontamentos de tempos de fabricação em máquinas, este trabalho focou como hipótese de solução a inserção de tempos de fabricação entre máquina e interface serial de forma automatizada. Cada ordem de produção gera uma etiqueta TAG, que armazenará as informações através da comunicação RfId entre máquina e etiqueta, podendo ser realizada a leitura dos dados ao final da operação. Isso pode ser percebido na Figura 1 que apresenta a estrutura desta hipótese.

Figura 1 – Processo de coleta de dados de manufatura pela própria peça, como hipótese de solução do problema de erros no apontamento de tempos e processos



Fonte: Autor(2022).

1.3 OBJETIVOS

A importância da gestão por processos para o enaltecimento de empresas,

proporciona ganho na qualidade final do produto, eficácia e produtividade nas empresas. Aferindo de modo a minimizar o tempo de resposta do processo, evitando desperdício de tempo e garantindo que a informação chegue sem distorção, proporcionando um emolumento à organização (MOURA, 2019).

Baseado nisso, este trabalho tem como objetivo demonstrar uma solução baseada na indústria 4.0. Automatizando a coleta da variável de produção, através da tecnologia RFID, diminuindo incidência da interferência humana nesta coleta, tornando os dados de tempo de apontamento mais rápida e autônoma, se comparada com os apontamentos realizados com preenchimentos manuscritos em fichas de apontamentos.

Desta forma, o objetivo geral do trabalho se resume em automatizar o processo de coleta de dados de produção, para processos em baixa escala ou produtos customizados de alto valor agregado.

E para o alcance deste objetivo, deverão ser alcançados os seguintes objetivos específicos, definidos na forma de atividades a serem realizadas, que se somam e contribuem para o objetivo geral:

- a) Pesquisar as variáveis de processo pertinentes a manufaturas customizadas;
- b) Pesquisar métodos disponíveis para coleta de dados de produção customizadas;
- c) Definir um método a ser utilizado;
- d) Implementar o dispositivo de coleta de dados nas máquinas;
- e) Implementar o dispositivo de coleta de dados no produto;
- f) Implementar a comunicação entre o dispositivo do produto e máquinas;
- g) Desenvolver a forma de exibição dos dados do produto;
- h) Coletar os dados de funcionamento do sistema automatizado;
- i) Analisar os resultados;
- j) Publicar monografia do trabalho de conclusão de curso, de forma a divulgar publicamente os resultados.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Nesse trabalho o objetivo é automatizar o processo e coleta de dados e

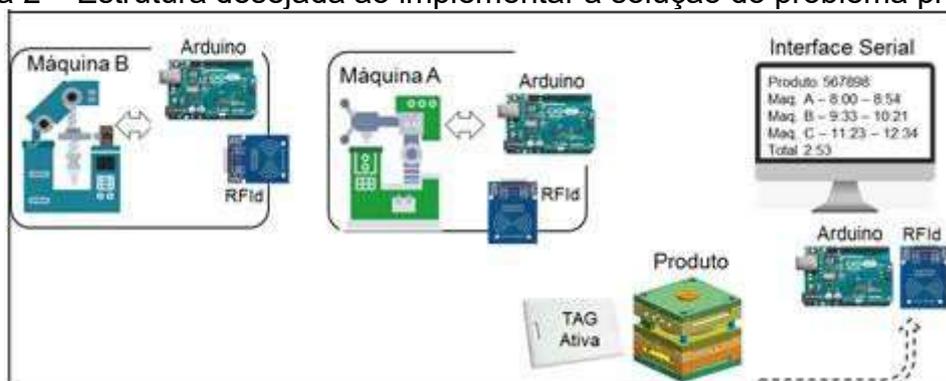
apontamentos de produção em produtos produzidos em baixa escala, com alto valor agregado. Se pode citar entre os produtos que se caracterizam desta forma como: produtos customizados, protótipos e fabricação de lotes piloto.

As variáveis pertinentes aos produtos customizados tratados neste trabalho são: tempos de produção em cada máquina, insumos utilizados em cada produto, fluxo de processos utilizados, tempos de espera em cada processo, gargalos e localização do produto com base na última leitura. As variáveis de produção foram definidas conforme uma entrevista informal com os apontadores de empresas da área metalmeccânica.

Para realizar a coleta de dados, será utilizado a tecnologia por rádio frequência com módulos RFId, integrado com a o módulo IoT com internet das coisas. Conforme relata Sanches (2018), através do uso do RFId, informações sobre a peça e os processos de produção necessários puderam ser incorporados em uma etiqueta que se movimenta com a peça.

A incorporação de informações de peças e processos na etiqueta de RFId, permite um novo nível de interação, que é combinado com as informações do processo. Ao final de cada processo se espera verificar cada variável em uma interface serial, para realizar o tratamento dos dados e conseguir tomar as decisões com base nos dados coletados. A Figura 2 apresenta a estrutura que se deseja obter com o alcance dos objetivos definidos.

Figura 2 – Estrutura desejada ao implementar a solução do problema proposto



Fonte: Autor (2022).

Podendo os resultados esperados serem sintetizados como:

a) Dados de processos com maior probabilidade de estarem corretas;

- b) Maior agilidade na formação do custo final do produto;
- c) Método capaz de motivar sua implementação em processo produtivo real.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A título de fundamentação teórica, a proposta de desenvolvimento de um estudo de monitoramento automatizado de variáveis de manufatura de produtos customizados com alto valor agregado, tema central do presente trabalho, requereu uma pesquisa mais apurada sobre alguns temas, tais como as variáveis que compõem os preços dos produtos manufaturados na indústria. Entre elas os tempos empregados para industrialização dos produtos, insumos empregados para a fabricação e montagem dos produtos, localização dentro da área fabril, fluxo de processos utilizado e tempo de espera entre processos.

Para uma melhor compreensão do estudo, o mesmo foi dividido em duas etapas. A primeira parte é a fundamentação teórica, que deve apresentar o conteúdo que embasa o projeto, como as tecnologias e conceitos que são imprescindíveis ao entendimento deste trabalho. A segunda parte são relacionadas as pesquisas com fundamentação tecnológica e também com embasamento relacionado às áreas administrativas, como a área contábil e empresarial.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo estão citadas as tecnologias e conceitos que são consideradas primordiais para o entendimento do presente trabalho. Entre as tecnologias, pode-se citar as etiquetas RFID que funcionam através da tecnologia por rádio frequência.

Há também o módulo microcontrolador Arduino, que servirá de porta de sinais para o sistema, entre outros benefícios buscados na elaboração desse projeto, associados a apontamentos de produção podem ser diversos, que vão desde a integração automática entre diversas áreas fabris e administrativas reduzindo custos e a incidência da interferência humana nas entradas de dados manualmente no sistema. Nesse espaço se relacionam as tecnologias e os conceitos que são imprescindíveis à compreensão do trabalho.

E há também as variáveis de produção, que são de suma importância para medir a eficiência do processo produtivo, identificar os insumos de um sistema de manufatura e assim planejar a produção, permitindo obter informações sobre o fluxo de trabalho e eficiência da linha de produção, identificando estações com maior

incidência de problemas, melhorando a organização da linha, controlar a operação e qualidade do produto e por fim sua eficiência.

2.1.1 Variáveis de processos produtivos

A sigla OEE é uma abreviação do termo *Overall Equipment Effectiveness*, que em tradução livre significa, Eficiência Global do Equipamento. Introduzido por Seiichi Nakajima, tornando-se fundamental para avaliar a *performance* dos equipamentos em diversos ramos, inclusive a indústria metalúrgica. Uma das razões que tornaram o indicador OEE tão difundido nas empresas é a capacidade de demonstrar a efetividade de um equipamento de forma simples e direta, diretamente ligada a produtividade, desempenho e qualidade. O indicador leva em consideração as peças boas produzidas e a capacidade de produção, fornecendo o percentual de efetividade medida (VINCE TECNOLOGIA, 2021).

O OEE nos diz quanto tempo o equipamento efetivamente produziu o produto desejado com relação ao tempo de capacidade de produção. Os gestores podem analisar as informações disponibilizadas para tomadas de decisões medindo seus processos através dessa ferramenta.

O apontamento de produção entrega as informações necessárias para fazer uma apuração de custos reais de cada produto fabricado. Isso porque se deve ter em mãos quais materiais foram consumidos, quais operações foram realizadas e quantas falhas ocorreram. Lembrando que os custos de produção são materiais diretos, mão de obra direta e custos indiretos de fabricação, com a movimentação precisa dos materiais, há o primeiro item. E com os tempos de produção reais, é possível apurar os custos com a mão de obra direta e custos indiretos de fabricação (LEÃO, 2022).

Os benefícios de um apontamento de produção bem implantado são muitos, tanto diretamente quanto indiretamente, já que é um procedimento que afeta a tomada de decisão de diversos setores da indústria. Entre os diversos benefícios, é possível citar que conhecer os tempos reais de produção e os custos reais de fabricação de seus produtos estão entre eles. Além de localizar ordens de produção e pedidos de venda no chão de fábrica com facilidade, saber o que está acontecendo em cada

máquina e com isso ter a possibilidade de tomada de ação imediata para corrigir problemas, obter total controle sobre a produção diária informada, aumentar a produtividade de máquinas analisando os motivos mais comuns de parada (LEÃO, 2022).

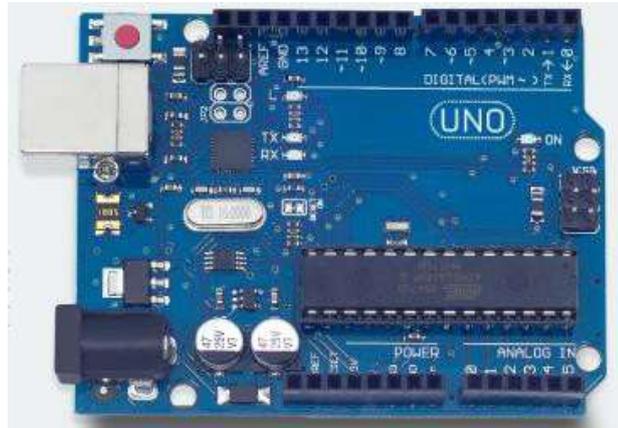
2.1.2 Módulo microcontrolador Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica muito versátil e amplamente utilizada por estudantes. É a integração do microprocessador com interfaces de entrada e saída I/O (*Input/Output*). São por esses canais que o módulo se comunica com o mundo externo, enviando e recebendo informações de sensores, *displays* e outros módulos periféricos (ARDUINO, 2020).

Os microcontroladores possuem uma quantidade de memória temporária (*Random Access Memory* - RAM) e memória permanente (*Read Only Memory* - ROM) limitadas, o que não favorece a grandes aplicações, mas são muito usadas em pequenas aplicações de sistemas de controle embarcados, das mais diversas áreas.

O objetivo principal do módulo microcontrolador Arduino é tornar o acesso à prototipagem eletrônica mais fácil, custo reduzido e flexível, em linguagem de programação baseada em C/C++. Com a utilização em conjunto do Arduino com sensores, módulos e *Shields*, pode-se incorporar novas funções. Após ser programado, o microcontrolador pode ser utilizado sem estar conectado a um computador (THOMSEN, 2022). A Figura 3 apresenta o módulo microcontrolador Arduino.

Figura 3 – Módulo microcontrolador Arduino



Fonte: Thomsen (2022).

Segundo Thomsen (2022), o Arduino foi criado em 2005 por um grupo de 5 pesquisadores. O objetivo era elaborar um dispositivo que fosse ao mesmo tempo barato e fácil de programar, sendo dessa forma acessível aos estudantes e projetistas amadores. Na estruturação do Arduino, o conceito de *hardware* livre foi adotado, e isso significa que qualquer pessoa pode montar, modificar, melhorar e personalizar, partindo do mesmo projeto básico de *hardware*.

No presente projeto, a placa utilizada será a Arduino Uno. Ela possui quantidade de porta (entrada/saída) suficiente para a criação de protótipos com vários sensores e módulos conectados. O microcontrolador da placa Arduino Uno é o ATmega328P, com *clock* de 16MHz, 14 pinos de I/O, sendo 6 analógicos e 6 com função PWM (*Pulse Width Modulation*) (ARDUINO, 2020).

O módulo Arduino Uno tem 32kB de memória *flash*, onde são armazenados os programas e sua conexão com o computador é através de um cabo USB. Para expandir as aplicações dos módulos foram desenvolvidos diversos componentes, sendo que a maioria deles funciona com qualquer tipo de placa da linha, requerendo, às vezes, pequenas adaptações.

No presente trabalho será utilizado alguns módulos para compor o projeto final, entre os mais importantes se pode citar: o módulo RfId MFRC522, *display* LCD 16x2 e cartões para leitura padrão *Mifare*.

2.1.3 Etiquetas RFId e módulo MFRC522

O leitor RFId é baseado no chip MFRC522 da empresa NXP. É altamente utilizado em comunicação sem contato a uma frequência de 13,56MHz. Este *chip*, de baixo consumo e pequeno tamanho, permite sem contato ler e escrever em cartões que seguem o padrão *Mifare*, altamente utilizado em comunicação sem contato. As TAGs¹, podem conter vários dados e o cartão possui um número de identificação (UID) pré-gravado e memória de 1kB para armazenar dados (MÓDULO ELETRÔNICA, 2019). A Figura 4 apresenta um cartão RFId *Mifare*.

Figura 4 – Cartão RFId *Mifare*



Fonte: (MÓDULO ELETRÔNICA, 2019).

O chip RFId contém a interface de rádio frequência e vários blocos funcionais, que captam as informações de uma distância de até 10cm. As capacidades de memória mais comuns dos sistemas *Mifare* são de 1.000 bytes (1kB), 2.000 bytes (2kB) e 4.000 bytes (4kB) e tem uma organização própria, como mostrado no Quadro 1 (MÓDULO ELETRÔNICA, 2019). As memórias de 1kB contêm 16 setores, sendo 4 blocos por setor. As memórias de 2kB são compostos por 32 setores, onde cada setor é composto por 4 blocos. Por sua vez, as memórias de 4kB são divididas em 40 setores, alguns com 4 blocos e outros com 16 blocos.

¹ TAG é uma palavra originada do inglês e significa etiquetas ou cartões. São utilizadas para identificar produtos, arquivos, entre outras. (BRASILESCOLA, 2019).

Quadro 1 – Armazenamento de dados, setores e blocos de um cartão *Mifare*

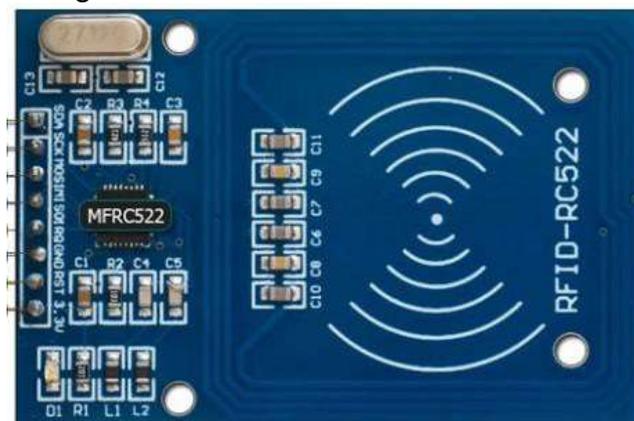
Espaço de armazenamento	Setores	Blocos / Setor
1 kB	16	4
2 kB	32	4
4 kB	40	4 e 16

Adaptado de: Módulo Eletrônica (2019).

O primeiro bloco do primeiro setor é reservado para armazenar informações do fabricante. Cada cartão ou chaveiro RfId *Mifare* tem a sua identificação única, podendo ser de 4 ou 7 bytes, e não pode ser modificada (ROBOCORE, 2022). Os três primeiros blocos de cada setor (0, 1 e 2) são para armazenamento de dados, com exceção do bloco 0 do setor 0. O último bloco de cada setor é chamado de “Sector Trailer” e armazena as chaves de acesso (Key A e Key B) aos demais blocos daquele setor. Além das condições de acesso de cada bloco de cada setor específico (MÓDULO ELETRÔNICA, 2019).

O módulo leitor de RfId MFRC522 estabelece a comunicação com uma frequência de 13,56 MHz, permitindo a leitura e escrita sem contato, em cartões que seguem o padrão *Mifare*, alimentado com 3,3 Volts do módulo controlador Arduino. A Figura 5 apresenta este módulo.

Figura 5 – Módulo leitor RfId MFRC522



Fonte: (MÓDULO ELETRÔNICA, 2019).

A comunicação entre o módulo Arduino e o MFRC522 é realizada através do protocolo de comunicação serial síncrona, onde os bits são enviados através de um único fio, também chamado de linha de dados, e se utiliza um sinal de *Clock*, relação

mestre/escravo. O mestre é o dispositivo controlador que no presente trabalho é o microcontrolador Arduino, enquanto que o escravo também chamado de *slave*, geralmente um sensor, *display* ou memória, recebe instruções do microcontrolador (ROBOCORE, 2022). A velocidade de transmissão pode chegar no máximo a 10 Mbps (megabits por segundo).

Os sistemas de rastreamento de objetos, objetivam observar objetos em movimento ou durante um intervalo de tempo de interesse, armazenando um conjunto de informações sobre eventos ou acontecimentos com sua respectiva data e localização para uma base de dados. Sistemas de controle operacional e execução de tarefas utilizam da comunicação RFId entre equipamentos, como microcontroladores e produtos na linha de produção para tomadas de decisões e execução de tarefas, de acordo com o produto em produção.

2.2 PESQUISAS RELACIONADAS

Os apontamentos de produção são fundamentais para a gestão industrial. Com base nestes apontamentos que são tomadas diversas decisões importantes para a administração e controle de produção. A sobrevivência de uma empresa depende de decisões tomadas por ela e de metas estratégicas traçadas, para que seja possível alcançar seus objetivos, como: o pensamento e a busca contínua pela redução de custos fixos, o foco sobre a atividade principal e a otimização das operações ao longo de toda cadeia produtiva (SOUZA *et al.*, 2019).

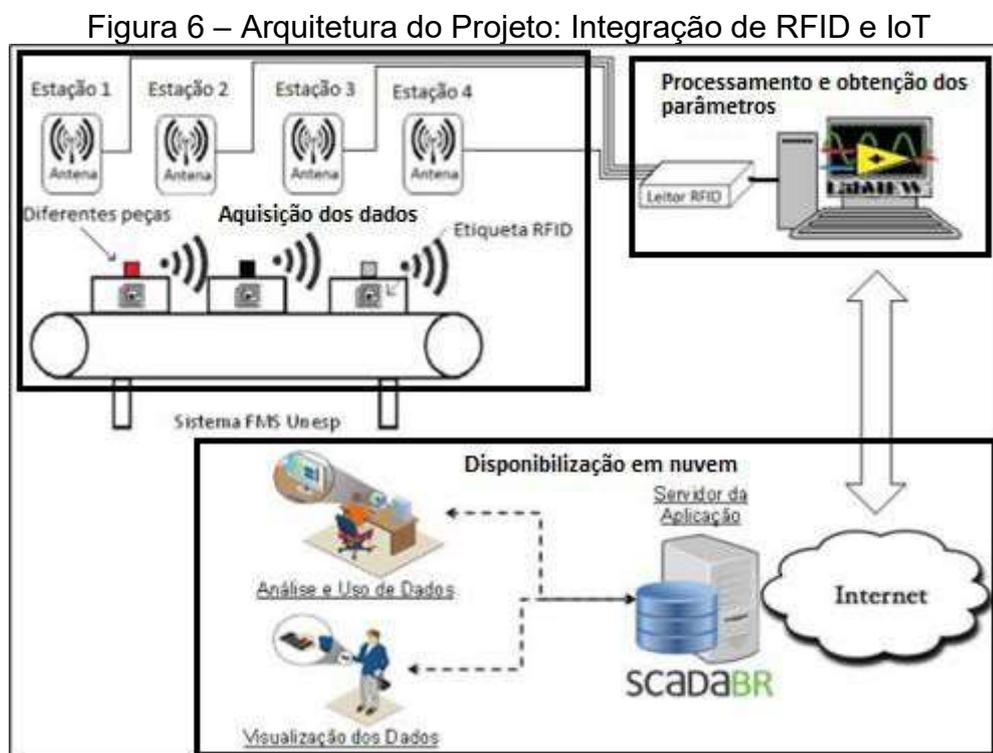
O principal desafio em termos de automação é promover a integração entre essas tecnologias, de forma que os dados estejam disponíveis sob demanda e em tempo hábil, para que as melhores decisões de produção sejam alcançadas (SANCHES, 2018).

Com base nestas premissas, o objetivo de a informação chegar com uma probabilidade de acerto maior, se busca integrar tecnologias para tornar o processo de coleta de dados cada vez mais autônomas. Entre diversas tecnologias, se pode destacar a rádio frequência (RFId).

2.2.1 Monitoramento da produção e da eficiência de processos de manufatura usando RFId e internet das coisas.

A dissertação de Sanches (2018) identificou uma tendência recente da utilização da Rádio Frequência (RFId) e da Internet das Coisas (IoT) no ambiente industrial, identificando as possíveis melhorias em seus processos de manufatura. O autor destaca que o principal desafio é promover a integração entre essas tecnologias.

Esse trabalho utilizou o RFId e a IoT para o desenvolvimento de uma solução para o monitoramento da produção e da eficiência de um sistema de manufatura flexível (FMS). O desafio é promover a integração entre essas tecnologias visando a obtenção de uma nova realidade produtiva, na qual tudo estará conectado para que as melhores decisões de produção, custo e segurança sejam tomadas, tudo sob demanda e em tempo real. A Figura 6 apresenta a arquitetura do projeto proposto pelo autor.



Fonte: Adaptado de Sanches (2018).

O desenvolvimento do projeto do autor pode ser dividido nas seguintes etapas:

aquisição dos dados RFId, processamento para obtenção dos parâmetros de produção e eficiência requeridos e disponibilização em nuvem para a IoT.

As etiquetas RFId alocadas nos *pallets* permitiram a rastreabilidade e monitoramento dos tempos de produção. Para os processamentos dos dados o cálculo do indicador OEE, através dos índices de *performance*, qualidade e disponibilidade. A disponibilização dos dados da aplicação em nuvem de forma padronizada e acessível a outros sistemas foi realizada através da IoT, com a utilização do ScadaBR, usando comunicação via serviço *web* SOAP.

Análises estatísticas dos resultados de tempos de produção e de transporte permitiram quantificar erros ou anormalidades na operação do Sistema Flexível de Manufatura (FMS). O uso do RFId se mostrou eficiente e adequado, permitindo a leitura e identificação das etiquetas alocadas nos *pallets* e peças do FMS, na velocidade requerida, viabilizando o cálculo do tempo de produção da peça na estação analisada. As informações de tempos de produção de peças coletados com o uso do RFId, puderam ser disponibilizadas em qualquer tipo de plataforma, como *smartphones*, *tablets* ou computadores, tornando os dados de monitoramento acessíveis em tempo real, para qualquer ponto conectado à rede ou Internet.

Deste trabalho, podem ser utilizados os conceitos desta pesquisa para o trabalho desenvolvido, por utilizar o método de coleta de dados muito semelhante a pesquisa. Como por exemplo a tecnologia de comunicação entre produto e pontos de coleta de dados utilizando RFId. Nas duas monografias o tempo de produção, rastreabilidade do produto a ser fabricado e leitura das variáveis de forma automatizada.

2.2.2 Integração das máquinas de uma linha de produção para monitoramento do desempenho do processo

As empresas investem em sistemas de informação para atingir a excelência operacional, em relação à produtividade, eficiência e agilidade. Neste cenário, a presença da internet das coisas, aparecendo como ideia básica de interação entre uma variedade de objetos. Com o objetivo de descrever a integração das máquinas

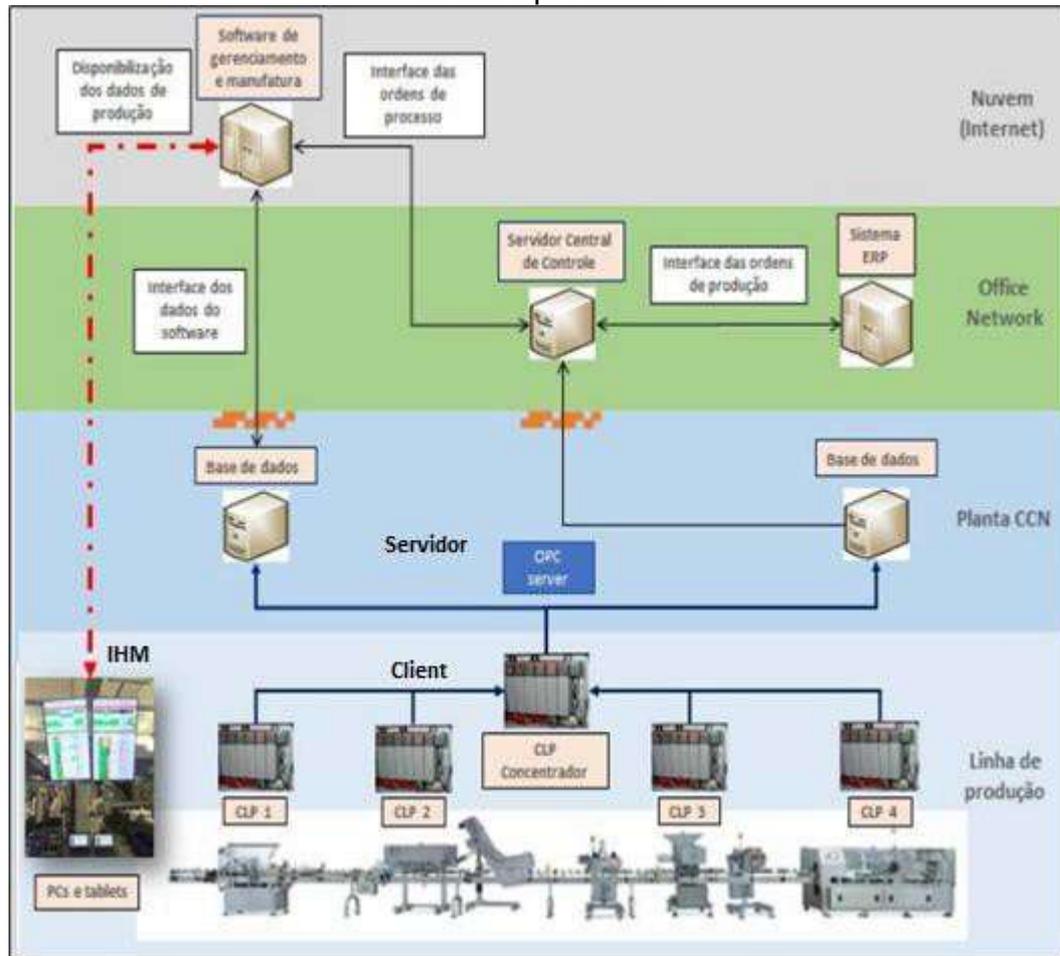
em uma linha de produção de embalagens, cujo intuito é fornecer os dados de produção a um banco de dados para processamento por programas de gerenciamento e disponibilizá-los, via internet, aos funcionários e gestores (OLIVEIRA, 2019).

O projeto de Oliveira (2019) possui a finalidade de proporcionar uma visão em tempo real do desempenho da linha de produção da fábrica, integrando os principais indicadores do processo de fabricação, em uma exibição clara da linha de produção em execução, possibilitando a verificação do local em que estão ocorrendo problemas na linha.

A solução fornecida baseia-se no padrão de sistemas e serviços da Rockwell Automation, na programação dos controladores lógicos programáveis das máquinas e na configuração de suas variáveis no servidor OPC. Para tanto, a rede *Ethernet* é o padrão de comunicação adotado. A linha de produção está dividida nas chamadas “células de trabalho”. E com isso, uma ou mais máquinas podem compor tal estrutura.

Para determinar se um equipamento pode ser considerado uma célula de trabalho, deve fornecer as informações como: estado de operação, contagem de produtos, falhas e parâmetros de máquinas. A Figura 7 apresenta a estrutura de organização do projeto citado.

Figura 7 – Estrutura de organização do projeto de integração de máquinas em um sistema produtivo



Fonte: Adaptado de Oliveira (2019).

Na implantação das rotinas e lógicas dos programas, notou-se a variedade de plataformas de *software*, modelos de controladores, equipamentos periféricos e ferramentas necessárias para integrar as máquinas, que compõem a linha de produção.

A empresa onde o trabalho foi realizado utiliza produtos da Rockwell Automation em suas máquinas. E essa exclusividade facilitou a configuração e a comunicação entre os equipamentos, diminuindo a complexidade e o tempo de serviço demandado, quando comparado a um cenário que contém equipamentos de várias marcas diferentes instalados na fábrica.

O Servidor Central de Controle e o sistema ERP da planta trocam dados referentes às ordens de produção, confirmações de pedido, materiais e outras informações relacionadas à fábrica. Nesse nível, uma ordem de produção é definida

no sistema ERP para a correta leitura dos parâmetros da linha de produção. Também, são pré-estabelecidos no Servidor Central de Controle os dados de capacidade, horários, fatores de conversão e velocidades de produção de cada máquina

Os objetivos do trabalho foram atendidos, a partir da integração das máquinas da linha de produção de embalagens em pó, através da disponibilização de dados de produção ao banco de dados da empresa, para processamento por programas de gerenciamento e manufatura e do monitoramento via Internet do desempenho do processo industrial.

2.2.3 Monitoramento de equipamentos elétricos industriais utilizando IoT

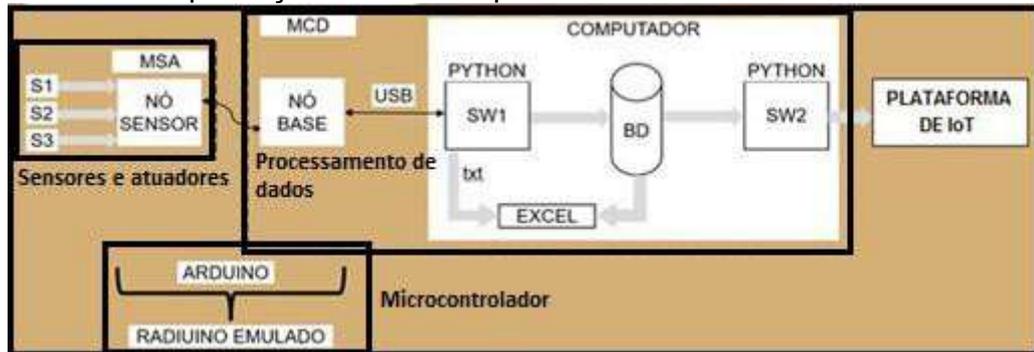
O trabalho proposto por Fabrício (2018) tem como objetivo apresentar um sistema de monitoramento de equipamentos elétricos de uma linha de produção, visando o acompanhamento em tempo real do estado de operação das máquinas monitoradas, permitindo a realização da gestão de operação desses equipamentos e a detecção antecipada de desvios operacionais e de falhas.

Devido ao grande volume de demandas de manutenção observadas em plantas industriais, este trabalho visou o desenvolvimento, de uma nova forma de realizar o monitoramento de máquinas, no contexto da internet das coisas.

A perspectiva do desenvolvimento de um sistema de monitoramento, que opere de forma autônoma e automática, e que possibilite a obtenção informações em tempo real a respeito do estado do equipamento, constituiu a motivação na elaboração deste trabalho.

Foi escolhido como local de estudo, uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo, situada na cidade de Limeira, em São Paulo. Como elemento de processamento para implementar as funções dos módulos MSA e MCD, utilizou-se um módulo Arduino Uno R3. A Figura 8 apresenta o diagrama de blocos do monitoramento proposto por Fabrício.

Figura 8 – Diagrama de blocos do sistema de monitoramento de uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo



Fonte: Adaptado de Fabrício (2018).

O sistema desenvolvido realiza a medição da corrente elétrica eficaz, consumida pelos equipamentos monitorados, utilizando uma rede de sensores conectados a um módulo concentrador de dados, que por sua vez realiza o armazenamento intermediário. Além do tratamento preliminar dos dados e o posterior envio a uma plataforma de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT). O tratamento preliminar de dados visa à análise da série temporal dos valores das correntes elétricas com o fim de obter uma avaliação inicial do estado de operação da máquina monitorada.

Em seguida, essas informações pré-processadas são enviadas via internet a uma plataforma de IoT, com o objetivo de armazenamento a longo prazo, pós-processamento e visualização em tempo real dos dados pelos usuários. Ao ser detectado um desvio de comportamento no consumo de corrente, correlacionando a algum tipo de falha em potencial, o sistema sinaliza informações adicionais a um usuário de interesse.

As medidas das três correntes de fase foram realizadas pelos sensores de corrente alternada S1, S2 e S3, conhecidos como transformadores de corrente (TC).

Esta aplicação utilizou três unidades do sensor SCT013, que trabalha com uma corrente alternada de entrada entre 0A a 100A e gera uma corrente de saída proporcional de 33mA, operando na faixa de temperatura de -25°C a +70°C. Porém, as entradas analógicas do microcontrolador fazem apenas a captura de variações de tensão.

Os resultados obtidos foram consistentes e demonstram claramente que um sistema de monitoramento de condição (CM), tal como o que foi desenvolvido, provê a base para uma aplicação de gestão de operação e de manutenção de equipamentos

industriais. Também confirmam a possibilidade de monitoramento da atividade de uma máquina, através de aplicativos de IoT, que permitem o acesso às informações via internet, através de computadores remotos ou dispositivos móveis, aderente ao contexto de internet das coisas.

A dissertação de monitoramento de equipamentos elétricos industriais utilizando IoT, pode ser de grande valia para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, no estudo de monitoramento automatizado de variáveis de manufatura de produtos customizados. Apesar de não utilizar a mesma tecnologia para coleta de dados nem medir as mesmas variáveis, os trabalhos se assemelham por serem voltados às plantas industriais e fazerem os monitoramentos de máquinas. Podendo ser levada toda a parte de tratamento de dados coletados, para serem avaliados pelos setores responsáveis da planta industrial, possibilitando a tomada de decisões em tempo hábil para corrigir possíveis falhas no processo produtivo fabril.

3 METODOLOGIA

Os custos de fabricação é o valor dos recursos utilizados para a produção de um bem de uma organização. Alguns exemplos são: mão de obra, matéria-prima, máquinas, equipamentos, entre outros. Há diferença entre gastos e custos de fabricação, visto que o gasto é o valor do recurso adquirido e o custo é o valor do recurso efetivamente utilizado na fabricação do produto (SOUZA *et al.*, 2019). No presente trabalho é estudado o sistema de coleta de variáveis de produção como: tempos de fabricação, tempos de espera, fluxo de processos e insumos utilizados durante o processo produtivo.

O projeto proposto tem como objetivo utilizar tecnologias presente na área de automação, para tornar os dados coletados durante o processo produtivo com uma probabilidade maior de acerto. Nos processos produtivos em larga escala as variáveis são bem definidas por processos robustos e normalizados, onde o objetivo é manter a padronização dos processos com variáveis semelhantes entre uma peça e outra, ou entre um processo e outro. Já que no momento do *tryout*² da produção em lote piloto, os tempos de fabricação são cronometrados e os insumos são calculados para serem utilizados, somente o necessário dos recursos disponibilizados.

Porém, para produção em baixa escala, produtos customizados e protótipos de alto valor agregado, são processos onde os apontamentos das variáveis são menos confiáveis, por haver Incidência humana nesta definição e muitas vezes não possuindo um histórico de fabricação, para servir como comparativo de possíveis melhorias.

O tipo de apontamento implementado para a realização dos procedimentos é o apontamento retroativo, pois os dados apontados serão coletados após a etapa de fabricação ser concluída.

3.1 TIPO DE PESQUISA

² A palavra *tryout* foi importada da língua inglesa para uso em algumas situações consideradas técnicas e se traduz como experimentar ou testar. No caso relacionado à ferramentaria, se considera o termo, como a execução de um teste prático de um ferramental (MOLDES INJEÇÃO PLÁSTICO, 2022).

O tipo de pesquisa proposta é de uma simulação de um artefato, sem a obrigação de testar em condições controladas. Utilizando este tipo de pesquisa se tem o objetivo de realizar uma investigação minuciosa, com o objetivo de descrever e analisar a situação de coletar dados de produção, durante a simulação do artefato. O método adotado é de simulação, determinando um objeto de estudo, de forma a selecionar as variáveis pertinentes ao modo de custeio, possíveis de serem medidas através de uma prova de conceito.

3.2 UNIVERSO DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA

A pesquisa de laboratório para implementação de uma prova de conceito, para coleta de dados de produção automatizados, que utiliza a tecnologia de transmissão por rádio frequência (RFId), pode ser utilizada em diversas áreas de atuação. Segundo Fabricio (2018), é possível realizar acompanhamento com maior rapidez do estado de operação das máquinas monitoradas, coletando tempos de operação das máquinas, permitindo a realização da gestão de operação desses equipamentos e a detecção antecipada de desvios operacionais, assim como de falhas ou tempos de máquina parada.

O universo de abrangência da pesquisa de coleta de variáveis de produção para apontamentos, pode ser ampliado para outras áreas da indústria e não somente a metalúrgica. Visto que em diversas áreas fabris são necessários a realização dos apontamentos das variáveis de produção, como por exemplo a indústria de produtos químicos. As áreas de prestação de serviços também pode ser um nicho de mercado a ser considerado. Os apontamentos realizados de maneira correta permitem o custeio dos serviços prestados de forma mais real, já que as variáveis de tempos de duração e insumos utilizados compõe o seu custeio.

3.3 MÉTODO APLICADO

Apontamento de produção é o processo de registrar todas as etapas que um produto percorre na linha de produção. Além do registro do início e fim da produção, o apontamento também permite registrar ocorrências indesejadas. Ele serve para rastrear onde o produto está e também para identificar falhas, desperdícios e gargalos no processo fabril (LEÃO, 2021).

O presente trabalho será desenvolvido de tal forma que os métodos aplicados, quando somados, resultem nos objetivos almejados.

Conhecer o processo de manufatura a ser estudado é de suma importância. Neste sentido é realizada as pesquisas para identificar os parâmetros de produção nos quais se deseja medir, constatando que serão apontados os tempos de manufaturas demandados para a fabricação de um determinado item, cadastrado na etiqueta TAG através de uma ordem de serviço.

Segundo Monteiro (2021), os apontamentos retroativos são realizados de forma manual, onde as máquinas recebem as fichas de produção e estas são coletadas com uma frequência determinada, podendo ser com intervalo de um dia ou turno. As informações apontadas nas fichas são digitadas para planilhas e/ou sistemas.

O Apontamento retroativo pode atrasar medidas corretivas, caso os dados coletados sejam tratados em uma lacuna de tempo muito grande. E também é inviável prever atrasos na entrega de uma determinada ordem ou operação com rapidez.

Um ponto bastante negativo das fichas preenchidas manualmente é que somente depois de todos os registros das fichas de produção serem passados para as planilhas ou sistema, fato que pode levar um tempo considerável, pois depende da disponibilidade da área de apoio, é que a empresa poderá analisar os desvios ocorridos (MONTEIRO, 2021).

O método proposto neste trabalho indica 4 fases:

a) Fase 1 - definição das variáveis de processo pertinentes a manufatura desejada: neste momento são definidas quais variáveis de processo que a máquina de manufatura está executando, que são pertinentes para formação dos dados finais do produto. As variáveis de produção foram definidas conforme uma entrevista informal com os apontadores de empresas da área metalmecânica e também com base no artigo com título Apontamento de Produção de Thiago Leão, tais variáveis como tempo de máquina ligada, tempo de máquina a disposição da peça, data e hora de

chegada do produto na máquina, quantidade de energia utilizada no processo deste produto, entre outros;

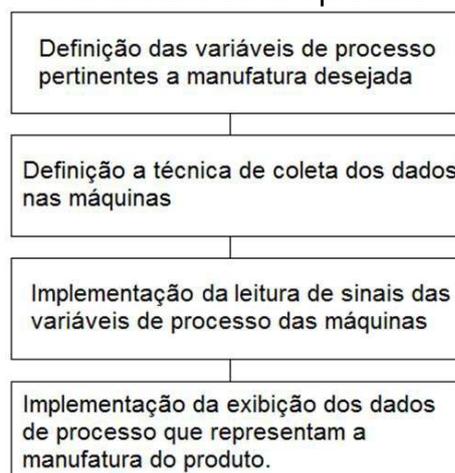
b) Fase 2 – definição da técnica de coleta dos dados nas máquinas: esta fase se busca uma tecnologia que possa ser embarcada no produto, afim de acompanhá-lo em todo o processo, capaz de trocar informações com o módulo microcontrolador de coleta de dados automatizados, que cada máquina irá possuir, e trocar informações com o dispositivo de exibição geral dos dados de processo, a que o produto foi submetido;

c) Fase 3 – implementação da leitura de sinais das variáveis de processo das máquinas: uma vez definido os sinais e a forma com que serão coletados da máquina de manufatura, então proceder a implementação dos dispositivos de comunicação entre o módulo microcontrolador de gestão do sistema de coleta e a máquina. Esta fase tem uma relação direta com a tecnologia que a máquina de manufatura possui, pois os dados podem ser coletados por redes industriais ou interface elétrica digital, com uso de relés para este fim;

d) Fase 4 -implementação da exibição dos dados de processo, que representam a manufatura do produto: esta é a interface com o usuário, onde o produto é cadastrado e monitorado, através de seu dispositivo de coleta de dados, embarcado no produto, podendo esta interface gerar tabelas, gráficos e analisar situações anômalas ao processo previamente definido.

A Figura 9 apresenta o método proposto para coleta automatizada de dados do processo de manufatura de um produto, com suas 4 fases.

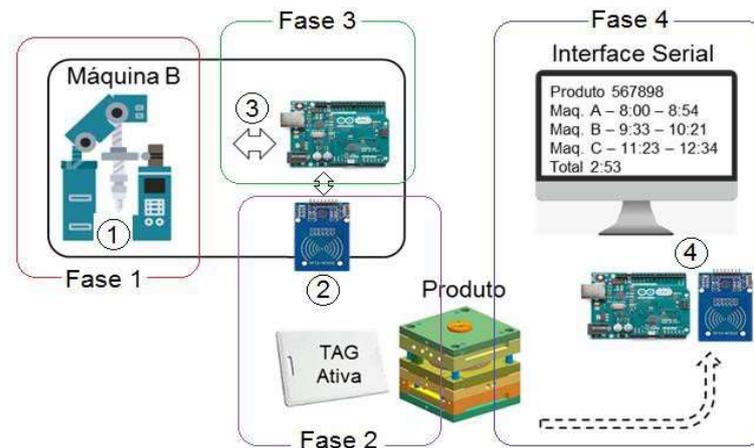
Figura 9 – Método proposto para coleta automatizada de dados do processo de manufatura de um produto



Fonte: Autor (2022).

A Figura 10 apresenta as fases do método proposto representado em blocos no sistema de manufatura.

Figura 10 – Fases do método proposto representado em blocos no sistema de manufatura



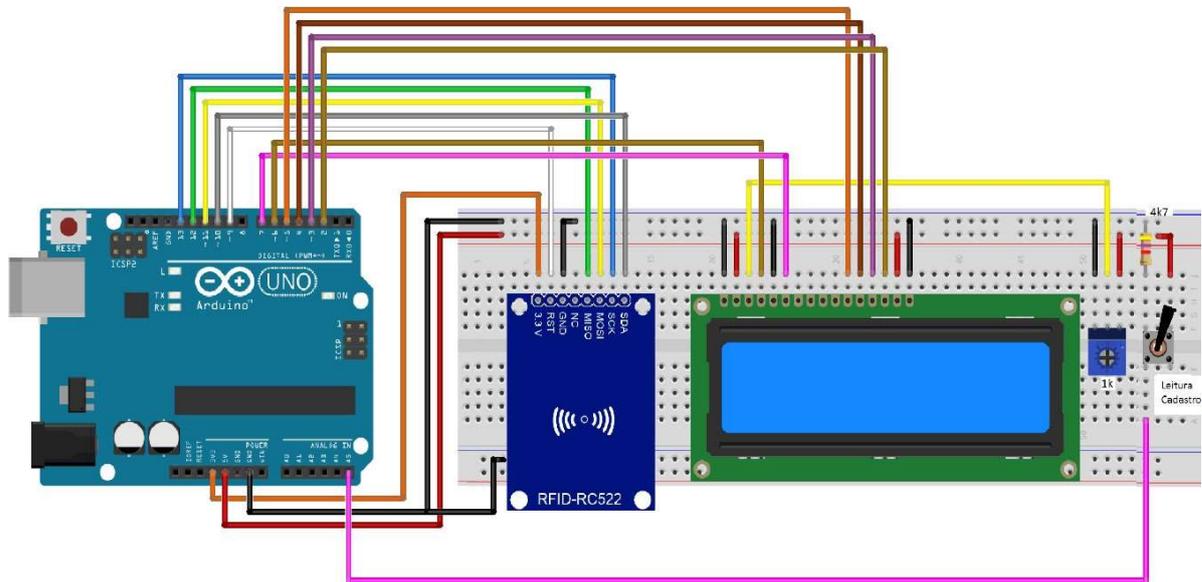
Fonte: Autor (2022).

Como proposta de coleta de dados fabris automatizada, é desenvolvida uma prova de conceito com o módulo microcontrolador Arduino UNO conectado a um leitor RFID. No estudo é simulado um artefato composto por uma fresadora e uma furadeira, onde a TAG ativa do produto é cadastrada previamente como uma ordem de serviço, contendo informações para identificar qual produto se deseja fabricar.

As ordens de serviços inseridas nas TAG ativa através do cadastramento. É a primeira operação a ser realizada no processo de apontamento. A partir desse primeiro passo, o produto estará liberado para iniciar o processo de fabricação nas máquinas.

O diagrama de montagem do protótipo, com a função de cadastramento da etiqueta TAG como ordem de serviço, com o objetivo de identificá-la, é mostrada na Figura 11.

Figura 11 - Diagrama de montagem da prova de conceito para a operação de cadastro e leitura



Fonte: Autor (2022).

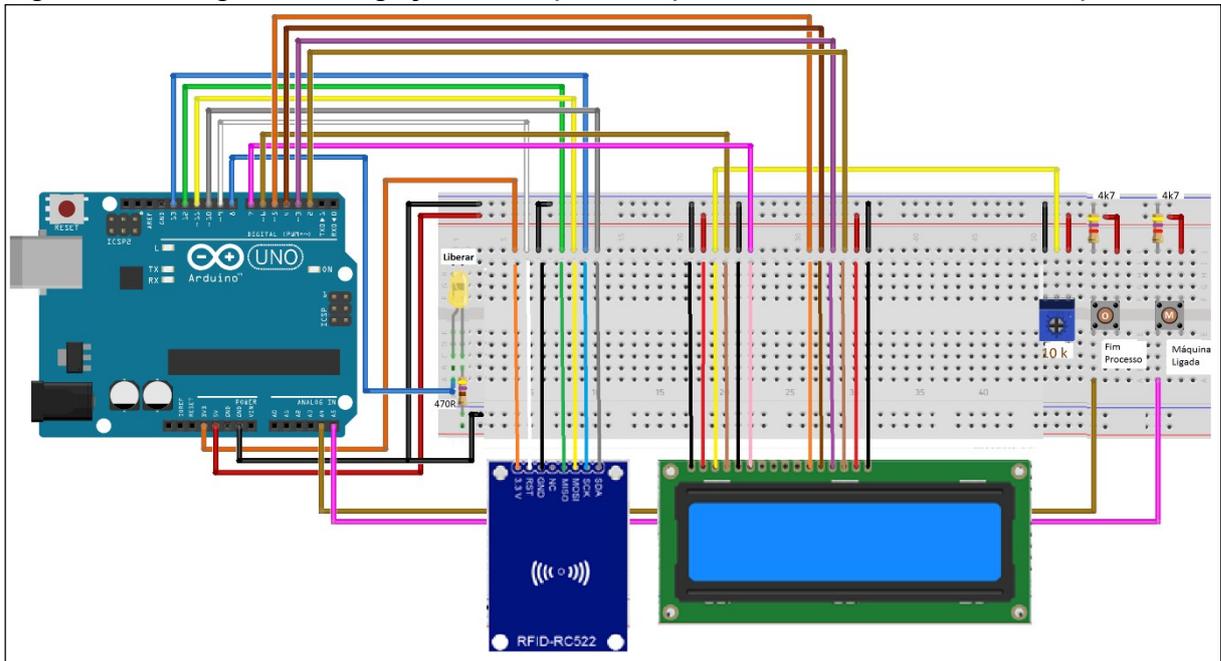
Com as etiquetas devidamente cadastradas, pode-se dar início ao processo de fabricação propriamente dito, onde o operador deve aproximar a etiqueta TAG do módulo leitor RFID MFRC522, localizado no painel de cada máquina. O sistema de coleta de dados identifica a etiqueta, liberando o início da operação na estação de trabalho, que é indicado através de um LED que se ilumina, indicando que a máquina está liberada para iniciar a operação. O tempo de produção é iniciado a partir do momento que a etiqueta é aproximada do leitor.

Outro recurso, disponibilizado pelo sistema, é a indicação do tempo de máquina ligada. Essa informação de suma importância para gerar indicadores de tempos necessários para a realização da preparação das máquinas, como *setup* do modo de fixação do produto, *preset* de ferramentas, alinhamentos da peça na máquina, ponto zero para referência na usinagem, entre outras operações necessárias para o início do ciclo.

Ao final da operação, o operador deve indicar através de um botão que o processo foi concluído e liberado para a próxima máquina, o LED se desligará e a TAG estará liberada para seguir o fluxo do restante das operações, repetindo o processo quantas vezes forem necessárias, para que o produto seja concluído.

O diagrama de ligação da prova de conceito localizado em cada máquina está ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Diagrama de ligação do dispositivo para coleta das variáveis de processo

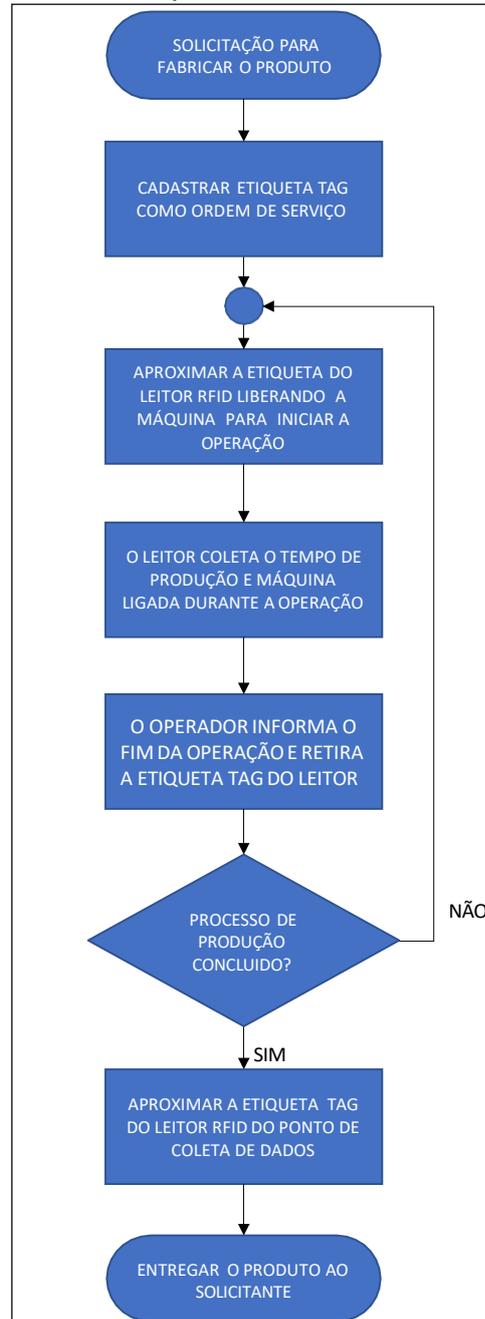


Fonte: Autor (2022).

Para concluir o processo de apontamento, a etiqueta TAG deve ser lida no terminal de leitura de dados. Nesse terminal a etiqueta fornece todos os dados coletados anteriormente que sejam pertinentes para a área de apoio realizar os indicadores, gráficos e *dashboards*.

O dispositivo de coleta de dados é o mesmo utilizado para cadastro, conforme já ilustrado na Figura 11. A área de apoio seleciona os dados que julgarem importantes para facilitar as tomadas de decisões para otimizar o processo produtivo. A Figura 13 apresenta o fluxograma de operação desejada para o sistema de apontamento de variáveis de processo automatizada.

Figura 13 – Fluxograma de operação desejada para o sistema de apontamento de variáveis de processo automatizada.



Fonte: Autor (2022).

4 RESULTADOS

O método proposto neste trabalho foi implementado em uma simulação de um artefato, seguindo todas as suas fases.

Na fase 1, definição das variáveis de processo pertinentes a manufatura desejada, foram definidas as variáveis para simulação do artefato com base em entrevistas informais com apontadores, sendo elas coletadas de forma aleatória:

- a) Tempo de máquina ligada no processo;
- b) Tempo de máquina em operação em cada processo;
- c) Data e hora de início e fim de cada processo;
- d) Insumos utilizados em cada operação, para realizar a gestão de estoque;
- e) Tempos de espera para o produto seguir para a próxima operação;
- f) Fluxo de processo e localização do produto.

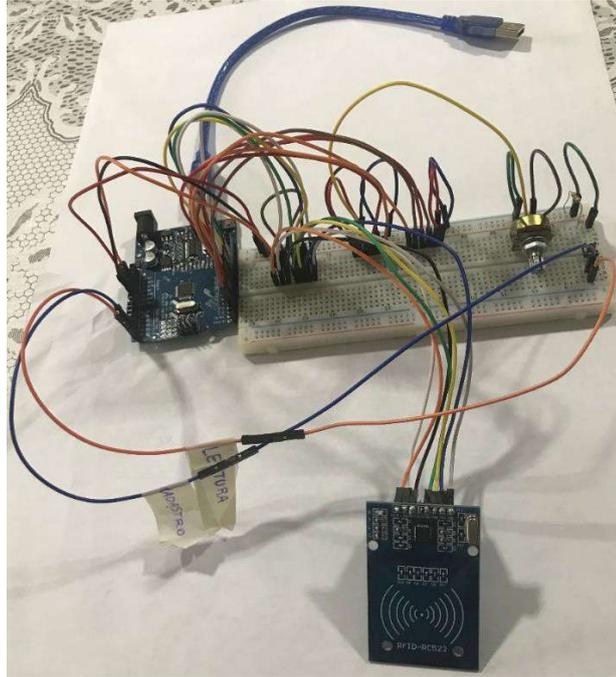
A fase 2, definição da técnica de coleta dos dados nas máquinas, foi utilizado um módulo leitor de RFId MCR522, conectado a um módulo microcontrolador Arduino UNO, onde os dados de processo são armazenados em cartões RFId *Mifare*, que acompanham o produto a cada processo submetido.

c) Fase 3 – implementação da leitura de sinais das variáveis de processo das máquinas, foi implementada através de uma simulação dos sinais de uma máquina de manufatura, sendo monitoradas e comandadas por um módulo microcontrolador Arduino.

A fase 4, implementação da exibição dos dados de processo que representam a manufatura do produto, foi implementada através de um sistema de coleta de dados em RFId do cartão Mifare, através de módulo leitor MCR522, conectado a um módulo microcontrolador Arduino, que monitora os dados de processo do cartão e exibe em um monitor serial, conectado através da porta serial de um computador. Nesta fase também é realizado o cadastro do produto no cartão RFId.

A Figura 14 demonstra este módulo com os componentes eletrônicos, sem o case de proteção, sendo possível observar como foram realizadas as ligações entre os módulos MCR522 e o microcontrolador.

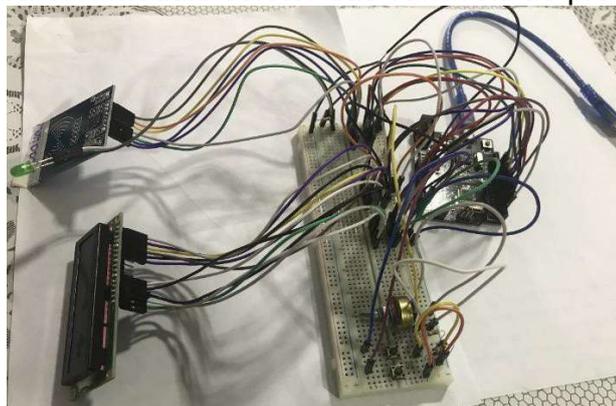
Figura 14 - Módulo de cadastro e leitura dos cartões RFIId Mifare



Fonte: Autor (2022).

Em cada máquina da simulação do artefato, será instalado um módulo para realizar a coleta dos dados pertinentes à análise do processo produtivo. Nessa etapa é possível observar no *display* LCD o estado em que a máquina se encontra. Estando liberada, o operador deve aproximar a etiqueta TAG do leitor RFIId, onde o LED se iluminará e aparecerá na tela do *display* a mensagem que chegou um produto para iniciar a operação. O potenciômetro foi implantado para ajustar a luminosidade do *display* e os botões para sinalizar o estado de máquina ligada e fim de tarefa. A Figura 15 mostra o módulo coletor das variáveis de processo instalada em cada máquina.

Figura 15 - Módulo coletor das variáveis de processo



Fonte: Autor (2022).

Uma vez implementado o método e obtendo a prova de conceito, se realizou a simulação do artefato, com o cenário de um centro de trabalho, composto por duas máquinas denominadas FRE001 e FUR005, além de um posto de cadastramento e leitura das informações contidas nos cartões *Mifare*.

No cenário será realizado a simulação da fabricação de 3 produtos denominados de LOTE 1, LOTE 2 e LOTE 3, devidamente cadastrados em seus respectivos cartões *Mifare*. Os cartões passarão em todas as máquinas e posto de cadastramento e leitura das informações coletadas das variáveis aleatórias durante o processo produtivo. Na Figura 16 está montado o centro de trabalho no cenário completo, de como foi simulado o artefato.

Figura 16 - Centro de trabalho utilizado para simular o artefato



Fonte: Autor (2022).

Para cadastramento, o operador aproxima o cartão Mifare do leitor RFId, aparecendo no monitor serial a condição de funcionamento. O terminal operando como cadastro ou leitura, irá solicitar que seja digitado o nome do produto, com no máximo 16 caracteres, seguido pelo caractere "#". Conforme demonstrado pela Figura 17, em que foi realizado o cadastramento do produto LOTE 3.

Figura 17 - Cadastro do produto LOTE 3 no terminal de cadastro do produto

```

LOTE 3#|
12:09:07.474 -> TERMINAL DE CADASTRO DO PRODUTO
12:09:07.528 -> Aproxime o seu cartao do leitor...
UID do Cartao: 57 22 EE CA - Tipo do PICC: MIFARE 1KB
12:09:36.647 -> Digite o nome do produto + # (maximo 16 caracteres)

```

Fonte: Autor (2022).

Após digitar o nome do produto e pressionar a tecla “*enter*”, o sistema reconhece o nome digitado e mostra a mensagem de cadastramento concluído, conforme Figura 18.

Figura 18 - Mensagem de cadastramento concluído

```

Firmware Version: 0x92 = v2.0
12:11:33.298 ->
12:11:33.345 -> *****
12:11:33.398 -> TERMINAL DE CADASTRO DO PRODUTO
12:11:33.398 -> Aproxime o seu cartao do leitor...
UID do Cartao: 57 22 EE CA - Tipo do PICC: MIFARE 1KB
12:11:36.705 -> Digite o nome do produto + # (maximo 16 caracteres)
Produto: LOTE 3
Cadastramento concluido

```

Fonte: Autor (2022).

Com o cartão devidamente cadastrado, o produto pode seguir para a primeira tarefa, onde no cenário de simulação foi escolhida a máquina FRE001. O *display* LCD mostra as informações para guiar o operador durante a tarefa.

Primeiramente, o sistema solicita que o operador aproxime o cartão do leitor. Após aproximar o cartão, o sistema informa que o produto chegou na máquina. Para tornar visível, mesmo estando a uma distância maior da máquina, o LED se ilumina durante o período de tempo em que o produto estiver na máquina. Durante a tarefa o sistema coleta os tempos de máquina ligada e o tempo total da tarefa.

Ao final da tarefa, o operador aperta o botão de fim do processo, na tela aparece a mensagem que o sistema está gravando as informações. O LED se desliga e a mensagem com os tempos são informados no monitor serial.

Por último, o operador retira o cartão, liberando a máquina para o próximo produto. O processo pode ser repetido quantas vezes forem necessárias até que o produto esteja finalizado, mas que neste estudo foi limitado a 15 operações, face a

capacidade de armazenamento do cartão *Mifare* utilizado.

Na Figura 19 é possível verificar toda a tarefa realizada, podendo observar a data e hora em que o produto chegou em cada máquina, além da data e hora de todas as vezes em que a máquina foi ligada e desligada. Após o fim da tarefa o sistema fornece o tempo total do processo, tempo total de máquina ligada, a máquina em que a tarefa foi realizada e, por último, solicita a retirada do cartão do leitor.

Figura 19 - Interface serial com as informações coletadas durante a tarefa

```
18:54:52.561 -> TERMINAL DA MAQUINA
18:54:52.609 -> Aproxime o seu cartao do leitor...
18:54:52.662 -> 01/04/2022 00:00 - Chegou produto na maquina:
01/04/2022 00:06 - Maquina ligou
01/04/2022 00:13 - Maquina desligou
01/04/2022 00:20 - Maquina ligou
18:55:17.855 -> 01/04/2022 00:21 - Maquina desligou
01/04/2022 00:29 - Maquina ligou
01/04/2022 00:39 - Maquina desligou
01/04/2022 00:42 - Gravando informacoes no cartao
18:55:35.305 -> Tarefa:1 Tempo Total Processo:42min Tempo Total Maquina ligada:17min
18:55:35.395 -> Maquina: FRE001 Tempo Producao Maquina: 42min Tempo Maquina Ligada: 17min
18:55:35.490 -> Data 01/04/2022 Hora Inicio: 00:00 Hora Termino: 00:42
Retire o seu cartao do leitor...
```

Fonte: Autor (2022).

Fica a cargo da equipe de apoio e gestão determinar a periodicidade em que será realizada a leitura dos cartões. Se vai ser realizada após finalizar cada tarefa ou no fim do processo produtivo total. É importante lembrar que quanto mais curto for o prazo entre uma leitura e outra, mais rápido é o tempo de resposta ao processo realizado pela equipe de apoio, com base nas informações coletadas pelo sistema de monitoramento automatizado de variáveis de manufatura de produtos customizados.

A Figura 20 apresenta a leitura do cartão após o processo produtivo ser finalizado.

Figura 20 - Leitura do cartão referente ao produto LOTE3 após finalizar todo o processo produtivo

```
12:18:29.340 -> TERMINAL DE LEITURA
12:18:29.340 -> Aproxime o seu cartao do leitor...
UID do Cartao: 57 22 EE CA - Tipo do PICC: MIFARE 1KB
12:19:48.434 -> Produto: LOTE3          Tarefas: 3 Tempo Total Producao: 00:52 Tempo Maquina Ligada: 00:37
12:19:48.555 -> Tarefa: 1 Maquina: FRE001 Tempo Producao: 00:20 Tempo Ligada: 00:14 Em: 01/04/2022 Inicio: 01:58 Fim: 02:18
12:19:48.676 -> Tarefa: 2 Maquina: FRE001 Tempo Producao: 00:14 Tempo Ligada: 00:10 Em: 01/04/2022 Inicio: 03:25 Fim: 03:40
12:19:48.796 -> Tarefa: 3 Maquina: FUR005 Tempo Producao: 00:18 Tempo Ligada: 00:13 Em: 01/04/2022 Inicio: 00:03 Fim: 00:21
```

Fonte: Autor (2022).

Se pode observar as informações coletadas durante todo o processo, o número total de tarefas realizadas, o tempo total de produção do processo produtivo completo, tempo total de máquina ligada no processo produtivo completo, a sequência de tarefas realizadas, as máquinas utilizadas durante a fabricação do produto, as datas e horas em que foram realizadas cada tarefa e os tempos de produção e máquina ligada, de cada tarefa realizada.

O Quadro 2 apresenta os resultados alcançados com a implementação da prova de conceito para coleta automatizada de dados de produção.

Quadro 2 - Resultado de funcionalidades geradas como prova de conceito

Nova funcionalidade	Significância para a produção do produto
Tempo de máquina ligada em cada processo	Possibilita realizar análises de tempo gasto com preparação de máquina, ou seja, tempo de máquina parada, confrontando com o tempo em que a máquina realmente esteve produzindo (máquina ligada).
Tempo de máquina ligada total	Mesma análise realizada na linha anterior, mas analisando o processo como um todo.
Tempo de máquina disponível em cada processo	Analisa se o tempo de disponibilidade da máquina é o suficiente para realizar a tarefa, de acordo com o quadro de funcionários e volume de serviço.
Tempo de máquina disponível total	Com essa informação, é possível analisar se o quadro de funcionários é o ideal.
Sequência de processo utilizada na fabricação do produto	Possibilita verificar se o processo realizado foi satisfatório, com base no fluxo de processo previsto e localização do produto com base na última tarefa realizada.
Fluxo de processos utilizado na fabricação do produto	Análise de possíveis intempéries durante o processo produtivo, como exemplos: retrabalhos, movimentação do produto, entre outras.

Fonte: Autor (2022).

5 ANÁLISE

O sistema de monitoramento automatizado de variáveis de manufatura de produtos customizados apresentou um ganho quanto a diminuição da incidência humana no processo de monitoramento das variáveis desejadas.

No Quadro 3 é possível verificar o comparativo das funcionalidades dos apontamentos de produção, sendo que na segunda coluna é apresentada a forma de coleta de dados realizadas manualmente, através de fichas de produção. Já na terceira coluna a coleta é realizada através de um sistema automatizado.

Quadro 3 - Comparação entre o sistema manual e o sistema automatizado de monitoramento de variáveis de manufatura de produtos customizados

Parâmetro da produção	Coleta Manual	Coleta automatizada
Tempo de máquina ligada em cada processo.	Na coleta manual este parâmetro não é informado.	O tempo de máquina ligada em cada processo é informado através do cartão RFId, de forma automática.
Tempo total de máquina ligada.	Na coleta manual este parâmetro não é informado.	A informação do tempo de máquina ligada em cada processo é informada no cartão RFId.
Tempo de máquina disponível, em cada processo.	A informação é anotada manualmente pelo operador, informando hora de início e fim da tarefa na ficha.	A informação é disponibilizada de forma automatizada, sem a necessidade de anotações manuais, com dados escritos diretamente no cartão de RFId.
Tempo total de máquina disponível.	A área de apoio realiza o cálculo, com base na hora de início e fim das tarefas anotadas nas fichas.	O cálculo é disponibilizado de forma automatizada, sem necessidade de ação da área de apoio.
Sequência de processos utilizada na fabricação do produto.	A sequência de processos é realizada de forma onerosa, devido ao tempo gasto para conseguir essa informação	É informada a sequência de processos em ordem cronológica, automaticamente no posto de leitura do cartão.

Continua...

Conclusão.

Fluxo de processos na fabricação do produto	A sequência de processos é realizada pelo apontamento do operador, em cada máquina que o produto passou.	O fluxo do processo realizado na fabricação do produto é encontrado em uma única tela, de forma sequencial, exibida pela leitura do cartão RfId, que registrou de forma automática.
---	--	---

Fonte: Autor (2022).

A leitura após o processo de fabricação finalizado nos produtos LOTE1 pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 - Leitura do cartão referente ao produto LOTE1, após finalizar todo o processo produtivo

```

12:15:29.187 -> TERMINAL DE LEITURA
12:15:29.187 -> Aproxime o seu cartao do leitor...
UID do Cartao: 4A D4 20 96 - Tipo do PICC: MIFARE 1KB
12:15:42.592 -> Produto: LOTE1          Tarefas: 3 Tempo Total Producao: 01:14 Tempo Maquina Ligada: 01:00
12:15:42.728 -> Tarefa: 1 Maquina: FUR005 Tempo Producao: 00:18 Tempo Ligada: 00:10 Em: 01/04/2022 Inicio: 00:06 Fim: 00:24
12:15:42.829 -> Tarefa: 2 Maquina: FUR005 Tempo Producao: 00:21 Tempo Ligada: 00:14 Em: 01/04/2022 Inicio: 01:25 Fim: 01:47
12:15:42.929 -> Tarefa: 3 Maquina: FRE001 Tempo Producao: 00:35 Tempo Ligada: 00:26 Em: 01/04/2022 Inicio: 00:04 Fim: 00:40

```

Fonte: Autor (2022).

A leitura após o processo de fabricação finalizado no produto LOTE2 pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 - Leitura do cartão referente ao produto LOTE2, após finalizar todo o processo produtivo

```

12:15:45.039 -> TERMINAL DE LEITURA
12:15:45.039 -> Aproxime o seu cartao do leitor...
UID do Cartao: D7 B4 9F E4 - Tipo do PICC: MIFARE 1KB
12:18:27.009 -> Produto: LOTE2          Tarefas: 2 Tempo Total Producao: 00:57 Tempo Maquina Ligada: 00:34
12:18:27.129 -> Tarefa: 1 Maquina: FRE001 Tempo Producao: 00:47 Tempo Ligada: 00:28 Em: 01/04/2022 Inicio: 00:58 Fim: 01:45
12:18:27.250 -> Tarefa: 2 Maquina: FUR005 Tempo Producao: 00:10 Tempo Ligada: 00:06 Em: 00/00/0000 Inicio: 00:00 Fim: 00:00

```

Fonte: Autor (2022).

Todos os dados registrados na Tabela 1 foram retirados diretamente do monitor serial de forma aleatória, com menor incidência da interferência humana, se comparado com as informações anotadas manualmente em fichas de produção.

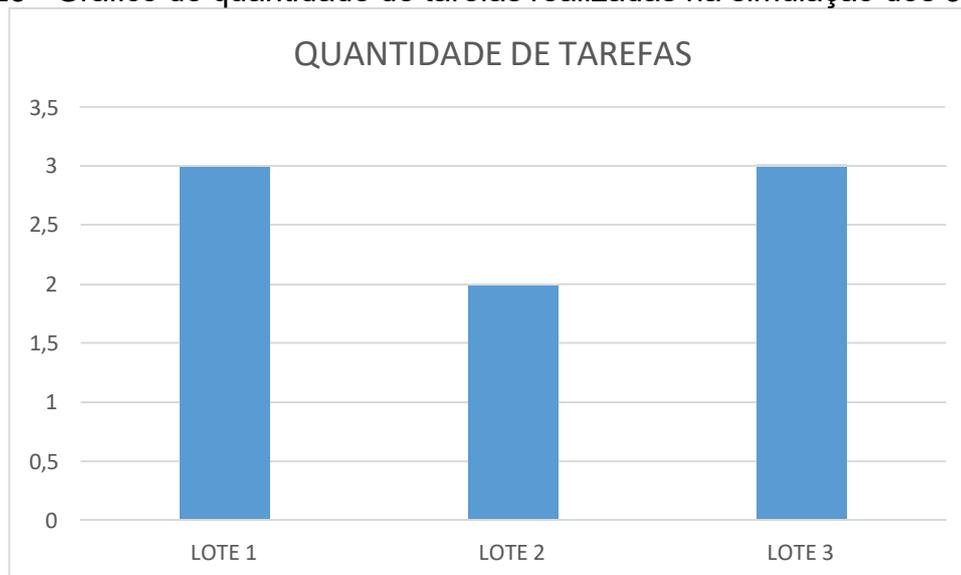
Tabela 1 - Comparativo das variáveis de manufatura lidas dos cartões utilizados nos produtos LOTE1, LOTE2 e LOTE3

Produto	Quantidade de tarefas	Tempo total de produção [hh:mm:ss]	Tempo de máquina ligada [hh:mm:ss]
LOTE 1	3	01:14:00	01:00:00
LOTE 2	2	00:57:00	00:34:00
LOTE 3	3	00:52:00	00:37:00

Fonte: Autor (2022).

Com as informações contidas na Tabela 1, foram criados os gráficos para facilitar a visualização das variáveis de produção, extraídas dos cartões Mifare, após a conclusão dos 3 processos produtivos, em que foram realizados a simulação das suas manufaturas. Na Figura 23 está representado o gráfico comparativo entre a quantidade de tarefas necessárias para a conclusão dos 3 produtos simulados.

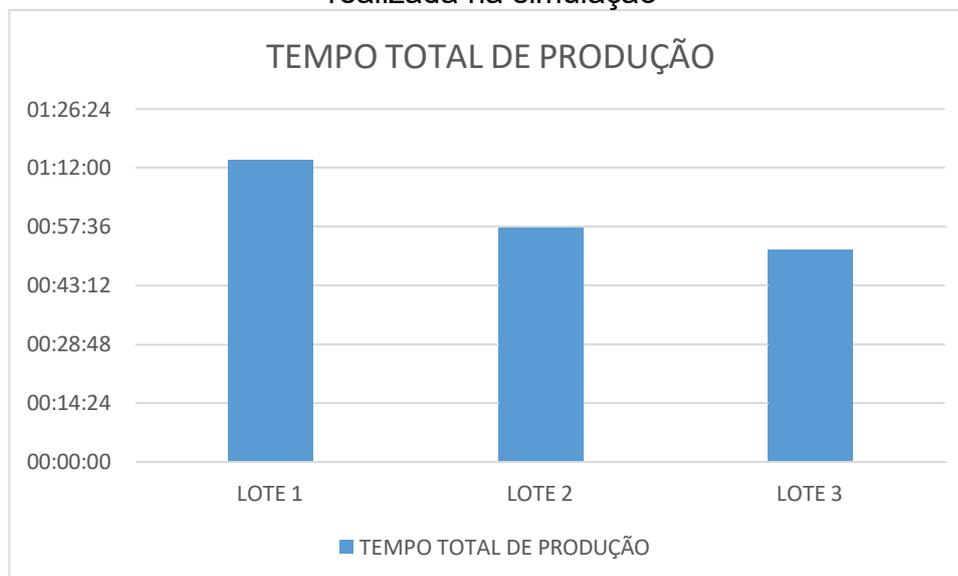
Figura 23 - Gráfico de quantidade de tarefas realizadas na simulação dos 3 produtos



Fonte: Autor (2022).

Na Figura 24 está representado o tempo total necessário para conclusão da simulação dos 3 produtos.

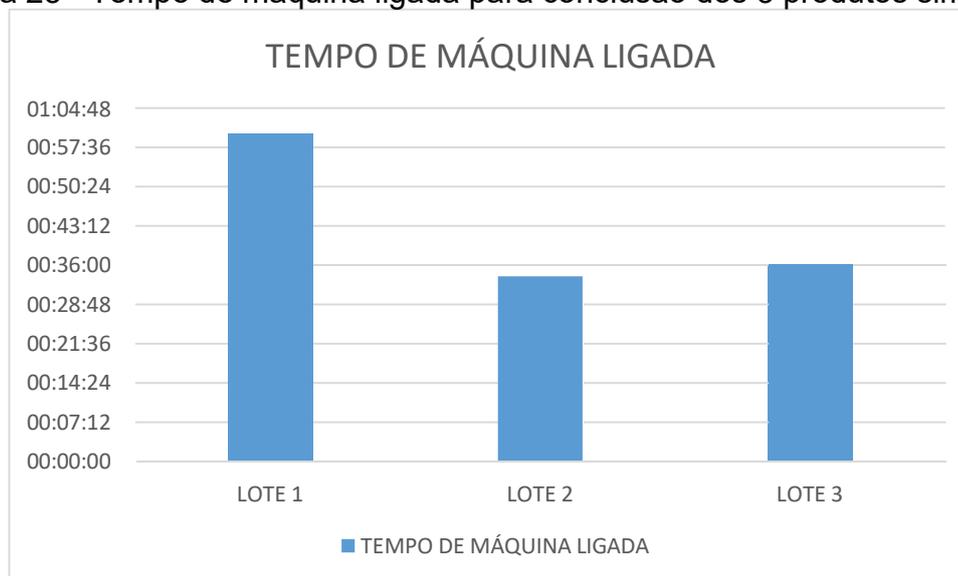
Figura 24 - Gráfico do tempo total para a simulação da fabricação dos 3 produtos realizada na simulação



Fonte: Autor (2022).

A Figura 25 representa o tempo de máquina ligada, em todas as tarefas para conclusão dos 3 produtos nas simulações realizadas.

Figura 25 - Tempo de máquina ligada para conclusão dos 3 produtos simulados



Fonte: Autor (2022).

6 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi estudado a simulação de um artefato sem obrigação de testar para a coleta de dados de produção de forma aleatória, implementando a prova de conceito e analisando seus resultados com a coleta de dados automatizada. Com os objetivos de implementar um método que possa coletar as variáveis de produção, pertinentes ao processo produtivo, para cálculo do custo de produção do produto desejado e controle de produção de uma determinada linha de fabricação simulada, composta por duas máquinas, posto de cadastramento e leitura das ordens de serviço, através da etiqueta TAG e leitor RFID.

Os resultados esperados foram atingidos, sendo capaz de realizar a coleta do tempo total de fabricação, tempo de máquina ligada, bem como a data, hora e a máquina que realizou a tarefa.

No caso de simulação do artefato para a fabricação de determinado o produto, a prova de conceito se mostrou eficiente quanto a coleta dos tempos de forma aleatória, mais autonomamente, sendo que o operador tem a necessidade de somente aproximar a etiqueta TAG do leitor, apertar o botão de máquina ligada e de fim de processo.

O operador não necessita calcular os tempos de fabricação, data, hora e máquina em que a tarefa foi executada, diminuindo suas ações para disponibilizar as informações.

Comparando com os apontamentos realizados com fichas de apontamentos manual, o apontamento realizado de forma automatizada tem a probabilidade maior de a informação chegar corretamente, diminuindo os erros comuns em uma atividade realizada por um ser humano a próprio punho, pode-se citar os erros de escrita como anotar algum número de forma equivocada ou qualquer outra informação solicitada. O que pode ter interferência na tomada de decisão, que levam em consideração estas informações.

O sistema automatizado também pode proporcionar a diminuição do tempo em que o responsável por analisar as informações leva para disponibilizá-las para a área de apoio, podendo assim estar disponível para realizar outras atividades que eventualmente possam lhe solicitar.

O estudo da prova de conceito foi realizado de forma simulada, não sendo

possível implementar em uma empresa, devido a série de restrições que a indústria impõe para divulgar seus processos e informações, muitas vezes sigilosas. Mas o sistema pode ser utilizado em diversos ramos da indústria e prestadores de serviços.

Inicialmente, além do realizado, o trabalho tinha a intensão de coletar dados de insumo demandados por operação e quantidade de energia utilizada, mas não houve tempo hábil para executar esta implementação, focando somente nos dados de tempo e fluxo de processo. Os quais já foram suficientes para evidenciar o atingimento dos objetivos propostos. Fica aqui esta proposta como possibilidade de trabalho futuro, aumentando o número de variáveis de produção a ser coletada em cada máquina.

Os conhecimentos empregados neste estudo, foram adquiridos no decorrer do curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, tendo como matérias básicas Eletrônica Digital; Microprocessadores; Metodologia Científica, entre outras matérias de suma importância no decorrer do curso, em especial Economia para Engenharia.

As considerações finais do projeto para aperfeiçoá-lo vão ao encontro com a implementação da IoT, para transformar o método de apontamento de retroativo para apontamento em tempo real, para isso as informações devem ser transmitidas para a nuvem durante a execução da tarefa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. **WHAT IS ARDUINO?** 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 02 mai. 2022.

FABRÍCIO, M. A. **MONITORAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS UTILIZANDO IOT**, 2018. Dissertação de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2018. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1059>. Acesso em: 10 de abr. 2022.

LEÃO, THIAGO. **APONTAMENTO DE PRODUÇÃO: O QUE É, QUAL O CONCEITO E COMO FAZER**: Nomus Blog Industrial. 2021. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/apontamento-de-producao/>. Acesso em: 29 de abr. 2022.

MÓDULO ELETRÔNICA, **CARTÕES RFID E O MÓDULO MFRC522**: Blog Módulo eletrônica. 2019. Disponível em: <https://blog.moduloeletronica.com.br/cartoes-rfid-e-o-modulo-mfrc522/>. Acesso em: 01 de mai. 2022.

MOLDES INJEÇÃO PLÁSTICOS, CONSIDERAÇÕES PARA TRYOUT OU PROVA PRÁTICA DE MOLDES DE INJEÇÃO. 2022, Disponível em: <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/consideracoes-para-try-out-ou-prova-pratica-de-moldes-de-injecao/>. Acesso em: 17 de mai. 2022.

MONTEIRO, Celso. **5 DIFERENÇAS ENTRE APONTAMENTOS NO CHÃO DE FABRICA E RETROATIVO**. Nomus Blog Industrial. 2021. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/5-diferencas-entre-o-apontamento-de-chao-de-fabrica-em-tempo-real-e-o-retroativo/>. Acesso em: 01 de mai. 2022.

MOURA JUNIOR, A. J. de; REIS FILHO, R. R. UM ESTUDO SOBRE GESTÃO POR PROCESSOS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 359–370, 2019. Interface Tecnológica. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/674>. Acesso em: 17 abr. 2022.

OLIVEIRA, L. K. **INTEGRAÇÃO DAS MÁQUINAS DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO PARA MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DO PROCESSO**. 2019. Monografia de especialização – Universidade tecnológica federal do Paraná. Curitiba, 2019.

ROBOCORE, **KIT RFID MFRC522**: Robocore. 2022. Disponível em: <https://www.robocore.net/rfid/kit-rfid-mfrc522>. Acesso em: 19 de abr. 2022.

SANCHES, H. B. **MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO E DA EFICIÊNCIA DE PROCESSOS DE MANUFATURA USANDO RFID E INTERNET DAS COISAS**. 2018. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Baurus, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/157236>. Acesso em: 25 de mar. 2022.

SANTOS, Frederico M. **PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO DE APONTAMENTOS DE PRODUÇÃO PARA PLATAFORMA ERP USANDO FERRAMENTAS INTEGRADORAS DE MANUFATURA EM UMA FÁBRICA DE CELULOSE**. 2020. Monografia (Especialização em Indústria 4.0). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25945/1/propostaautomatizacaoproducaoplataforma.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2022.

SILVA, B. G. de J. et al. **Confiabilidade humana**: uma abordagem atual do erro humano. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 9., 2017, São Cristóvão. Anais eletrônicos. São Cristóvão: DEPRO/UFS, 2017, p. 405-417. Disponível em: <<http://simprod.ufs.br/pagina/21037>>. Acesso em: 03 jul. 2022.

SOUZA, John Cesar; COTRIM, Syntia Lemos; LEAL, Gislaine Camila Lapasini; GOMES, Pedro, Galdamez; EDWIN, Vladimir Cardoza. **Métodos de custeio**: seleção e aplicação em uma empresa do setor metalomecânico. Revista Exacta. 2019, 17(4), 344-361.. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81066998010>. Acesso em: 20 de mar. 2022.

THOMSEN, Adilson, **O QUE É ARDUINO**: Blog Filipeflop. 2022. Disponível em: <https://blog.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 02 de mai. 2022.

VINCE TECNOLOGIA, **O que é OEE? Pra que serve? Por que medir o OEE?**: Vince Tecnologia. 2022. Disponível em: <https://www.oeec.com.br/o-que-e-oeec/>. Acesso em: 29 de mai. 2022.