



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JEFFERSON TEIXEIRA DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO
INDIVIDUAL INTELIGENTE: UM SISTEMA DE SEGURANÇA 4.0
APLICADO A UMA MÁSCARA DE SOLDA**

**SUMÉ - PB
2023**

JEFFERSON TEIXEIRA DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO
INDIVIDUAL INTELIGENTE: UM SISTEMA DE SEGURANÇA 4.0
APLICADO A UMA MÁSCARA DE SOLDA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira.

SUMÉ - PB

2023



S729d Souza, Jefferson Teixeira de.

Desenvolvimento de um equipamento de proteção individual inteligente: um sistema de segurança 4.0 aplicado a uma máscara de solda . / Jefferson Teixeira de Souza. - 2023.

43 f.

Orientador: Professor Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Segurança do trabalho. 2. Internet das coisas. 3. Indústria 4.0. 4. Sistema de segurança 4.0. 5. Equipamento de proteção individual inteligente. 6. Máscara de solda. 7. Equipamento de proteção individual. I. Pereira, Daniel Augusto de Moura. II. Título.

CDU: 331.4(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

JEFFERSON TEIXEIRA DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO
INDIVIDUAL INTELIGENTE: UM SISTEMA DE SEGURANÇA 4.0
APLICADO A UMA MÁSCARA DE SOLDA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira.
Orientador – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Rômulo Augusto Ventura Silva
Examinador I – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva.
Examinador II – UAEP/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 15 de junho de 2023.

SUMÉ - PB

Dedico o presente trabalho à Gilvânia Teixeira Lisboa, mulher que tive a honra de chamar de mãe e que hoje se encontra em um lugar especial acompanhando o resultado deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por toda sua força, me permitindo chegar até aqui.

Aos meus pilares mais fortes que são os meus familiares, Jadson Alexandre Teixeira de Souza e João Batista de Souza. Mas em especial, à Gilvânia Teixeira Lisboa, pessoa que dedico o presente trabalho.

À minha namorada, Janeide Estandeslau, por sempre acreditar nos meus projetos e sempre me prestar apoio nas horas boas ou ruins.

Aos meus professores, Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira, que me orientou e compreendeu as minhas limitações para concluir este trabalho com toda paciência e apreço, e Dr. Rômulo Augusto Ventura, por seus conhecimentos compartilhados juntamente com os auxílios para a realização deste trabalho de forma significativa. Ambos peças valiosas para a conclusão deste capítulo da minha história.

Aos meus amigos que me acompanharam em toda esta jornada, em especial a Andressa Ventura, Beatriz Oliveira, Eloisa Aquino, Gilson Silva, Júnior Henriques, Josembergue Florêncio e Gabriel de Lima, que estiveram sempre comigo, me oferecendo apoio, força e incentivo.

Por fim, agradeço imensuravelmente à Kássia Leal, minha psicóloga, por todo o carinho e por todo o trabalho que realizamos para que tudo isto pudesse acontecer.

“Entre o corte da espada e o
perfume da rosa
Sem menção honrosa, sem
massagem”

(Racionais MC's)

RESUMO

No contexto atual, é alarmante os dados de acidentes de trabalho que em uma boa parte estão relacionados a falhas em fundamentos básicos da Segurança do Trabalho. Pois, perante o uso não adequado dos EPI's no ambiente de trabalho da empresa em que foi realizado o trabalho, originou-se o desenvolvimento de um dispositivo inteligente que visa o uso obrigatório do Equipamento de Proteção por meio da agregação do conceito de Indústria 4.0 que está diretamente interligado ao conceito de *Internet of Things* (IoT). Possibilitando o desenvolvimento de um Equipamento de Proteção Inteligente (EPIN) para a soldagem. Demonstra-se então uma pesquisa de caráter experimental exploratório e de abordagem classificada como qualitativa. Diante disso, mostra-se que o sistema apresentou um desempenho satisfatório, garantindo o uso adequado do equipamento de proteção individual no processo de soldagem com eletrodo revestido. Isso ressalta a importância da iniciativa para aprimorar sua construção e processos de segurança a fim de obter cada vez mais um melhor controle em relação à saúde dos colaboradores.

Palavras-chave: Segurança do Trabalho; indústria 4.0; *Internet of Things*.

ABSTRACT

In the current context, the data on work accidents is alarming, which in a good part are related to failures in the basic fundamentals of Work Safety. Because, given the inappropriate use of PPE's in the work environment of the company where the work was carried out, the development of an intelligent device was originated, which aims at the mandatory use of Protective Equipment through the aggregation of the concept of Industry 4.0 which is directly linked to the concept of Internet of Things (IoT). Enabling the development of an Intelligent Protection Equipment (EPIN) for welding. It then demonstrates a research of exploratory experimental character and approach classified as qualitative. Therefore, it is shown that the system performed satisfactorily, ensuring the proper use of personal protective equipment in the coated electrode welding process. This underscores the importance of the initiative to improve its construction and safety processes in order to increasingly obtain better control over the health of employees.

Keywords: Work Safety; industry 4.0; Internet of Things.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do processo de soldagem com eletrodo revestido	15
Figura 2 - Divisão dos agentes químicos	20
Figura 3 - Dashboard na plataforma Blynk	34
Figura 4 - Fluxograma de funcionalidade do dispositivo	35
Figura 5 - Representação do circuito elétrico acoplado a máscara	35
Figura 6 - Representação do circuito elétrico do dispositivo de controle de alimentação	36
Figura 7 - Topologia do funcionamento do dispositivo	36
Figura 8 - Exemplo representação dos dados na plataforma Blynk durante aplicação	39

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Setor de manutenção	28
Fotografia 2 - Colaboradores do setor de manutenção em uma das filiais da rede	29
Fotografia 3 - Exemplo módulo relé	31
Fotografia 4 - Exemplo de um buzzer piezoelétrico	31
Fotografia 5 - Diodo emissor de luz (LED)	32
Fotografia 6 - Módulo KY-015 (Sensor DHT11)	32
Fotografia 7 - Módulo com sensor de gás MQ-09	33
Fotografia 8 - Micro controlador NodeMCU ESP8266 ESP-12	33
Fotografia 9 - Colaborador do setor de manutenção testando o dispositivo	37
Fotografia 10 - Colaborador utilizando o dispositivo com máquina normalmente ativa	38
Fotografia 11 - Colaborador utilizando o dispositivo após inativação da máquina	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo Geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	PROCESSO DE SOLDAGEM.....	15
2.1.1	Processo de soldagem com eletrodo revestido.....	15
2.2	SEGURANÇA DO TRABALHO.....	17
2.3	NORMAS REGULAMENTADORAS (NR'S).....	17
2.3.1	Equipamento de proteção individual (NR-6).....	18
2.3.2	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (NR-9).....	18
2.3.2.1	Riscos ocupacionais.....	19
2.3.2.2	Riscos químicos.....	19
2.3.2.3	Riscos físicos.....	20
2.3.2.4	Riscos biológicos.....	21
2.3.2.5	Riscos ergonômicos.....	21
2.3.2.6	Riscos de acidente.....	21
2.3.3	Segurança do trabalho em máquinas e equipamentos (NR-12).....	22
2.3.3.1	Dispositivos de partida, acionamento e parada.....	22
2.4	INDÚSTRIA 4.0.....	23
2.4.1	Automação.....	23
2.4.2	Internet of Things.....	23
2.5	RELAÇÃO ENTRE O CONCEITO DE INDÚSTRIA 4.0 E HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO.....	25
3	METODOLOGIA.....	26
4	RESULTADOS.....	28
4.1	ANÁLISE DAS ATIVIDADES.....	28
4.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA PRINCIPAL.....	29
4.3	DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO.....	30
4.4	APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO.....	36
4.4.1	Apresentação do dispositivo desenvolvido.....	36
4.4.2	Aplicação do dispositivo no ambiente de trabalho.....	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Conforme Oliveira (2014) e o Tribunal Superior do Trabalho, no ano de 2013 houveram o afastamento temporário de mais de 271 mil pessoas por acidente de trabalho ou doenças ocupacionais. Entretanto, observando os trabalhadores afastados por invalidez permanente e mortes, temos um somatório de mais de 17 mil trabalhadores que não puderam retornar a exercer a sua atividade seja por acidente de trabalho ou até mesmo por doenças ocupacionais advindas da atividade realizada no ambiente produtivo.

Perante dados do Instituto Nacional do Seguro Social de 2021, dos 571,8 mil acidentes de trabalhos devidamente registrados, 1303 ocorrências de acidentes são devidos ao processo de soldagem ou correlacionados (BRASIL, 2021).

O Equipamento de Proteção Individual (EPI) é fundamental no ambiente de trabalho como forma de prevenção básica de acidentes pois, os EPI's são responsáveis por minimizar ou inibir os riscos no ambiente de trabalho e conseqüentemente prevenindo acidentes ou até mesmo prevenindo que tais acidentes tomem conseqüências mais severas ao colaborador durante a realização da sua atividade (BRASIL, 2021).

Para Koch (2014), temos a aplicação da quarta revolução industrial que é mais conhecida como indústria 4.0, composta pela aplicação e desenvolvimento de métodos, produtos e processos mais ágeis e customizados tanto para problemas já existentes, mas também, na inovação na solução destes problemas por meio do uso de novas tecnologias .

Ou seja, a tecnologia presente atualmente (podemos citar a *Internet of Things*, a mais conhecida como IoT) nos possibilita a criação de sistemas cada vez mais autônomos, que impliquem na menor intervenção humana e, conseqüentemente, sistemas mais precisos e mais ágeis. Pois, tais sistemas terão a presença de sensores e robôs que visam sempre a independência operacional, a comunicação por meio da constante troca de informação, para que assim, se tenha por conseqüência a otimização do processo em que tal dispositivo ou sistema esteja inserido.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo inteligente direcionado para o processo de soldagem com eletrodo revestido, e a exposição dos resultados obtidos no desenvolvimento de tal dispositivo que visa a segurança e otimização do processo produtivo de soldagem.

1.1 JUSTIFICATIVA

Observa-se que, notoriamente, o uso de novas tecnologias em processos produtivos de soldagem como um todo é extremamente baixa (sem contar com o não cumprimento de determinados padrões estabelecidos para a realização de tal atividade). Com isto, a criação e aplicação de um dispositivo que conta com principais características o baixo custo, o monitoramento do uso do maquinário e a função da obrigatoriedade do uso do EPI de maior importância no processo de soldagem que é a máscara de soldagem. Além disso, também pode promover a geração de dados úteis para a gerência a respeito da saúde do colaborador.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um dispositivo de segurança inteligente direcionado para o processo de soldagem em uma empresa objeto de estudo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Efetuar estudos a respeito da atividade de soldagem com eletrodo revestido;
- Analisar e identificar o problema crítico no que diz respeito a segurança do trabalho dentre processo de soldagem da empresa;
- Desenvolver o dispositivo inteligente perante os principais riscos identificados no processo de soldagem;
- Aplicação prática do dispositivo desenvolvido em ambiente real.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

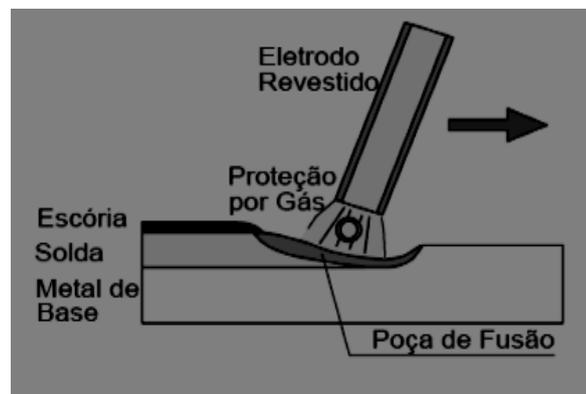
2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM

A American Society for Testing and Materials (ASTM) define a soldagem como o processo onde ocorre a união (coalescência) entre materiais metais e não metais decorrente ao aquecimento até uma determinada temperatura com a utilização ou não de um material de adição (MARQUES, 2007). Tem-se também que o processo de soldagem pode ocorrer com o intuito do depósito de materiais sobre uma superfície visando a recuperação e/ou proteção contra o desgaste. Por tanto, de forma geral, o processo de soldagem é baseado na união de materiais de natureza químicas similares e esta união é atuante no interior dos materiais envolvidos.

2.1.1 Processo de soldagem com eletrodo revestido

Segundo Marques (2007), o processo de soldagem com eletrodo revestido, que também é conhecido como SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), é o processo em que ocorre a coalescência dos metais envolvidos decorrente do aquecimento advindo de um arco voltaico envolvendo o eletrodo e a peça base. Para que ocorra este processo, precisa-se de um equipamento (máquina de solda) que conta com o porta eletrodo, cabos de energia e o eletrodo revestido. Tal eletrodo tem o seu formato de vareta e é composto pela alma (núcleo metálico onde ocorre a condução da corrente elétrica) revestida por uma camada de componentes químicos que gera gases e a escória que são os responsáveis por proteger e evitar possíveis influências da atmosfera na superfície em que esteja sendo depositado o material final do processo de soldagem (poça de fusão). Segue, abaixo, a representação do processo (Figura 1).

Figura 1 - Representação do processo de soldagem com eletrodo revestido



Fonte: MARQUES, 2007.

2.2 SEGURANÇA DO TRABALHO

Na literatura temos os mais variados conceitos para a segurança do trabalho, para Diniz (2002), a segurança do trabalho é formada por determinados conjuntos de ações administrativas, técnicas, legais, médicas e educacionais que portam uma característica multidisciplinar na utilização da prevenção de doenças ocupacionais e acidentes em um ambiente de trabalho.

Ainda temos que a segurança no trabalho implica na aplicação de um conjunto de medidas que se apoiam nas normas técnicas que, por sua vez, são adjuntas das medidas médicas e psicológicas para que se tenha o direcionamento da prevenção de acidentes de trabalho na realização das atividades produtivas. Além disso, estas medidas não visam apenas ditar o que pode ser feito ou não, mas sim, educar os envolvidos no processo produtivo, as técnicas e procedimentos direcionados para a prevenção de acidentes, e até mesmo a minimização de condições que possam comprometer a segurança no ambiente de trabalho (VIEIRA, 2005).

2.3 NORMAS REGULAMENTADORAS (NR'S)

De acordo com a Portaria nº3.214, o Ministério do Trabalho aprovou as vinte e oito Normas Regulamentadoras contidas no Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho onde estabelece direitos e deveres a serem cumpridos por trabalhadores e empregadores a fim de assegurar a prevenção de doenças e acidentes de trabalho (BRASIL, 1978).

Observando a segurança e saúde de trabalhadores que realizam serviços laborais em setores econômicos mais específicos, agregaram-se as Normas Regulamentadoras já criadas na Portaria de nº3.214, a revisão das normas já criadas e também a elaboração de novas normas que agregassem a tais setores de forma específicas. Contudo, adotando o sistema tripartite paritário, acompanhado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e comissões governamentais, criou-se mais dez Normas Regulamentadoras que estão vigentes nos dias de hoje (BRASIL, 2020).

A seguir, apresenta-se a relação das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, conforme Brasil (2020):

- NR-01: Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais;
- NR-02: Inspeção prévia;
- NR-03: Embargo ou interdição;

- NR-04: Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT);
- NR-05: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) ;
- NR-06: Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- NR-07: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO);
- NR-08: Edificações;
- NR-09: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA);
- NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
- NR-11: Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais;
- NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos;
- NR-13: Caldeiras, vasos de pressão e tubulações e tanques metálicos de armazenamento;
- NR-14: Fornos;
- NR-15: Atividades e Operações Insalubres;
- NR-16: Atividades e Operações Perigosas;
- NR-17: Ergonomia;
- NR-18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção;
- NR-19: Explosivos;
- NR-20: Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis;
- NR-21: Trabalhos a céu aberto;
- NR-22: Segurança e saúde ocupacional na mineração;
- NR-23: Proteção contra incêndios;
- NR-24: Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho;
- NR-25: Resíduos industriais;
- NR-26: Sinalização de segurança;
- NR-27: Registro profissional do Técnico de Segurança no Trabalho no Ministério do Trabalho e Emprego;
- NR-28: Fiscalização e Penalidades;
- NR-29: Norma Regulamentadora de Segurança e saúde no trabalho portuário;
- NR-30: Segurança e saúde no trabalho aquaviário;
- NR-31: Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura;
- NR-32: Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde;

- NR-33: Segurança e saúde no trabalho em espaços confinados;
- NR-34: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, reparação e desmonte naval;
- NR-35: Trabalho em altura;
- NR-36: Segurança e saúde no trabalho em empresas de abate e processamento de carnes e derivados.
- NR-37: Segurança e saúde em plataformas de petróleo;
- NR-38: Segurança e saúde no trabalho nas atividades de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

2.3.1 Equipamento de proteção individual (NR-6)

A norma regulamentadora número 6 é classificada como uma norma especial, tal Nr é responsável por regulamentar o uso de EPI's, fornecimento e qualidade dos mesmos, pois não basta apenas ter um EPI, se faz necessário que esse tenha certificação oficial de qualidade e proteção regulamentada pelas portarias do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2020).

De acordo com a NR-06, em seu artigo 6.3, equipamento de proteção individual, o EPI, é todo dispositivo que é usado pelo trabalhador com finalidade da proteção da sua integridade física e diminuição de riscos de acidentes relacionados ao trabalho. Para regulamentar esses equipamentos se fez necessária a criação de normas que visam adequar cada tipo de EPI para um trabalho específico (BRASIL, 1978).

2.3.2 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (NR-9)

Conforme Viana e Silva (2021), a NR-09 é uma norma regulamentadora que tem como objetivo principal prevenir os riscos ambientais presentes nos ambientes de trabalho, garantindo assim a segurança e a saúde dos trabalhadores. Esta norma estabelece as diretrizes para identificação, avaliação e controle dos riscos ambientais (riscos ocupacionais), tais como ruído, calor, radiação ionizante, entre outros. Além disso, a NR-09 exige que as empresas implementem medidas preventivas e corretivas para eliminar ou minimizar os riscos identificados. É importante ressaltar que o descumprimento da NR-09 pode acarretar em sanções e multas às empresas, além de colocar em risco a saúde e a segurança dos trabalhadores.

2.3.2.1 Riscos ocupacionais

De acordo com (SESMO, 2019), os riscos ocupacionais são os perigos aos quais os trabalhadores estão expostos em seu ambiente de trabalho. Logo, qualquer circunstância que ofereça algum tipo de risco à saúde e ao bem estar do trabalhador, é caracterizada como um risco ocupacional.

No entanto, para que os agentes nocivos presentes no ambiente de trabalho sejam considerados de risco os mesmos devem estar acima dos limites de tolerância estabelecidos. Nesse sentido, esses riscos ocupacionais são classificados pela NR-9 e estão divididos em cinco tipos de riscos: químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e de acidente (SESMO, 2019).

De acordo com a NR-9 no artigo 9.1.5, consideram-se riscos ambientais aqueles causados por agentes físicos, químicos e biológicos capazes de prejudicar a saúde do trabalhador em função de sua natureza, concentração e tempo de exposição. Em relação à natureza do agente, diz respeito à essência física, química ou biológica (BRASIL, 1978).

A concentração é o grau de presença do determinado elemento podendo ser prejudicial à saúde humana. A intensidade é a capacidade de causar efeitos (temperaturas baixas e altas produzem danos) e exposição é a submissão do trabalhador às suas consequências (BRASIL, 1978).

2.3.2.2 Riscos químicos

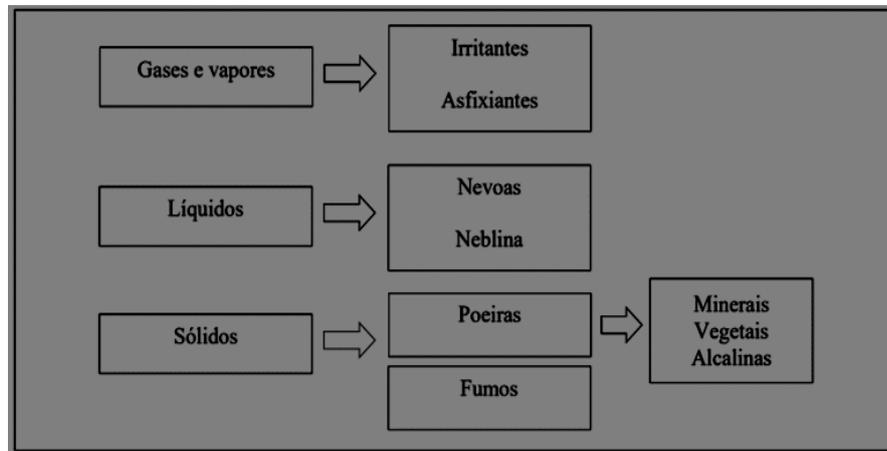
Para Vendrame (2008), agentes químicos são substâncias com capacidade de contaminação do ambiente de trabalho e de penetração no organismo pelas vias respiratórias; ou que venham entrar contato com a pele e possam ser absorvidos ou ingeridos.

Segundo a Norma Regulamentadora 9 (NR – 9: Programa de prevenção de riscos ambientais ou PPRA) do Ministério do Trabalho, agente químico se define como componente químico (substância) capaz de adentrar ao organismo humano por via respiratória, por contato com a pele ou até mesmo ingestão. Por exemplo, poeiras, fumos, neblinas, névoas, vapores e gases (BRASIL, 1978).

No âmbito das Normas Regulamentadoras, os riscos químicos são tratados pela NR 15 como atividade e operações insalubres, considerando que essa atividade está acima do limite de tolerância dos agentes (BRASIL, 1990). Esses riscos são objetos do PPRA, visando a preservação e integridade da saúde dos trabalhadores e controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham ocorrer no ambiente de trabalho (BRASIL, 1978). Na

NR-9 os agentes químicos são divididos conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Divisão dos agentes químicos



Fonte: Araújo (2017).

De acordo com Goelzer (2017), é feito um relevante alerta acerca dos agentes químicos, com a inferência de que tais agentes são responsáveis por causar sérias repercussões na saúde dos trabalhadores, tais como:

Intoxicações sistêmicas agudas e crônicas (exemplos de “alvos”: sangue, órgãos formadores de sangue, fígado, rins, sistema nervoso central e periférico), asfixia (simples ou química), irritação do aparelho respiratório (localização do efeito dependendo da solubilidade do agente), pneumonites químicas, doenças pulmonares (inclusive asma), câncer, alergias (pele, aparelho respiratório), dermatoses, efeitos na reprodução humana (genéticos, aberração de cromossomos, embriotóxicos, teratogênicos).

É de extrema importância dedicar uma atenção especial e cuidadosa aos riscos apresentados pelos agentes químicos, que se destacam por serem nocivos e altamente reativos.

2.3.2.3 Riscos físicos

De acordo com Brasil (1997), consideram-se riscos físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores tais como, ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, como o infrassom e ultrassom.

Goelzer (2017 p. 4) alerta que a exposição a fatores de riscos relacionados a agentes físicos causam “perdas auditivas (ruído), hipertermia, síncope ou câimbras (calor), catarata (radiação infravermelha), câncer (radiação ionizante) e efeitos na reprodução humana”.

2.3.2.4 Riscos biológicos

Risco biológico se trata da possibilidade de um trabalhador entrar em contato com algum agente biológico patogênico. Os principais danos à saúde dos trabalhadores, comumente, presentes nos ambientes de trabalho (hospitais, laboratórios clínicos, fazendas, canteiros de obras, entre outros), são causados por agentes biológicos tais como vírus, bactérias, fungos e protozoários (TEODORO, 2020).

2.3.2.5 Riscos ergonômicos

Risco ergonômico é todo fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou afetando sua saúde. São exemplos de risco ergonômicos levantamento de peso, ritmo excessivo de trabalho, monotonia, repetitividade, postura inadequada de trabalho (SIMAGRAN, 2007).

Segundo FIOCRUZ (1998), os riscos ergonômicos podem gerar distúrbios psicológicos e fisiológicos, além de provocar sérios danos à saúde do trabalhador porque produzem alterações no organismo e estado emocional, fazendo com que haja o comprometimento da sua produtividade, saúde e segurança.

É necessário um ajuste entre as condições de trabalho e o homem sob os aspectos de praticidade, conforto físico e psíquico para evitar que estes riscos comprometam as atividades e a saúde do trabalhador. Nesse sentido, devem ser buscadas formas de melhorias no processo de trabalho, melhores condições no local de trabalho, modernização de máquinas e equipamentos, melhoria no relacionamento entre as pessoas, alteração no ritmo de trabalho, ferramentas adequadas, postura adequada, etc (FIOCRUZ, 1998).

2.3.2.6 Riscos de acidente

Os riscos de acidentes são muito diversificados e estão presentes no arranjo físico inadequado, pisos pouco resistentes ou irregulares, material ou matéria-prima fora de especificação, utilização de máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas impróprias ou defeituosas, iluminação excessiva ou insuficiente, instalações elétricas defeituosas, probabilidade de incêndio ou explosão, armazenamento inadequado, animais peçonhentos e outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes (BVS, 2016).

2.3.3 Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (NR-12)

De acordo com a Norma Regulamentadora 12 (NR-12), a qual define as referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores, é necessário seguir requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e utilização de máquinas e equipamentos, além da fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título em todas as atividades econômicas. A NR-12 não deve ser observada isoladamente, mas sim em conjunto com as demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214/1978 (BRASIL, 1978).

Segundo MORAES (2014), a operação de máquinas em si já é perigosa e necessita de todo cuidado e proteção. Este tipo de cuidado deve ser redobrado quando na operação são utilizadas máquinas e equipamentos considerados obsoletos, pois quanto mais obsoleto, maior é o risco de ocasionar algum problema ou causar acidentes. Esse estado da máquina ou equipamento interfere diretamente na produtividade da operação, tem-se dados que mostram que cerca de 25% dos acidentes que acontecem são causados pela falta ou pela má aplicação de normas de segurança relacionados a esses equipamentos.

2.3.3.1 Dispositivos de partida, acionamento e parada

Na NR-12 (BRASIL, 1978), temos a disposição de aparatos que visam a segurança do trabalhador na utilização de máquinas no ambiente de trabalho (tópico 12.4). e forma mais precisa, os dispositivos de partida, acionamento e parada. Onde devem ser selecionados, projetados e aplicados no maquinário de forma que:

- a) Não estejam alocados em zonas de perigos;
- b) Tais dispositivos disponham fácil acesso a fim de serem acionados ou desligados em situações de emergências por uma outra pessoa que não seja o operador da máquina;
- c) Que tal ou tais dispositivos impeçam o acionamento ou desligamento do maquinário de forma involuntária ou por terceiros de forma acidental;
- d) Não ofereçam ou acarretem em riscos adicionais a que o maquinário já possa ter;
- e) Que este dispositivo impeça ou dificulte ao máximo que alguém ou algo o burle.
- f) E por fim, que os comandos de partida ou acionamento do maquinário possam ter um dispositivo que impeçam o funcionamento direto do maquinário assim que energizado.

2.4 INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial, é um conceito que se baseia em inovações tecnológicas no campo da automação, controle e tecnologia da informação aplicadas aos processos de manufatura. Esse conceito abrange Sistemas Cyber-Físicos, Internet das Coisas (Iot) e Internet dos Serviços (integração dos serviços), que possibilitam maior eficiência, autonomia e customização nos processos de produção. De acordo com esta perspectiva, as fábricas inteligentes são capazes de promover mudanças significativas na forma como os produtos são manufaturados, gerando impactos em diversos setores do mercado afim de sempre proporcionar uma maior interação e otimização dos processos produtivos e, além disto, a formulação e geração de dados obtidos por meio dos mais variados sensores que podem ser aplicados e integrados a dispositivos e maquinários inseridos em um processo produtivo (SILVEIRA, 2017).

2.4.1 Automação

Segundo GROOVER (2016), o termo "automação" teve origem na indústria automobilística, quando um gerente de engenharia da Ford o cunhou em 1946 para descrever os dispositivos de transferência automática usados em suas linhas de produção. Desde então, a automação se tornou uma tecnologia fundamental em muitos setores, visando melhorar a eficiência, a segurança e a precisão em várias operações.

A automação é uma tecnologia que tem como objetivo aprimorar a eficiência e segurança das operações por meio da aplicação de conceitos de mecânica, eletrônica e sistemas baseados em computadores. Ela permite que algumas funções sejam executadas ou auxiliadas por máquinas e equipamentos, reduzindo o tempo e o esforço humano na realização de tarefas repetitivas e aumentando a precisão e qualidade dos resultados. (GROOVER, 2016)

2.4.2 Internet of Things

A Internet das Coisas se dá pela tradução literal do termo vindo do inglês *Internet of Things*, ou podendo ser representado pela sigla IoT. Este conceito surgiu com as melhorias em áreas como sistemas embarcados, sensoriamento e microeletrônica, interligando equipamentos das rotinas diárias que estarão conectados na internet realizando a comunicação entre eles. Ou seja, a Internet das Coisas é algo que obtemos quando conectamos as coisas, não operadas por seres humanos, à Internet (WAHER, 2015).

Ainda temos que IoT é a interação dinâmica dos objetos como sensores entre outros dispositivos que interagem com os humanos. E, de fato, a tecnologia que pode chegar a sua totalidade não necessitarão da intervenção humana direta para deixar os dispositivos mais autônomos e mais inteligentes. Assim ressalta Valente (2011):

A Internet das Coisas é um paradigma que tem como objetivo criar uma ponte entre acontecimentos do mundo real e as suas representações no mundo digital. O objetivo é integrar o estado das Coisas que constituem o nosso mundo em aplicações de *software*, beneficiando do contexto onde estão instaladas.

A fim de resumir o conceito da infraestrutura da IoT, temos o modelo proposto por Jesus Junior e Moreno (2016) onde se expressam três perspectivas e seus devidos conceitos: Rede de Sensores (camada de percepção e rede), *middleware* e computação em nuvem (camada de aplicação e negócio).

A rede de sensores sem fio pode ser composta por uma grande quantidade de sensores distribuídos em um ambiente físico sem a necessidade de uma infraestrutura física permanente. Cada sensor é responsável por monitorar o ambiente e coletar dados para serem processados localmente, se possível, antes de serem transmitidos por meio de comunicação sem fio a um ou mais pontos de coleta. Essa tecnologia tem sido amplamente utilizada em diversas áreas, como em sistemas de segurança, monitoramento ambiental, controle de tráfego e saúde, entre outras. (DWIVEDI; VYAS, 2011).

O *middleware* é um *software* que atua como uma camada intermediária entre o sistema operacional e os aplicativos, permitindo a comunicação e o gerenciamento de dados para aplicativos distribuídos. Essa camada é frequentemente comparada a um "cano", pois conecta dois aplicativos, permitindo o transporte fácil de dados e bancos de dados. O uso do *middleware* é essencial para permitir que os usuários executem diversas solicitações, como enviar formulários em um navegador da Web ou permitir que um servidor Web apresente páginas dinâmicas com base no perfil do usuário. O *middleware* pode ser implementado em diferentes arquiteturas de sistemas distribuídos, como em arquiteturas cliente-servidor ou em sistemas de computação em nuvem, permitindo que aplicativos distribuídos se comuniquem de forma eficiente e segura. (MICROSOFT, 2022).

A Computação em nuvem é uma tecnologia que permite acesso conveniente e sob demanda a um conjunto de recursos computacionais configuráveis, como redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços. Esses recursos podem ser rapidamente obtidos e liberados com um mínimo de esforço gerencial ou interação com o provedor de serviços. A computação em nuvem tem sido amplamente utilizada em diversas áreas, desde o

armazenamento de dados até o processamento de aplicações complexas, tornando-se uma ferramenta fundamental para muitas empresas e organizações. Além disso, a computação em nuvem oferece diversos benefícios, como redução de custos, escalabilidade e flexibilidade, permitindo que as empresas se concentrem em suas principais atividades e melhorem sua eficiência operacional. (RUSCHEL; ZANOTTO; MOTA, 2010).

2.5 RELAÇÃO ENTRE O CONCEITO DE INDÚSTRIA 4.0 E HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Nos últimos anos, presenciamos avanços significativos na aplicação de tecnologias que estão diretamente ligadas ao conceito da Indústria 4.0 e conseqüentemente IoT, possibilitando melhorias substanciais no campo da segurança. Essas tecnologias têm desencadeado um impacto profundo por meio da coleta e análise automatizada de dados, resultando na criação de uma nova gama de aplicativos voltados para o uso inteligente dessas informações. Esses avanços são impulsionados pelo constante aprimoramento de sensores de hardware e dispositivos de aprendizado, que desempenham um papel fundamental nesse contexto. Dentre as inúmeras tecnologias emergentes, vale ressaltar o uso cada vez mais frequente das redes de sensores, que permitem uma coleta precisa e em tempo real de dados relevantes para a segurança. Essas tecnologias têm o potencial de revolucionar a forma como abordamos a segurança no ambiente de trabalho e além dele, proporcionando um futuro mais seguro e eficiente para os profissionais em diversas áreas (FERNÁNDEZ et al., 2020).

3 METODOLOGIA

O trabalho conta com a pesquisa de caráter experimental exploratória. Pois, acolheu-se um certo aparato como objeto de estudo e sobre ele foram aplicados determinados conhecimentos e ferramentas para a melhoria do mesmo. Quanto à abordagem, a pesquisa é classificada como de abordagem qualitativa, tendo em vista a relação de situações que possam ser reais como as situações advindas da aplicação do estudo.

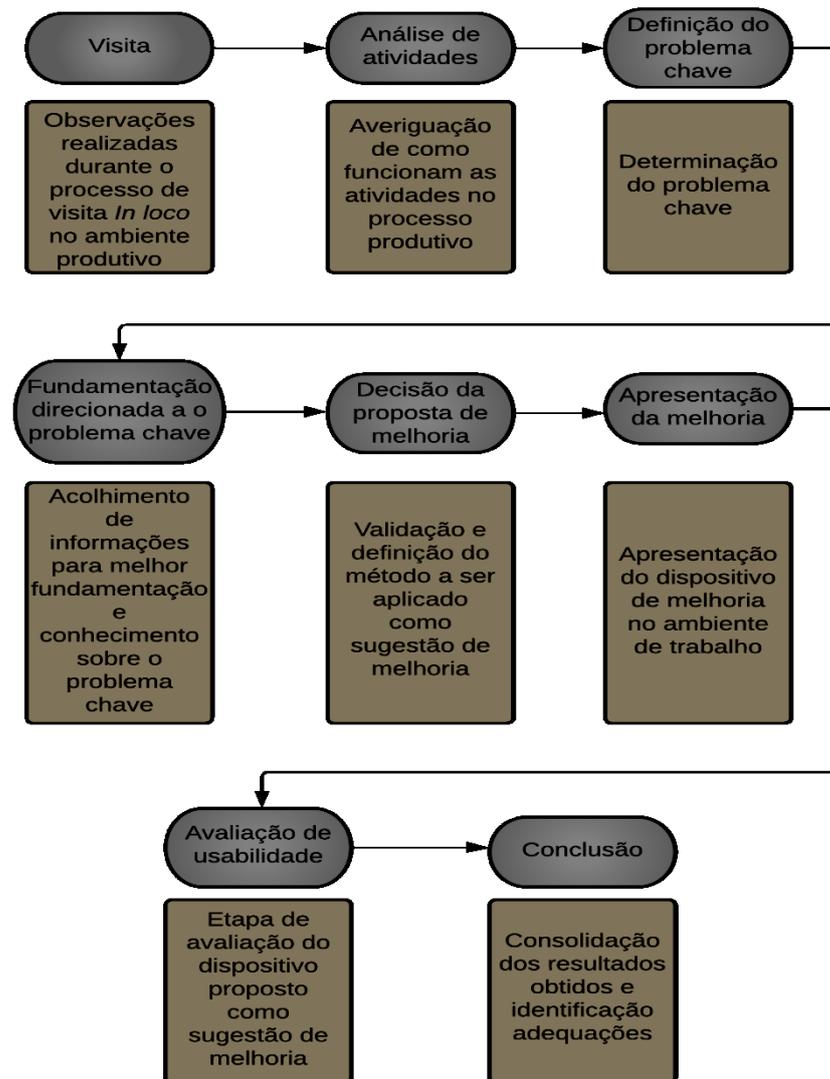
Este estudo foi motivado por observações feitas em uma empresa de soldagem com eletrodo revestido localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba. Essas observações foram feitas por meio de visitas in loco, durante as quais foram coletadas informações diretamente dos colaboradores e também por meio de observações diretas. Essas experiências no ambiente de trabalho serviram como estímulo para o desenvolvimento deste trabalho.

Além disso, foi utilizada a aplicação de formulários com os colaboradores para recolhimento de *feedbacks* do setor em que eles estão inseridos e as atividades que a eles são direcionadas (*feedbacks* tanto por parte da atividade realizada quanto do uso do dispositivo aplicado). Pois, a empresa conta com um sistema já definido de fluxo destas atividades no que diz respeito a o setor de manutenção. Onde tem-se um responsável por receber a demanda e direcionar o time de manutenção para a realização de tal atividade como ordem de serviço.

Com isto, o direcionamento e definições das funções e componentes que estariam interligados ao dispositivo. Que neste caso, se dar pelo processo de criação de um dispositivo que será acoplado a uma máscara de solda, agregando a ela determinadas funções (temperatura do operador e sistema de alerta de uso, por exemplo).

Pois, um dos pontos mais notados e citados até mesmo pelos próprios colaboradores, seria o não uso ou até mesmo o uso inadequado dos equipamentos de proteção. Onde neste setor já se tem um histórico de acidentes e afastamentos de colaboradores em decorrência de acidentes na atividade de soldagem.

Fluxograma 1 - Fluxo metodológico



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

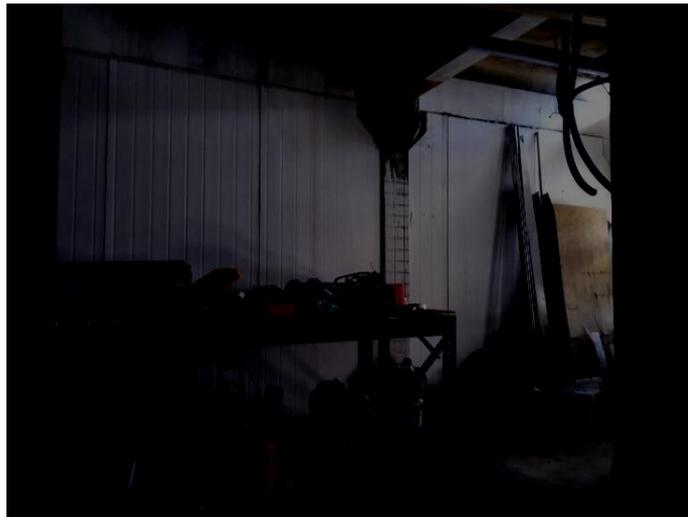
4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DAS ATIVIDADES

Durante a visita *In loco*, observou-se o funcionamento do processo produtivo de todo o supermercado. A loja visitada conta com o setor de exposição e venda, depósito, setor fiscal, financeiro e comercial, porém, ambos compartilham de um mesmo setor de manutenção (Fotografia 1) não só para a loja visitada mas sim, para todas as lojas da rede de supermercados.

Durante as visitas, observou-se que um dos serviços mais requisitados no setor de manutenção é o serviço de soldagem e que a alta destes requerimentos é notória devido ao o processo de manutenção que estaria ocorrendo no presente momento na loja visitada.

Fotografia 1 - Setor de manutenção



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Para tanto, em casos da necessidade de manutenção em qualquer uma das lojas ou setores, inicialmente, alguém precisaria sinalizar para a responsável pelo setor para que ela chegasse a contactar o colaborador responsável por um determinado serviço (tem-se pessoas definidas para cada tipo de área de manutenção a ser realizada).

Após o requerimento do serviço de manutenção e sinalização para o colaborador especializado no serviço de manutenção, lhe passam as instruções a respeito da atividade a ser realizada. Em caso de ser na mesma loja, o colaborador apenas vai ao setor de manutenção onde ficam alocadas todas as ferramentas e maquinários destinados a tal tipo de serviço (inclusive EPI's) e conseqüentemente decide-se ou não se os aparatos irão até o setor de requerimento, ou se será realizado algum transporte para o próprio setor de manutenção. Assim como mostra a

Fotografia 2.

Fotografia 2 - Colaboradores do setor de manutenção em uma das filiais da rede



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Caso tal chamado seja em outra loja, o colaborador precisa requerer um transporte da empresa para realizar a locomoção de todas as ferramentas que ele precisaria para realizar a manutenção em outro ambiente. Neste caso, a pessoa que já recebe o chamado define e passa para o colaborador todas as instruções de forma geral da atividade.

Após a realização da atividade, seja ela interna ou externa da loja visitada (loja cede), se é alocado de volta todo o material para o setor de manutenção e assim finalizando a demanda geral de manutenção. Mas, em sua maioria, não há o controle e uso dos equipamentos de proteção individual.

4.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA PRINCIPAL

Dentre a operação da atividade geral do setor de manutenção, um dos mais requisitados é o processo que envolve a soldagem com eletrodo revestido. Contudo, é o setor onde, segundo a direção da empresa, se apresenta o maior número de afastamentos por acidentes e doenças ocupacionais. Onde se é notório e crítico o não cumprimento do uso do equipamento de proteção individual durante a realização de tal atividade (não por falta do equipamento de proteção) pois, durante as visitas dentro do próprio ambiente de trabalho, observou-se algumas situações onde ocorrem atos inseguros gerando o risco tanto de acidentes, quanto a exposição a agentes que podem ocasionar em complicações para a saúde do colaborador.

Em conversa com os colaboradores e com a gerência da empresa, viu-se que os equipamentos de proteção são oferecidos para os colaboradores e que se é realizada uma validação em um determinado tempo para a troca dos mesmos (trocar por deterioração ou até mesmo por tempo de uso hábil). Mas, mesmo assim, alguns destes colaboradores tentavam burlar e forçar o não uso do equipamento de proteção, muitas vezes por falta de cobrança do não uso e até mesmo por não se sentir confortável durante o uso em suas atividades.

Já era um desejo da empresa como um todo a necessidade do acompanhamento destes colaboradores por certos fatores. Tanto a fim de garantir a segurança destes colaboradores (como ferramenta de uso obrigatório do equipamento de proteção), quanto no monitoramento e consumo das máquinas de solda utilizadas nas atividades de manutenção da empresa, mas, que a empresa ainda não tinha tido acesso a um recurso de tal natureza.

Optou-se pela aplicação de um sistema atrelado a um dos equipamentos de proteção individual onde se teria em tempo real algumas informações de uso dos colaboradores por acesso remoto e validação das situações ocorridas no ambiente de trabalho. Além disto, o dispositivo contaria com um sistema onde o colaborador (usuário) teria por obrigação estar devidamente utilizando a máscara para que o dispositivo libere a máquina de solda para uso.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

Dos pontos analisados dentre a problemática, o que mais se destaca foi o não uso do equipamento de proteção individual durante as atividades, mesmo a empresa disponibilizando e sinalizando o uso dos equipamentos de proteção. Assim, optou-se pela criação de um dispositivo automatizado onde realizasse o controle do uso do equipamento juntamente com o equipamento de proteção. Neste caso, atuou-se na atividade mais crítica que seria a de soldagem com eletrodo revestido em que o dispositivo desenvolvido seria agregado a uma máscara de soldagem e interligado com a própria máquina de solda.

O primeiro componente a ser inserido neste dispositivo foi o módulo relé (Fotografia 3). Que funciona com o dispositivo de partida e de parada.

Fotografia 3 - Exemplo módulo relé



Fonte: Filipeflop (2020).

O funcionamento do módulo relé se dá pelo chaveamento do componente que a ele esteja conectado em suas saídas como um interruptor de uma lâmpada. Acionando ou cortando a corrente que por ele passa. Neste caso, este é o componente capaz de controlar o funcionamento do maquinário.

Em seguida agregou-se um *buzzer* piezoelétrico (Fotografia 4) que é um componente capaz de emitir sinais sonoros por meio de impulsos elétricos. O *buzzer* piezoelétrico é o responsável por alertar por meio de um sinal sonoro.

Fotografia 4 - Exemplo de um buzzer piezoelétrico



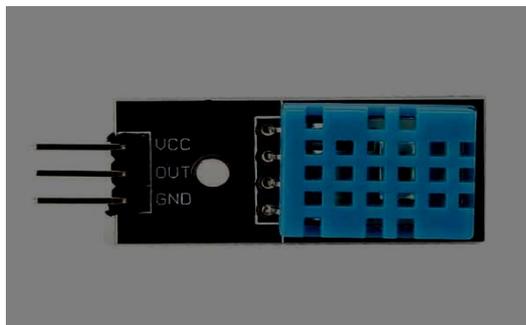
Fonte: Filipeflop (2020).

Para além do alerta sonoro, optou-se por aplicar um LED (Fotografia 5). Onde no ambiente interno do EPI se terá tal alerta a fim de garantir o recebimento da mensagem de alerta para o usuário.

Fotografia 5 - Diodo emissor de luz (LED)

Fonte: Filipeflop (2020).

Agregou-se ainda o módulo KY-015 que conta com um sensor DHT11 (segue demonstrativo na Fotografia 6). Tal módulo é capaz de realizar a leitura da temperatura e umidade sendo responsável por medir essas variáveis próximo ao usuário do equipamento.

Fotografia 6 - Módulo KY-015 (Sensor DHT11)

Fonte: Filipeflop (2019).

Podendo realizar leituras de 0 °C a 50 °C e umidade relativa (UR) de 20% a 90%. Como mostra o Quadro 1 com os dados retirados do *datasheet* do sensor DHT11.

Quadro 1 - Especificações do sensor DHT11

Módulo KY-015 (Sensor DHT11)	
Faixa de medição de umidade	20 a 90% UR
Faixa de medição de temperatura	0° a 50°C
Alimentação	3-5VDC (5,5VDC máximo)
Precisão de umidade de medição	± 5,0% UR
Precisão de medição de temperatura	± 2.0 °C
Tempo de resposta	2s

Fonte: DHT11 datasheet (2020).

Para a identificação da exposição a fumos e gases advindos do processo de soldagem, aplicou-se o uso de um módulo com o sensor MQ-09 (segue demonstrativo na Fotografia 7). Sensor capaz de realizar leituras sobre os níveis de exposição a gases como monóxido de carbono. Neste caso, será o responsável por realizar as medições e indicar a exposição de gases no ambiente próximo ao usuário.

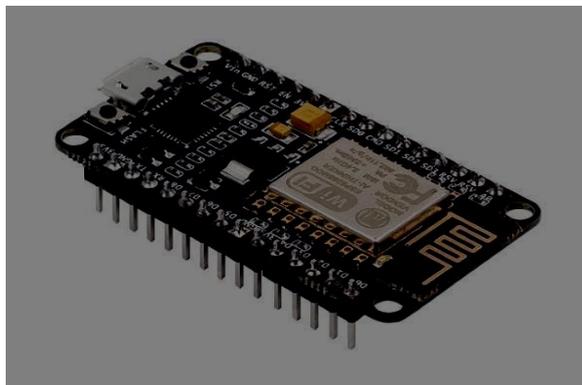
Fotografia 7 - Módulo com sensor de gás MQ-09



Fonte: Filipeflop (2019).

Para o controle dos componentes já citados e para a aplicação do conceito de IoT (*Internet of Things*), optou-se pelo uso do micro controlador NodeMCU ESP8266 ESP-12. Além do seu baixo custo, o ESP8266 ESP-12 (demonstrativo na Fotografia 8), proporciona o acesso prático e, conseqüentemente, a manipulação e controle das leituras e comandos de todos os componentes que a ele estejam conectados utilizando uma linguagem de programação baseada em C++. Além disso, por portar o tecnologia Wi-fi, possibilita a conexão com a rede interna do ambiente.

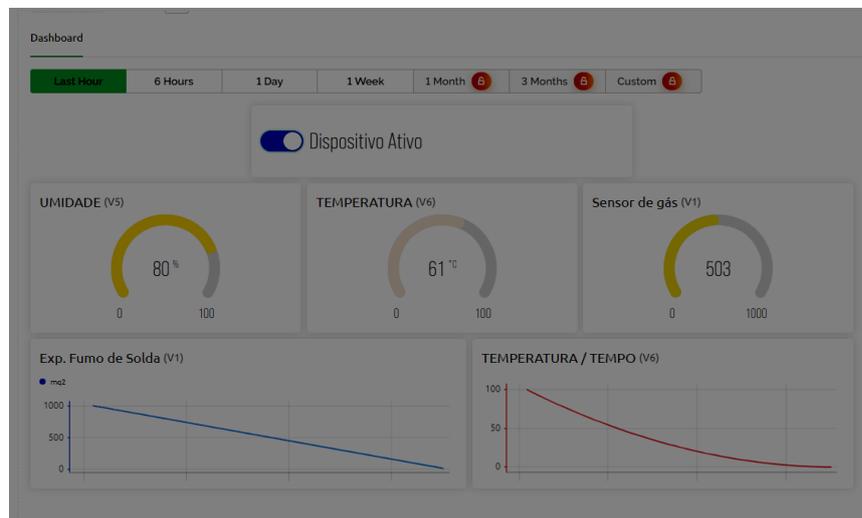
Fotografia 8 - Micro controlador NodeMCU ESP8266 ESP-12



Fonte: Filipeflop (2019).

A plataforma utilizada para a realizar a integração e consolidação das informações obtidas será a plataforma Blynk, uma plataforma de desenvolvimento de dispositivos com base em IoT. Na aplicação deste dispositivo, pode ser utilizado em smartphones, sejam eles com sistema operacional IOS ou Android, ou até mesmo diretamente do navegador em um computador. Dentro do Blynk foi criado um projeto onde se há mostradores dos parâmetros de tempo de atividade, status do funcionamento atual da máquina, temperatura, umidade e um botão de ativação remoto da máquina. Além disto, tem-se todas as identificações personalizáveis do usuário do equipamento. Tudo isto em tempo real, sendo base até mesmo para outros tipos de observações por parte da gerência da empresa. Segue exemplo da Figura 3.

Figura 3 - Dashboard na plataforma Blynk

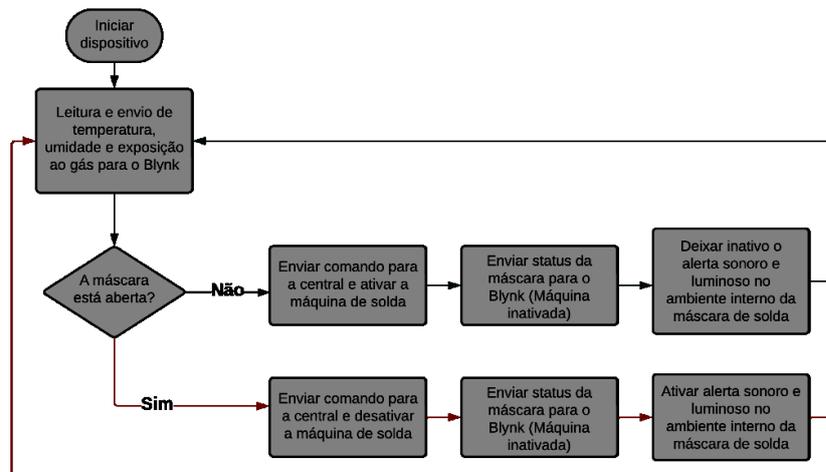


Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Feita a ligação entre os componentes secundários como fios e conectores, a NodeMCU ESP8266 ESP-12 tem-se a função de armazenar e executar um conjunto de comandos na linguagem de programação C++.

De forma sucinta, o microcontrolador irá recolher os dados da máscara de solda, principalmente se ela está aberta ou fechada. Se ela estiver fechada, irá realizar a leitura dos sensores de temperatura, umidade e gás e compartilhar tais informações para a nuvem juntamente com o status atual da máquina. Mas, caso a máscara esteja aberta e haja a tentativa de uso, o microcontrolador irá acionar um sinal sonoro e luminoso (por meio do *buzzer* e LED consequentemente) e o relé irá cessar a corrente da máquina para que o usuário não consiga utilizar a máquina, para que ele não realize nenhuma atividade sem que esteja com o dispositivo em condições corretas. Segue na figura 4 o fluxograma da funcionalidade do dispositivo.

Figura 4 - Fluxograma de funcionalidade do dispositivo

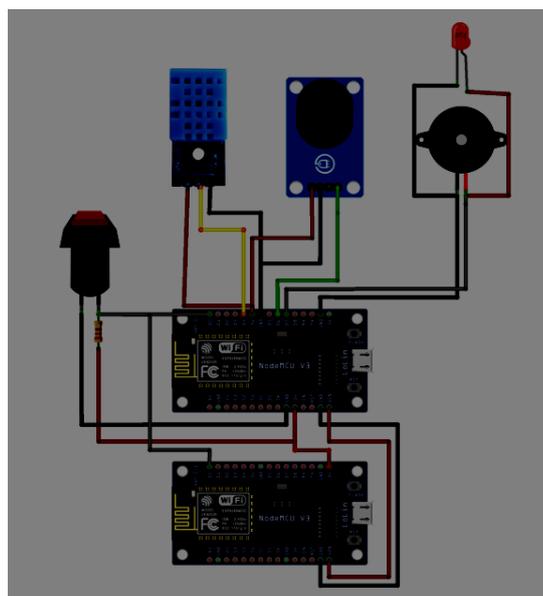


Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Um outro fator que deve-se levar em consideração é que os dados compartilhados com a nuvem e conseqüentemente para o Blynk, terão os registros compartilhados e serão gerenciados diretamente pela gerência da empresa. Onde se tem o registro do usuário, horários e outras informações expressadas diretamente já inseridas no *dashboard* do projeto.

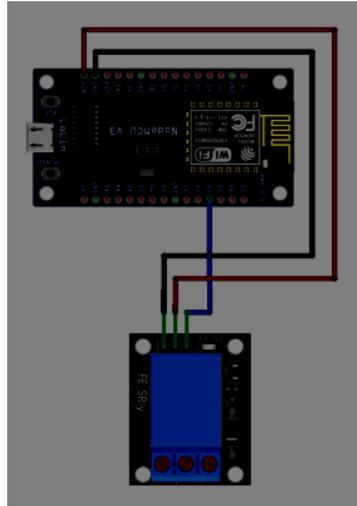
E para que haja um melhor entendimento da construção do dispositivo, nas figuras 5 e 6 temos uma representação dos circuitos do dispositivo. Onde estão localizados em um compartimento que ficará localizado na máscara de solda e outro que ficará conectado a alimentação da máquina de solda. E na figura 7, temos a topologia das partes e componentes envolvidos no dispositivo.

Figura 5 - Representação do circuito elétrico acoplado a máscara



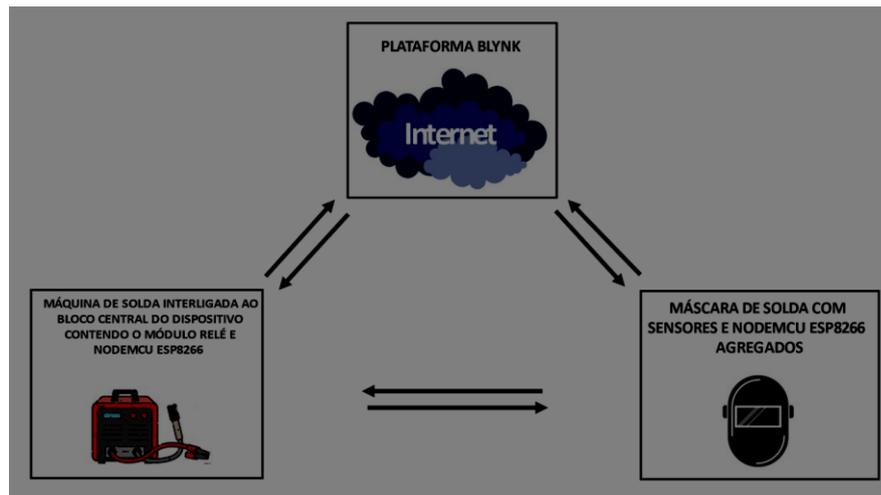
Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Figura 6 - Representação do circuito elétrico do dispositivo de controle de alimentação



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Figura 7 - Topologia do funcionamento do dispositivo



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

4.4 APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO

4.4.1 Apresentação do dispositivo desenvolvido

Após o processo de desenvolvimento do dispositivo, foram realizados testes locais para que, logo após, fosse realizada a aplicação do mesmo em ambiente real de produção juntamente com os colaboradores do setor de manutenção da empresa.

Inicialmente, promoveu-se uma reunião com os colaboradores para que pudessem ter entendimento das funcionalidades do dispositivo. Mas além disto, para que houvesse o

entendimento e princípio da aplicação do dispositivo e a sua importância no ambiente de trabalho, com a premissa mais notória que é a obrigatoriedade do uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI) durante a realização de atividades laborais no ambiente de trabalho.

4.4.2 Aplicação do dispositivo no ambiente de trabalho

Após a apresentação dos conceitos agregados ao dispositivo desenvolvido, colocou-se em teste real o EPIN (equipamento de proteção individual inteligente) com a utilização direta com os colaboradores do setor de manutenção (Fotografia 9).

Fotografia 9 - Colaborador do setor de manutenção testando o dispositivo



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Em seguida preparou-se uma peça que serviria como exemplo de material de soldagem e, posteriormente, foram simuladas as seguintes situações:

Caso 1: Onde o colaborador esteja com a máscara devidamente colocada sobre o rosto e fechada (de fato apto a realizar o uso da máscara de forma correta), para que assim o dispositivo permitisse o uso normal da máquina de solda e registrando os dados de temperatura, umidade, exposição e tempo de uso do maquinário como na Fotografia 10.

Fotografia 10 - Colaborador utilizando o dispositivo com máquina normalmente ativa



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Caso 2: Tentar realizar o processo de soldagem com a máscara aberta. Onde instantaneamente o dispositivo irá reconhecer que a máscara estará aberta e irá automaticamente desarmar a máquina de solda e acionar o *buzzer* e o LED que como já descrito estão localizados na parte interna da máscara gerando um sinal de alerta para o colaborador (Fotografia 11). E além disso, nas representações dos dados enviados para a plataforma Blynk irão demonstrar a situação da máquina se ativa ou inativa como na mostra na Figura 8.

Fotografia 11 - Colaborador utilizando o dispositivo após inativação da máquina



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Figura 8 - Exemplo representação dos dados na plataforma Blynk durante aplicação



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da pesquisa atual, foi possível obter uma visão abrangente das vantagens proporcionadas pela automação de sistemas em contextos operacionais, bem como da incorporação do conceito de Internet das Coisas. Além disso, a aplicação prática desse estudo reforça a importância da plataforma Blynk, que se destaca por sua ampla funcionalidade e capacidade de atender a uma variedade de projetos relacionados à Indústria 4.0 de forma acessível. Desta forma, a pesquisa demonstra como a automação e a integração da Internet das Coisas podem trazer benefícios significativos agregando mais ainda ao conceito de Indústria 4.0.

As pesquisas abordando sistemas que demandam respostas ágeis a estímulos específicos ou que requerem métodos mais eficientes para a disseminação de informações podem se valer das ferramentas empregadas neste estudo. A reprodução do projeto oferece oportunidades para o surgimento de novas ideias que possam se beneficiar desses conceitos, os quais são facilmente adaptáveis aos métodos utilizados, como o monitoramento de processos e equipamentos. Essa adaptação viabiliza a obtenção de melhores resultados na gestão da informação, na manutenção e em outras áreas afins. Através da implementação desses conceitos e ferramentas, é possível aprimorar a eficiência dos sistemas, promovendo uma leitura e aplicação mais precisas (aplicação e uso de sensores mais precisos).

Por fim, constatou-se que o sistema exibiu um desempenho que atendeu às expectativas, permitindo assegurar o uso do equipamento de proteção individual no processo de soldagem com eletrodo revestido. E assim, evidenciando a importância da iniciativa na otimização dos processos de segurança e na obtenção de um maior controle no que implica na saúde do colaborador.

REFERÊNCIAS

- BVS. Biblioteca Virtual em Saúde: Ministério da Saúde. **Saúde e segurança no trabalho**, 2016. Disponível em: <<https://bvsmms.saude.gov.br/saude-e-seguranca-no-trabalho/>>. Acesso em: 05 Abril 2023.
- BRASIL, Ministério do Trabalho. Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras NR Do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. **Diário Oficial da União, Poder Executivo**, Brasília, DF, jun. 1978.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 9. Programa de prevenção dos riscos ambientais. Brasília: Ministério do Trabalho; 1997.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **www.gov.br**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>>. Acesso em: 15 Março 2023.
- BRASIL. EPis desempenham papel fundamental na luta pela redução de acidentes de trabalho. **tst.jus.br**, 2021. Disponível em: <<https://www.tst.jus.br/-/epis-desempenham-papel-fundamental-na-luta-pela-redu%C3%A7%C3%A3o-de-acidentes-de-trabalho-1>>. Acesso em: 10 Abril 2023.
- BRASIL. Distribuição Geográfica dos Acidentes de Trabalho (CAT). **SmartLab**, 2021. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=frequenciaAcidentes>>. Acesso em: 15 Setembro 2022.
- DINIZ, Jadir Ataíde. **Segurança do Trabalho em Obras de Construção Civil: uma abordagem na cidade de Santa Rosa – RS**. Monografia (Graduação). UNIJUÍ - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS, dezembro de 2002. Disponível em: <<https://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc->

titulos/2002/Seguranca_do_Trabalho_em_Obras_de_Construcao_Civil_Santa_Rosa.pdf>
Acesso em: 29/06/2021.

DWIVEDI, A. K.; VYAS, O. P. Wireless sensor network: at a glance. **Recent Advances in Wireless Communications and Networks**, p. 299-326, 2011.

FERNÁNDEZ, Manlio Massiris *et al.* Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning. **Computers & Industrial Engineering**, Amsterdam: Elsevier Ltd, ed. 149, 16 set. 2020. Semanal. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835220305192?via%3Dihub>. Acesso em: 26 jun. 2023.

FIOCRUZ. Riscos Ergonômicos. Fundação Oswaldo Cruz, 1998. Disponível em: <https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/riscos_ergonomicos.html#:~:text=S%C3%A3o%20considerados%20riscos%20ergon%C3%B4micos%3A%20esfor%C3%A7o,rep etitividade%2C%20imposi%C3%A7%C3%A3o%20de%20rotina%20intensa>. Acesso em: 05 Abril 2023.

GOELZER, B. I. F. **Reconhecimento, avaliação, prevenção e controle de riscos ocupacionais**. Disponível em: <<http://www.saude.ufpr.br/portal/medtrab/wpcontent/uploads/sites/25/2016/08/HO-por-Berenice-Goelzer.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

GROOVER, Mikell P. **Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing**. Chennai: Pearson Education India, 2016.

JESUS JUNIOR, Airton A. de; MORENO, Edward David. **Segurança em Infraestrutura para Internet das Coisas**. Revista Gestão.Org, São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, ed. 13, p. 370-380, 9 mai. 2016.

KOCH, V. et al. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet**. [S.l.]: Stratety and Company, 2014.

OLIVEIRA, S. Tribunal Superior do Trabalho. **Tribunal Superior do Trabalho**, 2014.

Disponível em: <<https://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/dados-nacionais>>. Acesso em: 22 de Abril de 2023.

MARQUES Paulo V.; MODENESI, Paulo J.; SANTOS, Dagoberto B. **Introdução à metalurgia da soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<https://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/metalurgia.pdf>> . Acesso em jan. 2023.

MORAES, Giovanni. Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas. 8. ed. Rio de Janeiro: Livraria Virtual, 2014.

MICROSOFT. **O que é middleware?** Azure, 2022. Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-middleware>>. Acesso em: 01 Maio 2023.

VIEIRA, S. I. **Manual de Saúde e Segurança do Trabalho**. São Paulo: Atlas, v. VIII, 2005.

VIANA, A.; SILVA, R. NR-09: Prevenção de Riscos Ambientais nos Ambientes de Trabalho. Revista de Segurança do Trabalho, v. 45, n. 3, p. 87-96, 2021.

VALENTE, B. A. L. **Ummidd leware para a Internet das coisas**. Tese (Doutorado) - Sistemas Integrados de Bibliotecas Repositórios, Lisboa, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/9211>>. Acesso em 05 de março de 2023.

VENDRAME, Antonio Carlos. **Gestão do risco ocupacional**. São Paulo: Thomson IOB, 2008.

WAHER, Peter. **Learning Internet of Things Paperback**. Birmingham Mumbai. Packt Publishing Ltd. 2015.

RUSCHEL, Henrique; ZANOTTO, Mariana Susan; MOTA, W. da C. **Computação em nuvem**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil, 2010.

SESMO. O que são riscos ambientais? Conheça os 5 tipos de riscos. Sistema Eletrônico para Segurança e Medicina Ocupacional, 2019. Disponível em: <<https://sesmo.com.br/blog/o-que-sao-riscos-ambientais-conheca-os-5-tipos-de-riscos/>>. Acesso em: 03 Abril 2023.

SILVEIRA, C. B. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems. 2019. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 10 de Abril de 2023.

SIMAGRAN. **O QUE É RISCO ERGONÔMICO?**. Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos do Estado do Paraná, 2007. Disponível em: <<https://www.fiepr.org.br/sindicatos/simagranpr/news3387content29813.shtml>>. Acesso em: 05 Abril 2023.

TEODORO. **Riscos Ocupacionais: Conheça Quais São E Como Evitá-los**. OnSafety, 2020. Disponível em: <<https://onsafety.com.br/riscos-ocupacionais-conheca-quis-sao-e-como-evita-los/>>. Acesso em: 05 Abril 2023.