

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

**JÚLIO CÉSAR DA SILVA FONSECA
KAÍQUE GARCIA PALDIM
ROBSON RODRIGUES MAURO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PONTE ROLANTE COM UM
SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA**

São Bernardo do Campo - SP
Dezembro/2022

**JÚLIO CÉSAR DA SILVA FONSECA
KAÍQUE GARCIA PALDIM
ROBSON RODRIGUES MAURO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PONTE ROLANTE COM UM
SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Marcos V. Zamboni

São Bernardo do Campo - SP
Dezembro/2022

**JÚLIO CÉSAR DA SILVA FONSECA
KAÍQUE GARCIA PALDIM
ROBSON RODRIGUES MAURO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PONTE ROLANTE COM UM
SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em:_____/ /2022

Banca Examinadora:

Prof. Esp. Marcos Vagner Zamboni, FATEC SBC – Orientador

Prof. Dr. _____, FATEC SBC - Avaliador

Prof. Esp. _____, FATEC SBC - Avaliador

Agradecemos aos nossos professores pelo apoio e suporte durante a nossa graduação. Dedicamos este trabalho a eles.

Agradecemos ao Prof. Esp. Marcos Vagner Zamboni pela ajuda durante a elaboração deste trabalho.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

AYRTON SENNA

RESUMO

Este projeto consiste na confecção de um simulador de ponte rolante com um sistema de monitoramento para manutenção preditiva. Tem a possibilidade de simular a operação de uma ponte rolante, devido aos sensores instalados no protótipo como: célula de carga e ultrassom, que estarão controlando a capacidade de limite de carga da ponte, bem como os limites de fim de curso do carro nas vigas. Ao operarmos o protótipo, cada sinal emitido por ele como: o peso registrado pela célula de carga, e os limites de deslocamentos serão armazenados pelo influx data, que funciona como um banco de dados. Posteriormente, esses armazenamentos de dados serão enviados para um supervisor, que lerá as entradas de campo e posteriormente disponibilizará em uma tela gerencial. O objetivo desse sistema será o de utilizar listas de alarmes armazenadas para a execução de manutenções preditivas mais precisas e eficazes. A aplicação desse projeto será de grande ajuda para a preservação e integridade das pontes rolantes, uma vez que, manutenções preditivas mais assertivas forem executadas, menor serão os desgastes de componentes, bem como os tempos de paradas para manutenções corretivas. As fundamentações deste trabalho em tópicos são: histórico de alarmes e falhas; componentes eletrônicos; componentes mecânicos e eletrônicos; célula de carga; microcontroladores e linguagem de programação.

Palavras-chave: IOT. Célula de Carga. Manutenção Preditiva. Dashboard.

ABSTRACT

This project consists of making a crane simulator with a monitoring system for predictive maintenance. It has the possibility of simulating the operation of an overhead crane, due to the sensors installed in the prototype such as: load cell and ultrasound, which will be controlling the load limit capacity of the bridge, as well as the limit of travel of the carriage on the beams . When operating the prototype, each signal emitted by it as: the weight registered by the load cell, and the displacement limits will be stored by influx data, which works as a database. After that, these data obtained will be tested in the grafana supervisory, which will later be graphically showing the results of the tests performed. The purpose of this system will be to use the stored alarm list to perform more accurate and effective predictive maintenance. The application of this project will be of great help for the preservation and integrity of overhead cranes, since more assertive predictive maintenance will be performed, the lower the wear of components will be, as well as the downtime for corrective maintenance.

The foundations of this work in topics are: history of alarms and failures; electronic components; mechanical and electronic components; load cell; microcontrollers and programming language.

Keywords: IOT. Load Cell. Predictive Maintenance. Dashboard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Ponte rolante convencional.....	16
Figura 1.2 - Ponte rolante içando carga.....	16
Figura 1.3 - Ponte rolante apoiada univiga.....	17
Figura 1.4 - Ponte rolante apoiada dupla viga.....	18
Figura 1.5 - Pórtico rolante.....	18
Figura 1.6 - Semipórtico rolante.....	19
Figura 1.7 - Caminho de rolamento.....	20
Figura 1.8 - Batente na estrutura do carro.....	21
Figura 1.9 - Batente na extremidade do carro.....	21
Figura 1.10 - Roda motriz.....	21
Figura 1.11 - Roda livre.....	22
Figura 1.12 - Cabeceira.....	22
Figura 1.13 - Viga principal e conjunto ponte.....	23
Figura 1.14 - Carro.....	24
Figura 1.15 - Tambor.....	25
Figura 1.16 - Cabo de aço.....	25
Figura 1.17 - Moitão e gancho com célula de carga.....	26
Figura 1.18 - Moitão e gancho sem célula de carga.....	26
Figura 1.19 - Comando por botoeira.....	27
Figura 1.20 - Cabine de operação.....	28
Figura 1.21 - Sistema de frequência.....	28
Figura 1.22 - Esquema básico de um sistema trifásico.....	29
Figura 1.23 - Motor elétrico W21 WEG, em corte.....	30
Figura 1.24 - Condução térmica de um motor elétrico.....	31
Figura 1.25 - Desenho esquemático de um microcontrolador.....	34
Figura 1.26 - Arquitetura Von-Neumann x Harvard.....	35
Figura 1.27 - Arduino UNO.....	36
Figura 1.28 - Arduino Mega.....	37
Figura 1.29 - Módulo WiFi - ESP8266.....	38
Figura 1.30 - Representação de um strain gauge.....	39
Figura 1.31 - Célula de carga do tipo viga	39

Figura 1.32 - Ilustração representando a Internet das Coisas (IOT).....	40
Figura 1.33 - Dispositivos conectados via IOT.....	41
Figura 1.34 - Falhas no cabo de aço.....	46
Figura 2.1 - Protótipo de ponte rolante.....	49
Figura 2.2 - Fluxograma de funcionamento geral.....	50
Figura 2.3 - Fluxograma do subsistema de análise de falha.....	51
Figura 3.1 – Simulador de falhas.....	54
Figura 3.2 – Supervisório.....	55
Figura 3.3 – Seleção do tipo de placa na IDE.....	57
Figura 3.4 – IDE do Arduino pronta para programação.....	57
Figura 3.5 – Diagrama elétrico.....	59
Figura 3.6 – Montagem do circuito simulador.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IOT	Internet of Things
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CC	Corrente Contínua
RFID	Radio-Frequency Identification
QR	Quick Response
IDE	Integrated Development Environment
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
1.1 Conceitos sobre ponte rolante.....	15
1.2 Tipos de ponte rolante.....	17
1.2.1 Componentes de uma ponte rolante.....	19
1.2.2 Caminho de rolamentos e batente	19
1.2.3 Rodas e cabeceiras.....	21
1.2.4 Viga Principal e Ponte.....	23
1.2.5 Carro.....	24
1.2.6 Tambor, cabo de aço, moitão e guincho.....	25
1.2.7 Sistema de comando.....	27
1.3 Motores de indução trifásicos.....	29
1.3.1 Partes de um motor trifásico.....	30
1.3.2 Motores de corrente contínua.....	32
1.4 Microcontroladores.....	33
1.4.1 Arduíno.....	35
1.4.2 Arduíno UNO.....	36
1.4.3 Arduíno Mega.....	36
1.4.4 Módulo WiFi ESP8266.....	37
1.5 Sensores.....	38
1.5.1 Célula de carga.....	39
1.6 Internet das coisas.....	40
1.7 Manutenção preditiva.....	42
1.7.1 Manutenção corretiva.....	44
1.7.2 Manutenção preventiva.....	45
1.8 Desgastes no cabo de aço.....	46
1.9 Inspeções no cabo de aço.....	47
2 METODOLOGIA.....	48
2.1 O que é Metodologia.....	48
2.2 Tema-problema com justificativa e fluxograma.....	48
2.3 Etapas teóricas e práticas para o desenvolvimento do projeto.....	52
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	54
3.1 O projeto finalizado.....	54
3.1.2 Funcionamento do Simulador de Ponte Rolante.....	55
3.2 Configuração e programação do Microcontrolador.....	56
3.3 Construção do protótipo de simulação de ponte rolante.....	58
3.4 Configuração de comunicação da interface física com o IOT.....	60
3.5 Obstáculos e soluções.....	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63

MELHORIAS FUTURAS.....64

REFERÊNCIAS.....65

APÊNDICES.....70

INTRODUÇÃO

Devido ao avanço industrial iniciado em 1760, a necessidade de substituir o trabalho humano pela mecanização se fez necessário. Outra característica importante a ser citada relacionada a revolução industrial é a substituição de ferramentas manuais por máquinas, o que automaticamente substituiu a energia humana pela energia motriz, ocasionando uma mudança radical na vida das pessoas.

Graças a essa grande expansão da indústria as empresas foram obrigadas a se prepararem para o crescimento industrial, e se adaptarem as exigências do mercado internacional, propondo melhorias através da mecanização e também da automação industrial, com o objetivo de obterem processos industriais mais rápidos e com um nível de produtividade elevado.

No Brasil atual existe uma ampla gama de empresas com uma excelente infraestrutura capaz de atender as mais diversas necessidades de equipamentos para os mais variados tipos de atividades.

Na área industrial a melhoria na organização e na racionalização dos diferentes tipos de processos e instalações de transportes são de suma importância para que o êxito das operações resulte em ganhos superlativos de produtividade. Devido aos meios de produção estarem muito mais integrados e os processos interligados, os sistemas que executam movimentação devem agir de uma forma mais eficiente, pois graças a eles, são alcançados os cumprimentos de metas de entregas mais rápidas ao cliente.

Por causa dessa necessidade de agilidade nos processos foram introduzidas na indústria as pontes rolantes, gerando ganhos de produtividade e justificando o custo de sua implantação. Por essa razão elas obtiveram adaptação excepcional nos mais diversos negócios da produção industrial como: o aeronáutico, automobilístico, metalmeccânica etc. Desta forma os produtos que outras épocas possuíam grandes dificuldades para serem movimentados e também manuseados deixaram de ser um

problema. Inicialmente a utilização de pontes rolantes que era feito em menor escala e em setores mais específicos, com o passar do tempo começou a ser amplamente usado na área de produção, melhorando exponencialmente a movimentação de material dentro do campo logístico e da produção.

Buscando a melhoria da confiabilidade, e também da produtividade e da performance das pontes rolantes que o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um simulador de ponte rolante que contará com uma interface de sistema IOT que será capaz de coletar dados e gerenciar informações dos equipamentos instalados no chão de fábrica. Através do monitoramento remoto que fará a coleta de alarmes mostrando possíveis defeitos e também de problemas ocasionados durante o funcionamento que decisões de manutenção preditiva e de melhorias do equipamento serão tomadas.

O trabalho está estruturado em três capítulos:

Capítulo 1 – Fundamentação Teórica: são apresentadas as teorias e conceitos que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto;

Capítulo 2 – Metodologia: destacam-se os métodos e as técnicas que direcionam a trajetória da construção e desenvolvimento do projeto;

Capítulo 3 – Desenvolvimento do Projeto: descreve passo a passo a construção do projeto ilustrando-o com figuras e tabelas. Mostra a ligação entre a teoria pesquisada com processo de montagem e funcionamento. Este item será desenvolvido no 6º semestre.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo encontram-se as teorias que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto que se intitula Desenvolvimento de um Simulador de Ponte Rolante com um Sistema de Monitoramento para Manutenção Preditiva.

1.1 Conceitos sobre ponte rolante

De acordo com Nassar (2004), a necessidade de movimentação de cargas nos diversos ambientes de mineração, industrial, portuário e de comércio aumenta de forma conjunta ao crescimento econômico exigindo equipamentos específicos que necessitam de grande aplicação dos conhecimentos de engenharia.

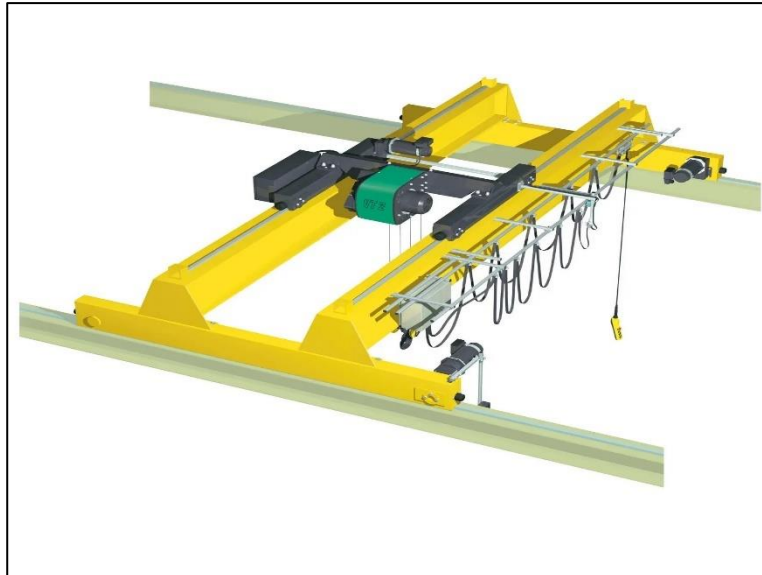
Estes equipamentos específicos chamados de pontes rolantes constituem um grupo de aparelhos de ação periódica, projetado como mecanismo próprio de elevação ou para elevação e movimentação de cargas (RUDENKO, 1976).

A ponte rolante tem os movimentos longitudinal, transversal e vertical motorizados. Dependendo de seu tamanho e potência, tem os seus movimentos comandados por um operador na cabina, ou por botoeira ao nível do piso. O movimento longitudinal esquerdo ou direito é feito pelas rodas sobre os trilhos. O transversal esquerdo ou direito é feito pelo carro sobre a ponte. O vertical ascendente ou descendente é feito pelo enrolamento ou desenrolamento do cabo de aço ou corrente. As pontes rolantes podem ser montadas em pequenos vãos, de aproximadamente 5 m, até em grandes vãos que chegam a 30 m. Convencionou-se dividir as pontes em grupos em função da capacidade de carga. O grupo leve engloba as pontes de 3 t à 15 t, o grupo médio, as de 20 t à 50 t e o grupo pesado, às de 50 t a 120 t. Os grupos médios e pesados podem ser equipados com gancho auxiliar no carro, que permite maior versatilidade no levantamento da carga (PINHEIRO, 2015).

A Figura 1.1 representa esquematicamente uma ponte rolante convencional. Como se pode observar abaixo, o movimento de subida e descida da carga é

executado pelo sistema de levantamento, o movimento horizontal perpendicular as laterais do prédio é executado pelo sistema de translação do carro e o movimento longitudinal é executado pelo sistema de translação da ponte.

Figura 1.1 – Ponte rolante convencional



Fonte: DEMAG, 2015

De acordo com Passos (2011), a utilização de uma máquina de elevação e transporte com o dimensionamento adequado para o tipo de material a ser transportado, contribui para a melhor execução da tarefa e reduz grande parte do esforço físico.

A figura 1.2 demonstra uma ponte rolante no setor fabril fazendo transporte de cargas.

Figura 1.2 – Ponte rolante içando carga



Fonte: MECÂNICA INDUSTRIAL, 2022

1.1 Tipos de ponte rolante

De acordo com Pinheiro (2015) as pontes rolantes são classificadas como sendo:

- Ponte rolante apoiada univiga;
- Ponte rolante apoiada dupla viga;
- Pórticos rolantes;
- Sempórticos rolantes.

As Figuras 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5 mostram respectivamente esses tipos de ponte rolante citadas acima.

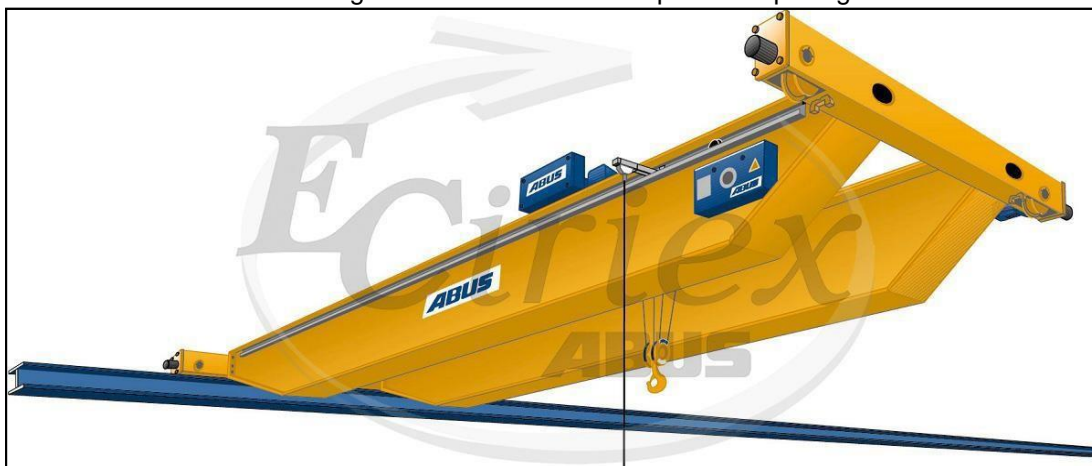
Figura 1.3 – Ponte rolante apoiada univiga



Fonte: PINHEIRO, 2015

Conforme mencionado segue na Figura 1.4 a diferença entre a ponte rolante univiga e a dupla viga.

Figura 1.4 – Ponte rolante apoiada dupla viga



Fonte: PINHEIRO, 2015

Seguindo para os diferentes tipos de pontes, veremos agora as denominadas como pórticos.

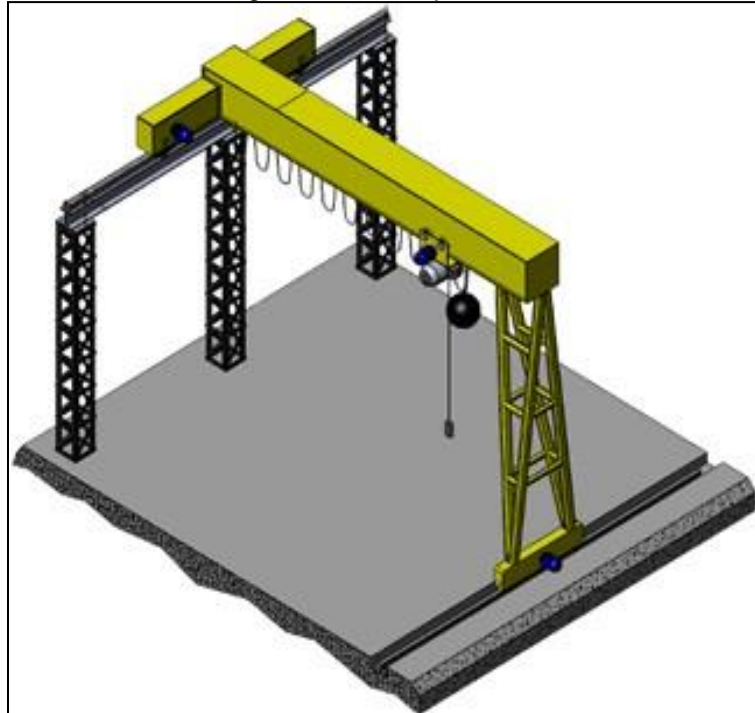
Figura 1.5 – Pórtico rolante



Fonte: PINHEIRO, 2015

A seguir na Figura 1.6 vemos a diferença de classificação entre pórtico e semipórtico rolante.

Figura 1.6 – Semipórtico rolante



Fonte: PINHEIRO, 2015

1.2.1 Componentes de uma ponte rolante

Nesse item são apresentados os principais ítems de uma ponte rolante, bem como o seu funcionamento e a sua importância para o sistema de um modo geral. O próximo conteúdo será apresentado em subsecções para facilitar a compreensão.

1.2.2 Caminho de rolamento e batentes

O caminho de rolamento de uma ponte são trilhos localizados nas extremidades do vão da ponte rolante, e podem ser fixados tanto na parte superior ou quanto na parte inferior da viga de caminho. Os trilhos recebem as rodas que promovem o movimento de translação da ponte, que por sua vez estão fixadas nas cabeceiras da viga principal (LENZ, 2012).

Geralmente ao final dos trilhos do caminho de rolamento há batentes devidamente dimensionados para proteção da estrutura da ponte rolante mediante eventuais impactos contra a estrutura do barracão em que o equipamento está instalado (COSTA, 2013).

Na Figura 1.7 é apresentado o caminho de rolamento de uma ponte rolante apoiada.

Figura 1.7 - Caminho de rolamento



Fonte: PORTFÓLIO MONTTEC, 2022

Além de servirem como uma proteção redundante contra choques entre o Carro da ponte rolante e sua estrutura, os batentes também podem ser utilizados para evitar choques mecânicos entre a carga e qualquer outro objeto que se encontre na direção do movimento da mesma. Esse tipo de equipamento é amplamente instalado em pontes rolantes que não possuem inversores de frequência, nas quais a parada dos movimentos de translação e direção é dada a partir do “corte” da alimentação dos motores, de modo que pela grande inércia do sistema pode haver impactos contra estrutura devido ao arrasto da ponte rolante até sua parada total (LENZ, 2012).

Na Figura 1.8 é apresentado um modelo de batente fixo na estrutura do Carro em contato com a estrutura da ponte rolante.

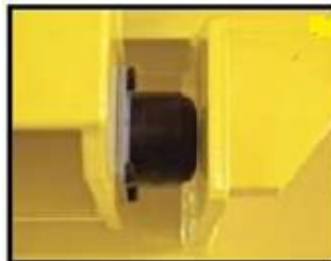
Figura 1.8 – Batente na estrutura do carro



CMK GLOBAL SERVICE, 2022

Na Figura 1.9 é apresentado o batente fixo na extremidade do carro.

Figura 1.9 – Batente na extremidade do carro



Fonte: LENZ, 2012

1.2.3 Rodas e cabeceiras

O catálogo técnico da PROELEVA (2022) aponta que nas pontes rolantes existem dois tipos de rodas, o primeiro tipo são as rodas motrizes, que são aquelas associadas ao eixo de um motor ou moto redutor e uma caixa de engrenagem, a fim de prover movimento à ponte rolante Figura 1.10.

Figura 1.10 - Roda Motriz



Fonte: PROELEVA, 2022

O segundo tipo de roda é chamado de roda livre, que são aquelas que apenas rolam sobre o trilho de acordo com movimento tracionado pela roda motriz Figura 1.11.

Figura 1.11- Roda Livre



Fonte: PROELEVA, 2022

Já a cabeceira de uma ponte rolante fica localizada nas extremidades da viga principal, e são o elo de encaixe das rodas com o caminho de rolamento. Geralmente nas cabeceiras fica a caixa de engrenagem, que por sua vez fazem a relação de torque nas rodas motrizes a fim de prover movimento nas mesmas.

Na Figura 1.12 é apresentada uma cabeceira genérica com as rodas livres. Também é possível observar que na outra extremidade da viga principal estão as rodas motrizes associadas à motores elétricos.

Figura 1.12 - Cabeceira



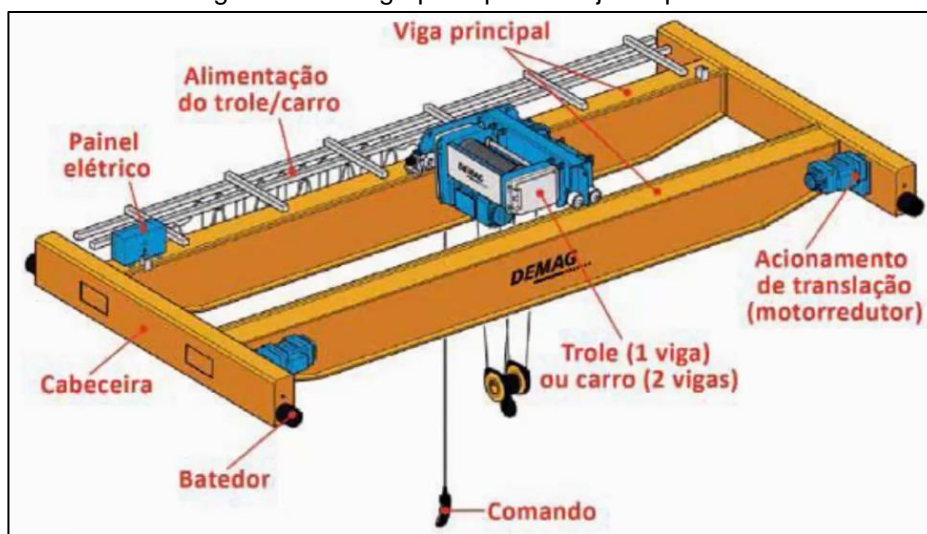
Fonte: CALTEC, 2022

1.2.4 Viga principal e ponte

A viga principal de uma ponte rolante é a estrutura que se estende ao longo do vão da ponte rolante. Na estrutura da viga principal é instalado o Carro, que por sua vez promoverá o movimento de direção da ponte rolante. Usualmente é utilizado o termo “Ponte” para se referir ao conjunto formado pelo Carro, viga principal, rodas e pelo sistema de acionamento do movimento longitudinal (LENZ, 2012).

O movimento de translação é dado a partir de motores elétricos instalados nas laterais da viga principal. Na Figura 1.13 se apresenta a viga principal de uma ponte rolante, e o conjunto denominado Ponte.

Figura 1.13 - Viga principal e conjunto ponte



Fonte: DEMAG, 2015

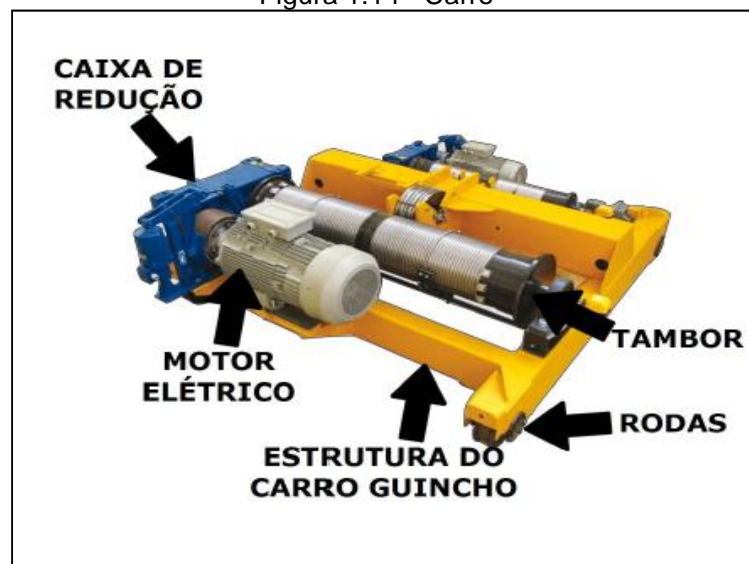
Seguem os itens pertencentes ao conjunto: cabeceira, carro, viga principal, painel elétrico, alimentação do carro/trole, acionamento de translação, batedor, comando.

1.2.5 Carro

Também chamado de “Carro Trolley”, é o componente responsável pelo movimento transversal da ponte rolante, que por sua vez será chamado de movimento de direção. O movimento é dado de forma suspensa ou apoiada na viga principal da ponte rolante, e no carro que estão contidos os mecanismos de elevação (DIAS ET AL, 2018).

O movimento de direção é dado a partir de um motor elétrico instalado no Carro, e de rodas instaladas em sua estrutura. Nas pontes rolantes dupla viga existem quatro rodas instaladas, sendo duas motoras e duas livres. E dependendo da ponte rolante em questão é possível encontrar dois conjuntos de acionamento para o movimento de elevação. Na Figura 1.14 é apresentado o esquema de um Carro para uma ponte rolante dupla viga.

Figura 1.14 - Carro



Fonte: COSTA, 2013

Seguem os itens relacionados na Figura 1.14 como: caixa de redução, tambor, motor elétrico, estrutura do carro guincho e as rodas.

1.2.6 Tambor, cabo de aço, moitão e guincho

Tambor, cabo de aço, moitão e guincho são equipamentos constituintes do sistema de elevação de uma ponte rolante. O movimento de elevação é dado a partir do recolhimento e extensão do cabo aço pelo movimento de rotação do tambor, e devido a presença de anéis de ranhuras, o cabo de aço é enrolado sem nenhum tipo de sobreposição. Geralmente os cabos de aço utilizados em pontes rolantes são formados por um conjunto de pernas torcidas, de forma helicoidal, em uma ou mais camadas, ao redor de uma alma. Na Figura 1.15 se apresenta o dromo que normalmente é usado no sistema de elevação de uma ponte rolante (DIAS ET AL, 2018).

Figura 1.15 - Tambor



Fonte: FAMIL, 2022

Na Figura 1.16 observamos o cabo de aço utilizado no içamento de carga.

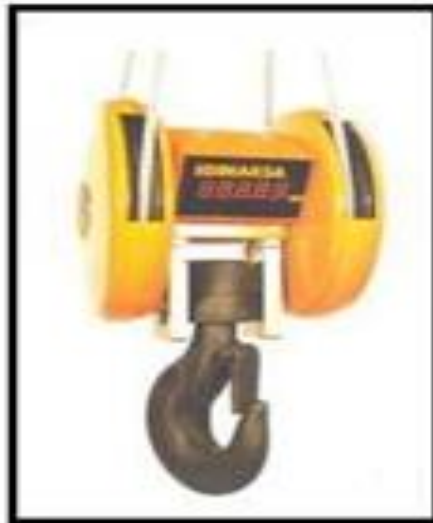
Figura 1.16 – Cabo de aço



Fonte: LENZ, 2012

Já os componentes denominados moitão e gancho, geralmente formam um único conjunto de trabalho, visto que no moitão é fixo o gancho. O moitão serve como elo de ligação entre o final do cabo aço e a carga que será movimentada, e dependendo da aplicação, pode ter associado em sua estrutura uma célula de carga para pesagem da carga. Na Figura 1.17 é apresentado um moitão e gancho com célula de carga.

Figura 1.17 – Moitão e gancho com célula de carga



Fonte: LENZ, 2012

Na Figura 1.18 se observa um moitão e gancho sem célula de carga.

Figura 1.18 - Moitão e gancho sem célula de carga



Fonte: LENZ, 2012

1.2.7 Sistema de Comando

O controle de pontes rolantes pode ser dado de várias maneiras, e como o objetivo do trabalho não é o estudo ou projeto de uma ponte rolante, mas o desenvolvimento de um projeto de automação da mesma, a seguir apenas se fará a explicação da função do sistema de comando em uma ponte rolante, e uma breve apresentação dos principais métodos de controle empregados no ambiente industrial (NOBLAT ET AL, 2014).

Como o próprio nome indica, um sistema de comando é responsável por comandar os movimentos de um determinado equipamento. No caso das pontes rolantes o sistema de comando atua sobre três movimentos (elevação, direção e translação), e, geralmente, é feito por três métodos:

1. Comando por botoeiras: Tipo de comando mais comum no ambiente industrial, neste tipo de comando os movimentos são dados por uma espécie de console, que por sua vez é conectada por cabo até o painel de comando que fica na ponte rolante. O console fica pendente até altura de operação, geralmente suportada por cabo de aço, e devido a sua característica esse tipo de comando limita a movimentação do operador, e em casos, mantendo-o muito próximo da carga em movimento (TONGSIS, 2018)

Figura 1.19 - Comando por botoeira



Fonte: TONGSIS, 2018

2. Comando por cabine de operação: Todos os comandos são centralizados numa cabine de operação, e o operador comanda a ponte rolante a distância. Nas cabines de operação os movimentos são dados a partir de manetes, uma espécie de “joystick”. Na Figura 1.20 é apresentado uma cabine de disposta na ponte rolante, e o interior da mesma (NOBLAT ET AL, 2014).

Figura 1.20 - Cabine de operação



Fonte: LIDERMAC, 2022

3. Comando por “Rádio Frequência”: Neste tipo de comando existe um emissor de sinal que “envia” à ponte rolante quais movimentos estão sendo acionados, e na ponte rolante existe um receptor de sinal integrado ao sistema elétrico. O enlace entre emissor e receptor é feito por rádio frequência, e a grande vantagem deste tipo de operação é a distância com que o operador pode operar o equipamento (MIRANDA, 2009).

Figura 1.21 - Sistema de frequência



Fonte: TONGSIS, 2018

Como é possível de perceber, até o momento o capítulo teve um caráter mais teórico e focado na descrição mecânica das pontes rolantes, uma vez que se torna necessário entender o equipamento e seus componentes a fim de ser fazer o projeto de atualização tecnológica de uma ponte rolante. A seguir, será apresenta a ponte rolante referência deste trabalho, ou seja, o equipamento para qual o projeto de automação é proposto.

1.3 Motores de indução trifásicos

Um motor elétrico de indução trifásico é uma máquina elétrica rotativa que funciona através do princípio de transformação de energia elétrica em energia mecânica.

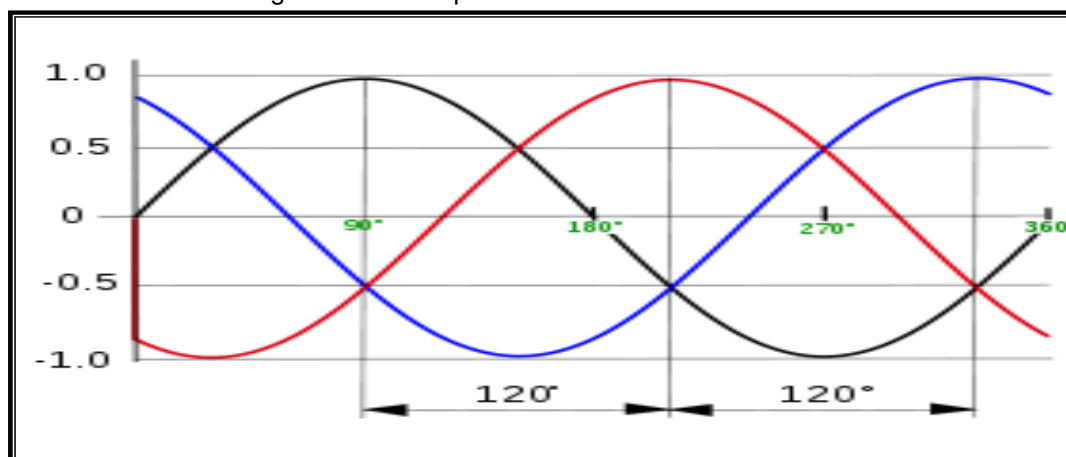
Segundo Fogaça (2013): “Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. Entretanto, nesta transformação, gera-se também outros subprodutos como perdas por aquecimento devido à resistência da circulação de elétrons (corrente elétrica) nos fios de cobre que formam as espiras no interior dos enrolamentos.

A definição básica de motores de indução para Fitzgerald et al, (2006), “nos motores de indução trifásicos a corrente alternada é fornecida diretamente ao estator, ao passo que o rotor recebe a corrente por indução [...]”.

O funcionamento dessas máquinas se baseia na presença de três bobinas confeccionadas em fio de cobre esmaltado, equidistantes entre si e dispostas a cento e vinte graus nas ranhuras do estator. Ao alimentar essas três bobinas, a rede trifásica faz circular no interior do estator uma corrente elétrica trifásica defasada em cento e vinte graus, o que conseqüentemente, gera um campo magnético girante no entreferro do estator rotacionando a uma velocidade síncrona limitada pela quantidade de pólos magnéticos no motor.

A Figura 1.22 representa o esquema básico de um sistema trifásico.

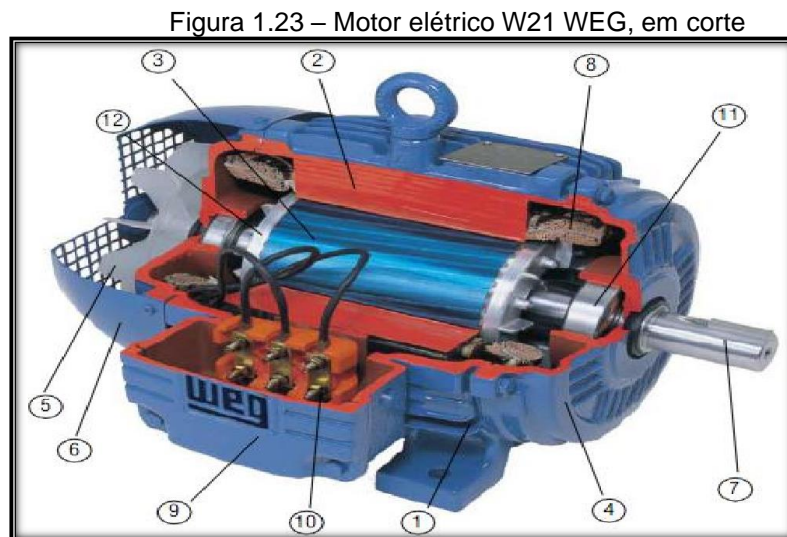
Figura 1. 22 - Esquema básico de um sistema trifásico



Fonte: KNÜPPE, 2013

1.3.1 Partes de um motor trifásico

A seguir serão descritos os principais componentes de um motor de indução trifásico, conforme observa-se na Figura 1.23.



Fonte: WEG, 2022

De acordo com a WEG (2022), um motor de indução trifásico é constituído de doze componentes principais, que, conforme a Figura 1.23, serão descritos a seguir:

Componente 1 – Carcaça: é a estrutura suporte para motor elétrico, geralmente fabricada em alumínio ou ferro fundido, mas o emprego de outros materiais nesta aplicação também pode ser encontrado.

Componente 2 – Estator: Na maioria dos motores elétricos, o estator é fabricado em aço magnético com alta permeabilidade a fim de maximizar a força magnética associada à interação eletromecânica. Trata-se de uma das principais partes do motor elétrico e é o responsável pela geração do campo magnético girante.

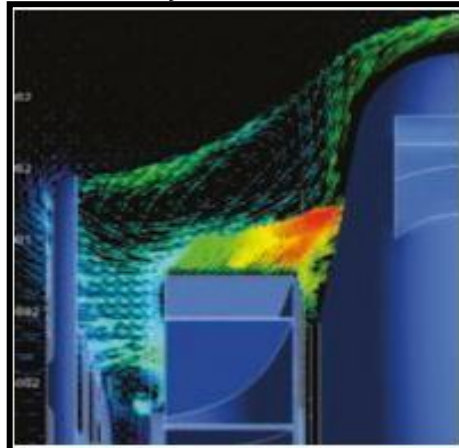
Componente 3 – Rotor: Em um motor elétrico de indução, dispõe-se de dois tipos principais de rotores. O bobinado ou enrolado é construído com características iguais as do estator. A alimentação deste se realiza através de anéis coletores montados no eixo. Outro tipo de rotor para motores de indução é a gaiola de esquilo, assim chamado devido à existência em seu interior de barras longitudinais e paralelas entre si curto-circuitadas através de dois anéis condutores nas extremidades.

Componente 4 – Tampa: Responsável pelo suporte e centralização do rotor no interior do campo magnético.

Componente 5 – Ventilador: Responsável pela convecção forçada de ar no mancal traseiro e nas estrias externas da carcaça do motor, com a finalidade de facilitar a troca térmica entre regiões internas do motor com o ambiente externo.

Componente 6 – Tampa defletora de ar: Confeccionadas em perfil aerodinâmico para otimizar o desempenho do sistema de ventilação, além de oferecer proteção mecânica ao ventilador. Na Figura 1.24, pode-se observar a condução térmica através da tampa defletora de um motor elétrico.

Figura 1.24 - Condução térmica de um motor elétrico



Fonte: W22, 2022

Componente 7 – Eixo: É uma árvore que possui a função de transmitir a energia mecânica, além de função estrutural para garantir a concentricidade do conjunto rotor/estator.

Componente 8 – Enrolamento Trifásico: Consiste em três conjuntos iguais de bobinas de fio de cobre esmaltado, formando um sistema trifásico.

Componente 9 – Caixa de ligação: Suporte e proteção para terminais de conexão elétrica.

Componente 10 – Terminais: São dispositivos através dos quais é possível a conexão do motor à rede elétrica externa.

Componente 11 – Rolamentos: Elementos normalmente metálicos com a principal função de sustentar um sistema de transmissão de torque sustentando os esforços.

Componente 12 – Rotor: Corresponde, juntamente com o eixo do motor, à parte móvel do motor elétrico. O rotor é construído com material ferro magnético e sua construção dispõe de barras, geralmente em alumínio, com curto-circuito internamente.

1.3.2 Motores de corrente contínua

De acordo com Luca (2022) os motores de corrente contínua são acionados por uma fonte de alimentação de corrente contínua. Estes motores são amplamente utilizados na indústria quando é necessário manter um bom controle de velocidade em qualquer processo de fabricação. Quanto aos tipos de motores de corrente contínua tem-se os de ímã permanente; excitação série; excitação paralela, também denominado como derivação ou shunt; excitação composta, mista ou compound, e excitação independente.

Todos apresentam características diferentes, tais como: controle de velocidade; controle de torque; faixa de velocidade de trabalho de torque inicial; entre outros fatores. Como a bobina de campo e a bobina de armadura são conectadas em série, o motor de corrente contínua é conhecido como motor em série. A principal característica do motor em série é que a corrente de carga também é usada como corrente de campo. Isso resulta em um motor com alto torque de partida, que é um requisito básico em aplicações como guindastes e elevadores (LUCA, 2022).

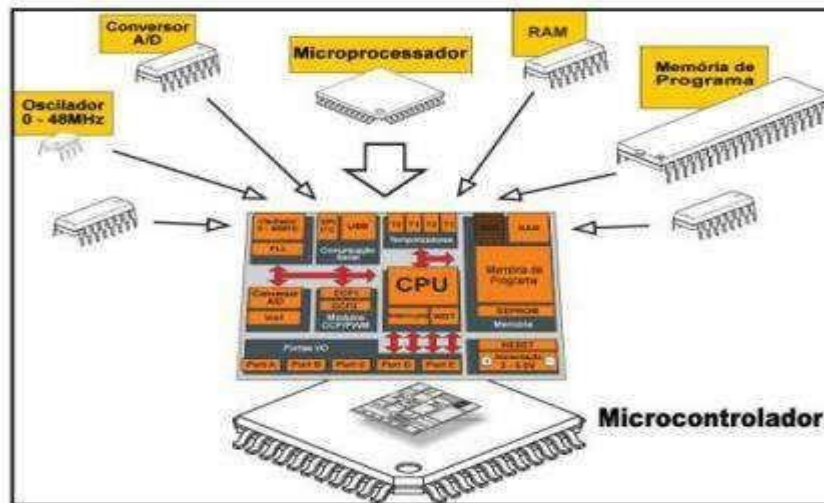
1.4 Microcontroladores

De acordo com Lima (2009) um microcontrolador é um computador em um chip, Figura 1.25. Um encapsulamento que contém um processador, periféricos de entrada/saída e memória. É um microprocessador que pode ser programado para executar funções específicas, em contraste com outros microprocessadores de propósito geral. Eles são embarcados no interior de algum outro dispositivo para que possam controlar as funções ou ações do mesmo.

Os microcontroladores diferenciam-se dos processadores, pois além dos componentes lógicos e aritméticos usuais de um microprocessador de uso geral, o microcontrolador integra elementos adicionais em sua estrutura interna, como memória de leitura e escrita para armazenamento de dados, memória somente de leitura para armazenamento de programas, dispositivos periféricos como conversores analógico/digitais (CAD), EEPROM para armazenamento permanente de dados, conversores digitais/analógicos (CDA), interfaces de entrada e saída de dados, etc.

As frequências de clock de MHz (Megahertz) dos microcontroladores, são baixas se comparados com a dos microprocessadores atuais, no entanto são adequados para a maioria das aplicações usuais como, por exemplo, controlar uma esteira de chão de fábrica, uma secadora de roupas ou uma máquina de lavar louças. O seu consumo, em geral, é relativamente baixo, comumente na casa dos miliwatts, e possuem geralmente habilidade para entrar em modo de espera (Sleep ou Wait) aguardando por uma interrupção ou evento externo como, por exemplo, o acionamento de uma tecla, ou um sinal que chega via uma interface de dados. O consumo destes microcontroladores em modo de espera pode chegar na casa dos nanowatts, tornando-os ideais para aplicações onde a exigência de baixo consumo de energia é um fator decisivo para o sucesso do projeto (CAETANO, 2014).

Figura 1.25 - Desenho esquemático de um microcontrolador

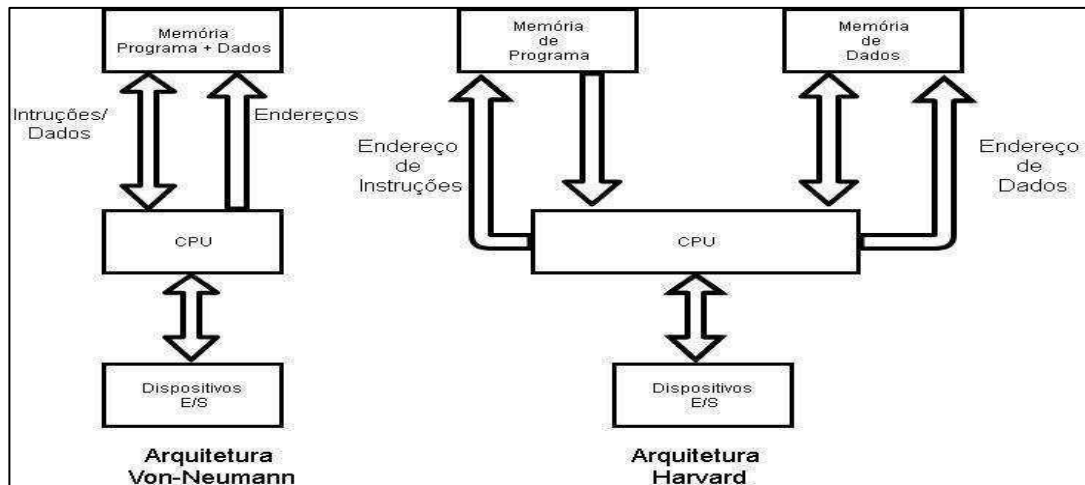


Fonte: MARTINS e TORRES, 2011

Existem duas arquiteturas tradicionais para os microcontroladores em geral: a arquitetura Harvard, que é caracterizada por dois barramentos internos, sendo um de dados e outro de instruções, e a arquitetura VonNeumann, onde existe apenas um barramento interno por onde circulam dados e instruções. A Figura 1.26 ilustra ambas as arquiteturas supracitadas. Pode-se dizer que a primeira é uma arquitetura serial e a segunda paralela, da mesma forma, pode-se dizer que a arquitetura Von-Neumann permite produzir um conjunto complexo de código de instruções para o processador (CISC — Complex Instructions Set Computer), com um tempo de execução por instrução de vários ciclos de clock. Já a arquitetura Harvard produz um conjunto simples de códigos de instruções e, dado ao paralelismo de sua estrutura, é capaz de executar uma instrução por ciclo de clock.

A arquitetura Von-Neumann é mais simples, com menor número de portas lógicas, entretanto, sua velocidade é menor que a Harvard. A arquitetura Harvard necessita de mais linhas de código para executar tarefas similares do que em uma arquitetura Von-Neumann, a qual possui maior conjunto de instruções (MARTINS e TORRES, 2011).

Figura 1.26 - Arquitetura Von-Neumann x Harvard



Fonte: LIMA, 2009

1.4.1 Arduino

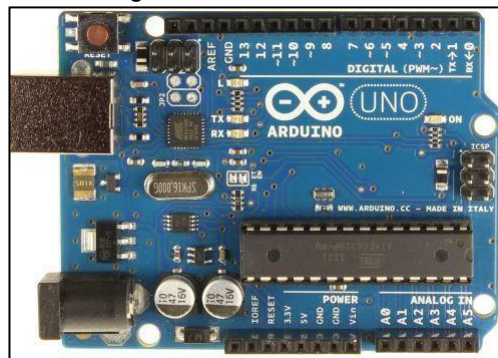
O Arduino é uma placa microcontrolada de código aberto que conta com um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). A plataforma Arduino foi desenvolvida com o escopo de dar facilidade para iniciantes que não tenham experiências com desenvolvimento de eletrônica e software, e até mesmo para os que já contemplam algum conhecimento e queiram se aprofundar. Com o hardware é possível interpretar o mundo externo, os sistemas físicos, por meio da leitura de sensores, chaves, etc., e atuar nas variáveis manipuladas como motores, displays, led's, relés e outros dispositivos que possam ser acionados pelos sinais de saídas. A interface responsável para integrar entradas e saídas é a IDE, plataforma de código aberto (open-source), que se trata de um ambiente de programação que suporta a linguagem de programação C/C++.

Existem diversos modelos de plataformas Arduinos: NANO, MEGA, DUE, UNO entre outros; nos quais as principais diferenças entre eles são: a capacidade de processamento, o tamanho do hardware, a memória, a quantidade de entradas e saídas (GOMES e TAVARES, 2013).

1.4.2 Arduino UNO

O Arduino UNO, Figura 1.27 contém dispositivos necessários para apoiar o microcontrolador: cristal de 16Mhz; conector USB; botão reset e o microcontrolador Atmega16U2, responsável pela interface USB para comunicação com o computador e possibilita o upload do código binário, gerado após compilação do programa. Basta conectá-lo ao computador pela USB ou por uma fonte externa, que está pronto para utilizar (ARDUINO, 2022).

Figura 1.27 - Arduino UNO

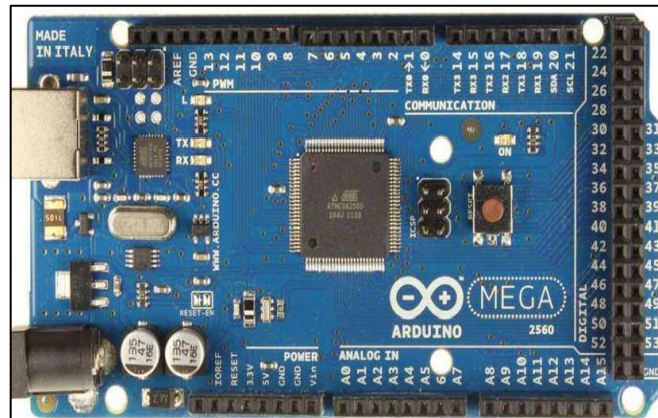


Fonte: ARDUINO, 2022

1.4.3 Arduino Mega

A placa Arduino Mega 2560 é mais uma placa da plataforma Arduino que possui recursos bem interessantes para prototipagem e projetos mais elaborados. Baseada no microcontrolador ATmega2560, possui 54 pinos de entradas e saídas digitais onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial. Além da quantidade de pinos, ela conta com maior quantidade de memória que Arduino UNO, sendo uma ótima opção para projetos que necessitem de muitos pinos de entradas e saídas além de memória de programa com maior capacidade (ARDUINO, 2022).

Figura 1.28- Arduino Mega



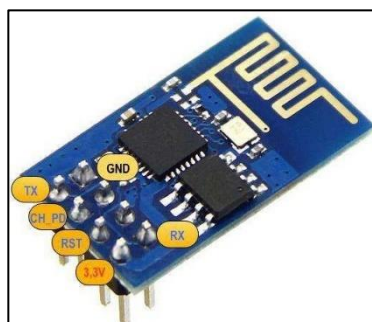
Fonte: ARDUINO, 2022

1.4.4 Módulo WiFi ESP8266

Os módulos ESP8266 são disponibilizados atualmente em 15 modelos distintos, sendo nomeados de ESP8266-01 a ESP8266-14 e ESP8266 - 32. Os módulos ESP8266-01 a ESP8266-10 tem por objetivo transmitir dados seriais UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) para wireless (Wi-Fi) por meio de conexões TCP/UDP. O modelo ESP8266-01, o que é utilizado neste presente trabalho, é o mais comumente utilizado e mais amplamente comentado atualmente.

A principal aplicação deste modelo é de utilizá-lo como ponte Serial-Wi-Fi, seja com o Arduino, propriamente, seja com qualquer outro microcontrolador com porta de comunicação serial. A Figura 1.29 apresenta o modelo ESP8266 e em seguida, uma descrição simplificada de sua pinagem (ARDUINO, 2022).

Figura 1.29- Módulo WiFi - ESP8266



Fonte: ARDUINO, 2022

- Vcc: Tensão de alimentação 3,3 V;
- GND: Sinal de Terra GND;
- Tx: Sinal de Tx do módulo, a ser conectado no Rx do microcontrolador;
- Rx: Sinal de Rx do módulo, a ser conectado no Tx do microcontrolador;
- RST: Sinal de *Reset/Restart* acionado em nível baixo (GND);
- CH PD: Sinal de habilitação do chip (*chip enable*), usado para gravação de firmware ou atualização;
- GPIO0: Pode ser controlado pelo firmware, e deve ser colocado em nível baixo (GND) para modo *update*, ou em nível alto para operação normal;
- GPIO2: I/O que pode ser controlada pelo firmware; LED: Quando está ligado, fica aceso em cor vermelha, e aciona a cor azul para indicar atividade. Pisca uma vez para indicar momento de boot.

1.5 Sensores

Sensor é a designação de dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que necessita ser mensurada, tais como temperatura, pressão, corrente elétrica, posição, etc. No mundo da eletrônica, um sensor é conhecido como qualquer dispositivo ou circuito eletrônico que permita a análise de uma determinada condição do ambiente.

Existe uma enorme variedade de sensores eletrônicos, porém, pode-se dividi-los basicamente em duas categorias: sensores digitais e sensores analógicos. Como os próprios nomes sugerem, essa divisão é feita de acordo com a forma com a qual o componente responde às variações da condição a ele estabelecida.

Os sensores digitais baseiam-se em níveis de tensão bem definidos. Estes níveis de tensão podem ser descritos simplesmente como alto (high) ou baixo (low),

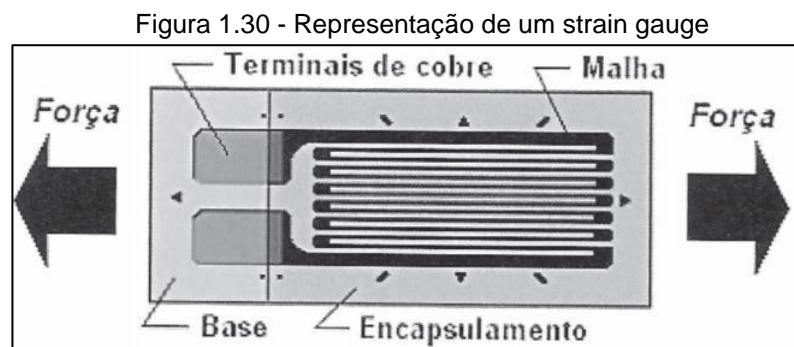
ou ainda, como níveis 0 e 1. Já os sensores analógicos são dispositivos mais comuns. Sinais analógicos são aqueles que, mesmo limitados entre dois valores, podem assumir infinitos valores intermediários. Desta forma, para cada nível de variação que o sensor for submetido, existirá um nível de tensão correspondente.

A utilização de um ou outro estará condicionada ao tipo de projeto, suas limitações e necessidade (TOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2005).

1.5.1 Célula de carga

Segundo Fernandes et al. (2008), célula de carga é um sensor capaz de realizar medições de força. Existem diversos princípios utilizados para esta medição, contudo, o tipo mais comum são as células constituídas por fitas extensiométricas (strain gauges). Estas fitas são fixadas de forma adequada em um bloco de aço especial com dimensões calculadas para apresentar uma deformação elástica e linear quando submetido a uma força. Esta deformação é detectada através da variação de sua resistência elétrica do extensômetro.

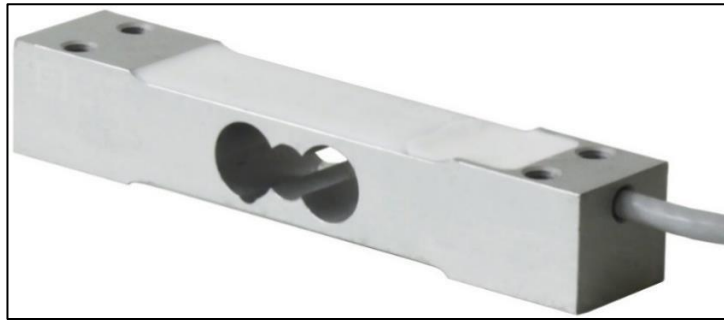
A Figura 1.30 mostra um exemplo de strain gauge.



Fonte: FERNANDES ET AL, 2008

De maneira geral, as células de carga podem adquirir vários perfis distintos, a depender do tipo de carga que se deseja mensurar. Os tipos mais comuns são células de compressão, tipo S, tipo viga, tipo plataforma, de ponte dupla, entre outras. A Figura 1.31 mostra uma célula de carga do tipo viga.

Figura 1.31 – Célula de carga do tipo viga



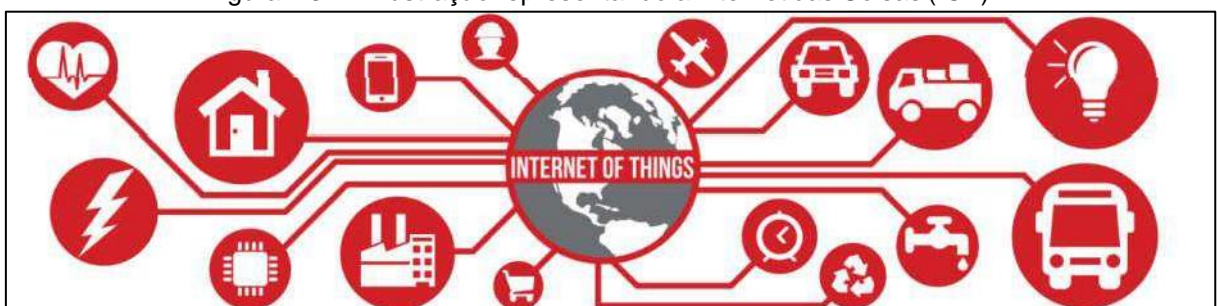
Fonte: LIBRATEK, 2022

A maioria das células de carga usam Strain Gauges em uma configuração de ponte de Wheatstone, que funciona como uma rede elétrica de adição e subtração. Esta configuração permite a compensação de efeitos de temperatura, bem como o cancelamento de sinais causados por forças externas. Esses circuitos consistem em uma ponte completa de quatro braços, com pelo menos um Strain Gauge de precisão em cada braço. Uma excitação regulamentada de 5 a 20V é necessária para alimentar a ponte (PCB LOAD & TORQUE, 2014).

1.6 Internet das coisas

A Internet das Coisas, são aplicações desenvolvidas para que objetos utilizados no dia a dia se comuniquem uns com os outros, sem a necessidade de envolver uma interface com as pessoas. A IOT vem sendo uma realidade cada vez mais presente na Internet, Figura 1.32, sendo responsável por um volume de informações bastante significativo. A Internet das coisas (IOT) é um conceito de computação que descreve um futuro em que todos os dias os objetos físicos serão conectados à Internet e poderão se identificar com outros dispositivos (TECHNOPEDIA, 2017).

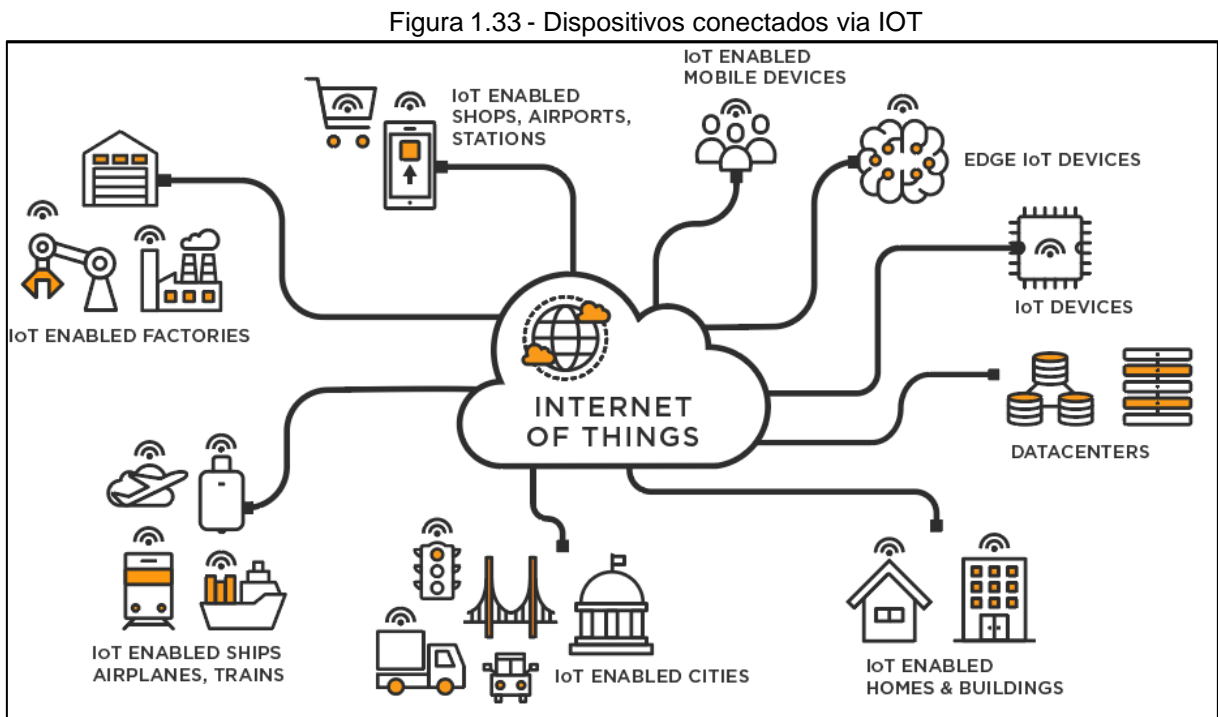
Figura 1.32 — Ilustração representando a Internet das Coisas (IOT)



Fonte: SAP, 2015

A internet de 1990 conectou um bilhão de usuários por meio de computadores. A Internet do início de 2000 conectou dois bilhões de usuários via smartphones e tablets. E até 2020, espera-se que o IOT conecte 50 bilhões de "coisas" à internet. Dispositivos ou “Coisas” estão cada vez mais equipados com sensores e atuadores. Esta combinação cria um ambiente onde dispositivos tem capacidade de agir, detectar e computar, de forma a tornar o ambiente inteligente (PRADO, 2014).

Da mesma forma, objetos físicos são cada vez mais equipados com marcadores (tags) onde podem ser detectados por RFID (Radio-Frequency Identification) ou analisada via QR-Code (Quick Response) por dispositivos móveis como smartphones e tablets. A Figura 1.33 demonstra dispositivos diversos conectados via IOT.



Fonte: TIBCO, 2022

Simplificando, este é o conceito de conectar basicamente qualquer dispositivo que possui uma opção de ligar e desligar, com a Internet e / ou com o outro dispositivo. Isso inclui praticamente tudo, desde celulares, cafeteiras, máquinas de lavar roupa, fones de ouvido, lâmpadas, dispositivos portáteis e quase qualquer outra coisa que

pudermos pensar. Isso também se aplica a componentes de máquinas, como por exemplo, um motor a jato de um avião, a broca de uma plataforma de petróleo ou um drone. O IOT é uma rede gigante de "coisas" conectadas (TECHNOPEDEIA, 2017).

1.7 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva utiliza-se como fundamento, os parâmetros prévios de funcionamento de um equipamento. Utilizar-se destes parâmetros permite que o operador e/ou a central de operações de equipamentos, monitore o seu estado de funcionamento para assegurar-se de que tudo está dentro das condições normais de operação.

Esta técnica de manutenção é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção, em que quanto mais intensificam-se o desenvolvimento de conhecimentos tecnológicos, surgem equipamentos mais precisos que permitem avaliações mais confiáveis de instalações em funcionamento (KARDEC; NASCIF, 2009).

Através da manutenção preditiva, reduz-se a necessidade de serviços de manutenção do equipamento, elimina-se a chance de desmontagem desnecessária, eleva-se significativamente o tempo de disponibilidade dos equipamentos, reduz-se paradas de emergência, aumenta-se o aproveitamento da vida útil dos equipamentos e a confiabilidade do desempenho e determina-se previamente interrupções de fabricação (ALMEIDA, 2008).

Porém, como este tipo de técnica de manutenção exige monitoramento contínuo dos equipamentos para comparação com parâmetros normais de funcionamento, é necessário atender algumas condições básicas para a sua aplicação correta.

Segundo Kardec e Nascif (2009), as condições básicas para adotar-se um sistema de Manutenção Preditiva são as seguintes:

- O equipamento, o sistema ou a instalação, devem permitir algum tipo de monitoramento/medição.
- O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação, custos envolvidos.
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

A necessidade de um sistema de monitoramento faz com que este tipo de manutenção tenha um custo inicial de implantação considerável.

Segundo Kardec e Nascif (2009) existem duas óticas diferentes para análise dos custos envolvidos:

- O acompanhamento periódico através de instrumentos de medição não é algo que represente um custo muito elevado, uma vez que a mão de obra envolvida não apresenta custo significativo haja vista a possibilidade de acompanhamento pelos próprios operadores dos equipamentos.
- Para a instalação de sistemas de monitoramento contínuo *online*, apresenta-se um custo inicial relativamente elevado. Em perspectiva a todos os custos envolvidos estima-se inicial que o investimento seja de cerca de 1% do capital total do equipamento a ser monitorado em que um programa de acompanhamento de equipamentos bem gerenciado apresenta uma relação custo- benefício de 1/5.

Coletar os dados de funcionamento de um equipamento é fundamental para a implantação de um sistema preditivo, porém, mais importante que coletar os dados, é

a interpretação dada à eles. Portanto, há a necessidade de operários devidamente treinados e qualificados para gerir e garantir a eficácia de um sistema preditivo.

1.7.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é a forma mais primitiva de manutenção, como foi mostrado anteriormente na Evolução da Manutenção. Ela se baseia simplesmente na correção de uma falha ou do desempenho menor que o esperado, ou seja, é uma manutenção de emergência. É dividida em duas classes: não-planejada e planejada.

A manutenção corretiva não-planejada corrige a falha de maneira aleatória, uma quebra inesperada, sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior. Como Kardec e Nascif (2009) bem explicam, ela atua em um fato já ocorrido, não há tempo para preparação do serviço, e infelizmente ainda é mais praticado do que deveria. Gera altos custos pois a quebra inesperada acarreta perdas na produção, perdas de qualidade, custos indiretos de manutenção, e ainda pode ter consequências inesperadas para o equipamento, pois a extensão dos danos pode ser bem maior.

Quando a maior parte da manutenção da empresa se baseia na corretiva não-planejada, o departamento de manutenção é refém dos equipamentos, é comandado por eles, e não o contrário, como deveria acontecer, e o desempenho empresarial da Organização perde muita competitividade (KARDEC e NASCIF, 2009).

A manutenção corretiva planejada se diferencia da não-planejada por ser uma decisão gerencial. Ela também é uma correção de uma falha ou de um desempenho menor que o esperado, porém se baseia na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva (KARDEC e NASCIF, 2009). Como seu próprio nome sugere, é planejado, e o planejado é sempre mais barato que o não-planejado.

Xenos (1998) ressalva que mesmo que a manutenção corretiva tenha sido escolhida por decisão gerencial, não se pode simplesmente se conformar com a ocorrência de falhas como um evento já esperado e natural, é essencial o esforço para

identificar precisamente as causas fundamentais das falhas e bloqueá-las, evitando sua reincidência

1.7.2 Manutenção preventiva

É a manutenção voltada para evitar a ocorrência de falhas ou quedas de desempenho, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos, obedecendo um plano previamente elaborado. Diferentemente da manutenção corretiva, a preventiva, como o próprio nome sugere, procura prevenir, evitar a ocorrência de falhas. É imprescindível quando o fator segurança se sobrepõe aos demais.

Xenos (1998, p. 24) destaca a vantagem do uso da manutenção preventiva em face a manutenção corretiva: "(...) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos."

Porém, como Kardec e Nascif (2009) bem destacam, se por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades, nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas. Assim, deve-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas.

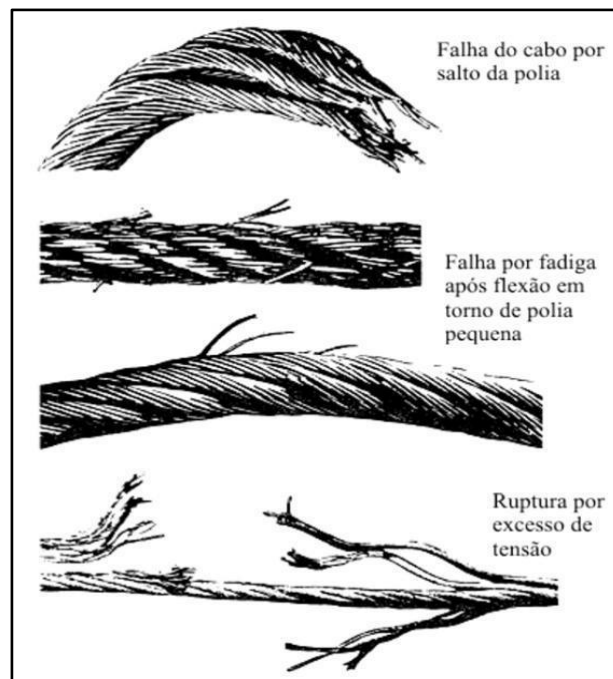
Kardec e Nascif (2009) esclarecem também que nem sempre os fabricantes fornecem dados precisos para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além disso, condições ambientais e operacionais influem significativamente na degradação dos equipamentos, logo, a definição de periodicidade e substituição deve ser estipulada para cada instalação.

Como é evidenciado por Xenos (1998), muitas vezes é negligenciado pelas empresas o cumprimento dos itens de manutenção preventiva, e o tempo que seria gasto com a preventiva, acaba sendo gasto para trabalhar em falhas que surgem no dia-a-dia da produção. Isso se dá porque sem uma boa manutenção preventiva, as falhas tendem a aumentar, ocupando todo o tempo do pessoal de manutenção.

1.8 Desgastes no cabo de aço

Os cabos de aço das pontes rolantes foram responsáveis por um total de 1493,83 horas em que os equipamentos permaneceram parados para correção de falhas, sendo que estas horas representam 14,02% do total de horas para correção de falhas da família de equipamentos. Este componente é crucial do ponto de vista da segurança dos funcionários, pois o seu rompimento pode ocasionar acidentes fatais (DIAS ET AL, 2018).

Figura 1.34 – Falhas no cabo de aço



Fonte: LENZ, 2012

1.9 Inspeções nos cabos de aço

Cabos de aços são produtos que possuem tempo de vida limitado. Para garantir o máximo da segurança, o cabo deve passar constantemente por inspeções. A mais frequente delas é a Inspeção Visual. Esta deve ocorrer diariamente com o objetivo de detectar qualquer condição que aparente prejudicar o comportamento do cabo de aço. Caso algo suspeito seja visualizado que possa prejudicar a segurança na sua utilização, uma pessoa qualificada para serviço deve ser comunicada e o cabo deve ser retirado de serviço.

Outra inspeção, também indispensável, é a Inspeção Periódica. Esta deve ser realizada por um profissional mais qualificado em intervalos maiores de tempo, cuja frequência deve variar devido a fatores como: tipo de cabo que está sendo utilizado, tempo de uso, agressividade ambiental, condições de operação e resultados de inspeções anteriores.

Na Inspeção Periódica, a pessoa qualificada deve buscar propriedades físicas no cabo que demonstrem a necessidade da troca: Arames rompidos: visualização de 6 ou mais arames rompidos em um passo, ou 3 arames em uma perna. Normalmente os arames são rompidos por abrasão do cabo de aço; Redução de diâmetro maior do que 5% em relação ao seu diâmetro nominal; Corrosão acentuada: Pode ocorrer externamente ou internamente.

Neste último caso a condição é mais difícil de ser detectada, mas pode-se notar aproximação das pernas do cabo e variação no diâmetro. Danos causados pela utilização em altas temperaturas, ou qualquer outra deformação no cabo: dobra; amassamento; alma saltada; gaiola de passarinho (Manual de Cabo de Aço, 2022).

2 METODOLOGIA

Neste capítulo encontram-se as diretrizes percorridas para o desenvolvimento e construção do projeto que se intitula “ Desenvolvimento de um simulador de ponte rolante com um sistema de monitoramento para manutenção preditiva”.

Refere-se a uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da FATEC SBC “Adib Moises Dib” e nas residências dos integrantes do grupo.

2.1 O que é Metodologia

No meio de diversos autores que trata da metodologia científica destaca-se Severino (2013), o trabalho monográfico caracteriza-se mais pela profundidade do tratamento do que por sua eventual extensão, generalidade ou valor didático.

A redação do texto tem como base o Manual de Normatização de Projeto de Trabalho de Graduação da Fatec São Bernardo do Campo (2017), que se encontra ancorado nas normas da ABNT. A redação do texto é escrita numa linguagem simples, concisa e com terminologia adequada

2.2 Tema-problema com justificativa e fluxogramas

A visão de criar o projeto voltado para a atualização de equipamentos transportadores de carga usando um sistema de monitoramento remoto, originou-se pelo fato de a ponte rolante representar um investimento significativo e de extrema importância para o manuseio de materiais e equipamentos dentro de ambientes fabris.

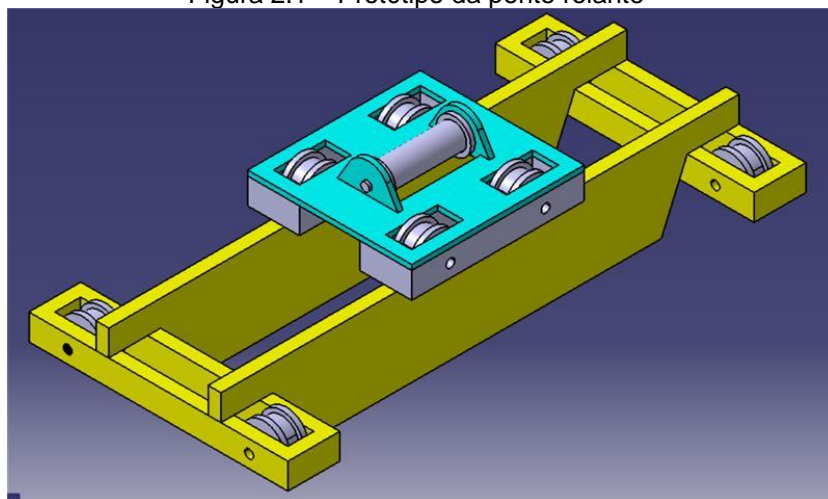
Por esse motivo a integração com sistemas modernos de monitoramento e coleta de dados se torna essencial para o aumento da vida útil do equipamento e para a melhor tomada de decisões relacionadas as manutenções preditivas.

Conseqüentemente, o projeto nomeado desenvolvimento de um simulador de ponte rolante com um sistema de monitoramento para manutenção preditiva tem como objetivo criar uma ponte rolante em escala para simular as condições adversas encontradas no ambiente fabril, e através da comunicação em rede coletar dados que serão usados para alimentar um sistema on-line de monitoramento que possuirá um dashboard que visualmente permitirá a tomada de decisões com base nos gráficos e históricos de alarmes gerado. Para isso utilizaremos um microcontrolador Arduino Uno que será responsável pelo controle de movimentos da ponte e da leitura e interpretação dos sensores, e para armazenar os dados faremos o uso de um servidor InfluxData e posteriormente trabalhar eles na aplicação web de análise de código aberto e visualização interativa da web Grafana.

Justifica-se por permitir a integração de sistemas antigos com ferramentas de análises capazes de melhorar a performance do equipamento, e ao mesmo tempo, reduzir desgastes por operação indevida, e permitir manutenções preventivas com maior taxa de eficiência.

Para a construção e desenvolvimento do projeto, faz-se uso de motores de corrente contínua (CC), sensor de carga, microcontrolador e estrutura mecânica. Para ilustrar a ideia, desenvolvemos um protótipo de como irá ficar nosso projeto pelo software AutoCAD, conforme mostra a Figura 2.1.

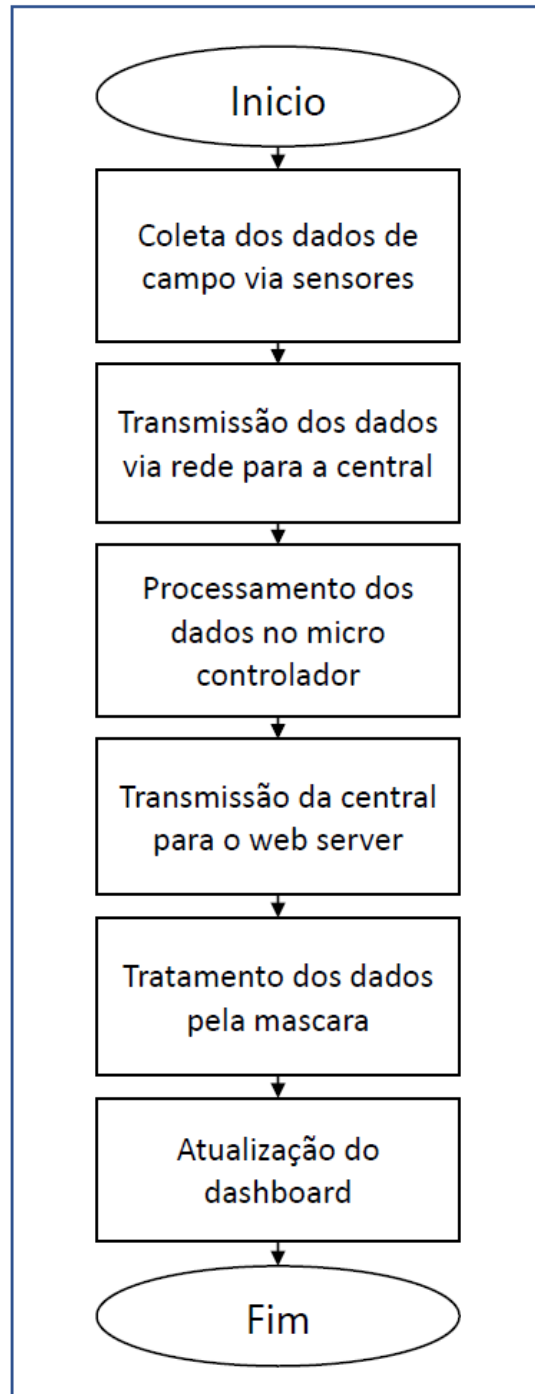
Figura 2.1 – Protótipo da ponte rolante



Fonte: Autoria própria, 2022

Após delimitado o tema-problema e a justificativa, são apresentados os fluxogramas para melhor visualização do projeto, conforme a Figura 2.2 é apresentado o fluxograma de funcionamento geral do projeto.

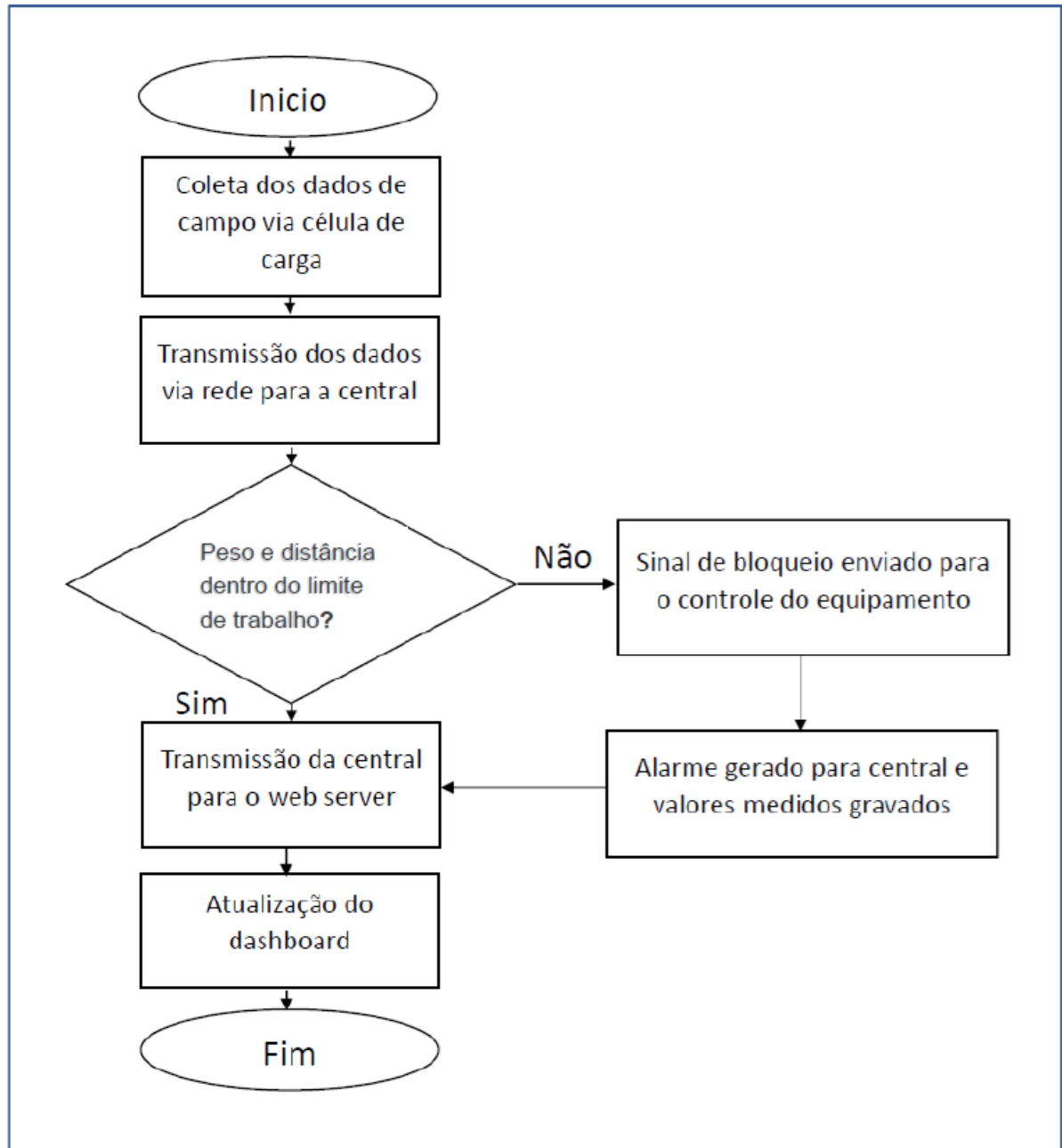
Figura 2.2 – Fluxograma de funcionamento geral



Fonte: Autoria própria, 2022

Segue na Figura 2.3 o fluxograma do subsistema de análise de falha.

Figura 2.3 – Fluxograma do subsistema de análise de falha



Fonte: Autoria própria, 2022

2.3 Etapas teóricas e práticas para o desenvolvimento do projeto

Após o esclarecimento do tema-problema e uma breve descrição do projeto através do diagrama parte-se para as seguintes etapas:

Primeira etapa: reunião dos componentes do grupo, para escolha do orientador. Após o convite, o orientador se colocou à disposição do grupo e concordou nos orientar com o tema

Segunda etapa: reunião do grupo com o orientador, para tratar de temas como métodos de pesquisa e possíveis referencias, além de uma explicação geral sobre o tema principal do projeto. O orientador colocou-se à disposição para suprimir algumas dúvidas e marcou, obrigatoriamente, um dia por semana para lhe apresentar o andamento da pesquisa;

Terceira etapa: levantamento bibliográfico ocorreu na biblioteca da FATEC S.B Campo, em sites especializados e manuais de empresas. Os mesmos foram lidos e relidos e selecionado aquelas teorias que melhor se enquadram para o desenvolvimento do projeto. Em seguida, constrói-se o Capítulo 1 – Fundamentação teórica e referencias.

Quarta etapa: levantamento dos materiais a serem usados no projeto. Pesquisas de preços em sites e lojas especializadas. Estudo da viabilidade econômica. Aquisição dos materiais conforme Tabela 1.1

Tabela 2.1 – Materiais utilizados para a confecção do projeto

Descrição dos materiais	Quantidade	Valor em Reais
Célula de carga	1	39,90
Botão redondo NA	10	22,90
Caixa hermética multiuso	1	19,60
Sensor ultrassom Hc-sr04	1	15,99
Sensor de tensão	1	12,90
Placa Arduino uno	1	75,00
Total		186,29

Fonte: Autoria própria, 2022

Quinta etapa: na parte física, foi feita a montagem de um circuito eletrônico composto por nove botões, um sensor de proximidade, uma célula de carga e um sensor de tensão 0-25 V. Tudo isso interligado com a interface do Arduino Uno.

Sexta etapa: desenvolvimento da programação na IDE do Arduino Uno.

Sétima etapa: montagem da prototipagem em placa de teste. Verificação do funcionamento do protótipo e montagem final.

Oitava etapa: integração das partes mecânica, eletrônica, programação e teste final de funcionamento.

Nona etapa: apontamentos de obstáculos encontrados durante o desenvolvimento e construção do projeto e soluções.

Decima etapa: após finalizar o desenvolvimento do projeto faz-se as Considerações finais e Resumo

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo encontra-se passo a passo o desenvolvimento e construção lógica do projeto intitulado: Desenvolvimento de um simulador de ponte rolante com um sistema de monitoramento para manutenção preditiva.

3.1 O projeto finalizado

Para melhor entendimento as Figuras 3.1 e 3.2 ilustra-o finalizado.

Figura 3.1 – Simulador de Falhas

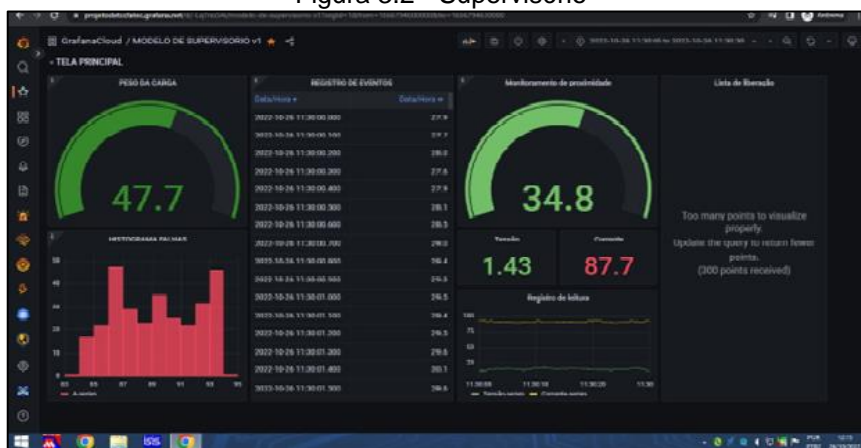


Fonte: Autoria própria, 2022

Legenda dos botões:

- 1 – Reset de falha;
- 2 – Falha de sobretensão;
- 3 – Falha de sobrecorrente;
- 4 – Falha de proximidade com obstáculo;
- 5 – Falha de equipamento fora da zona de trabalho;
- 6 – Falha de comunicação perdida;
- 7 – Falha do enrolador de cabos;
- 8 – Falha de emergência;

Figura 3.2 - Supervisório



Fonte: Autoria própria

3.1.2 Funcionamento do Simulador de Ponte Rolante

De forma prática estamos utilizando uma giga de testes como simulador de nossa ponte rolante. Conforme pode ser visto na Figura 3.1, cada botão da nossa giga faz a função de um sensor instalado fisicamente em uma ponte rolante, que ao ser pressionado estará enviando um sinal para o nosso supervisório alertando sobre a respectiva falha, podendo ser ela de: sobrecorrente, sobretensão, proximidade com obstáculo, equipamento fora da zona de trabalho, falha de comunicação perdida, falha do enrolador de cabos e falha de emergência.

Seu funcionamento interno da giga de teste dá-se da seguinte maneira: o Arduino Uno abriga o algoritmo de detecção das falhas dos sensores utilizados, o Microcontrolador se comunica com a interface na nuvem enviando e recebendo dados, e na nuvem existem alguns alarmes, bem como telas de controle.

No simulador de ponte rolante há um microcontrolador conectado a vários sensores, como célula de carga, sensor de ultrassom, que serão responsáveis por enviar sinais para o Arduino, que por sua vez fará a coleta desses sinais, via software, e estará transmitindo para o supervisório. Por sua vez esses sinais de carga excedida, proximidade com obstáculos e status de alimentação como tensão e corrente estarão indo para o supervisório via rede IOT.

O desenvolvimento do projeto encontra-se fundamentado nos seguintes tópicos:

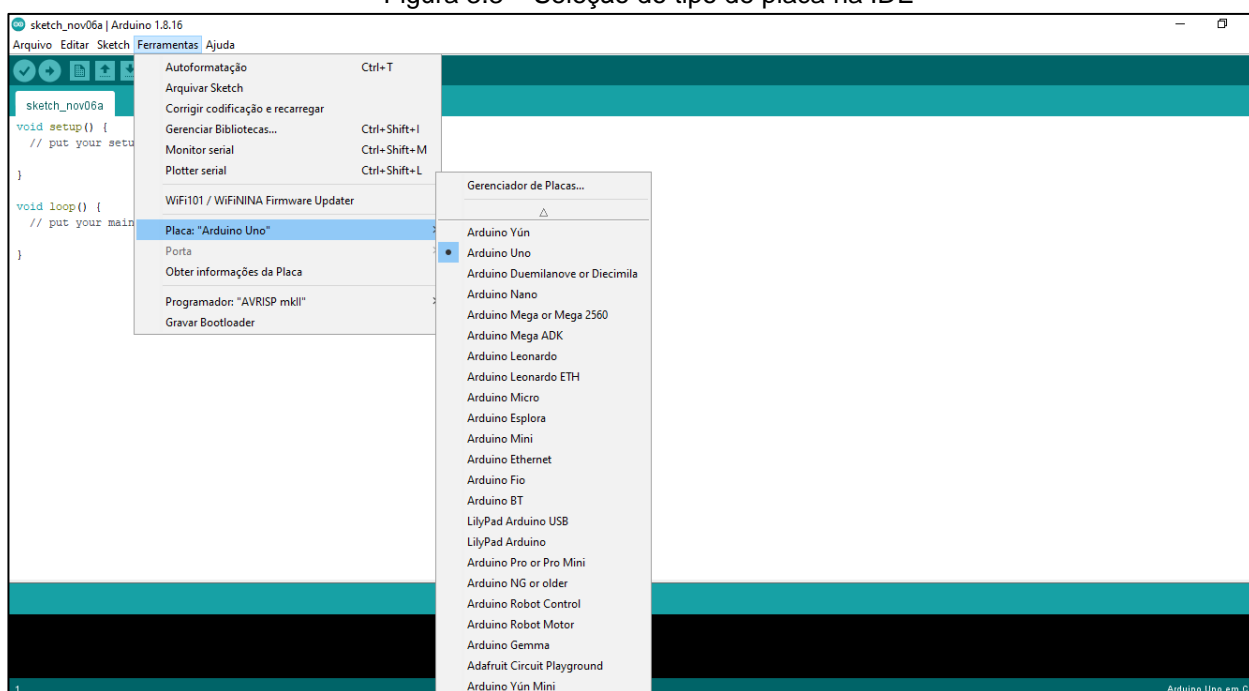
- Configuração e programação do Microcontrolador;
- Construção do protótipo de simulação de ponte rolante;
- Configuração de comunicação da interface física com a plataforma IOT;
- Obstáculos e soluções.

3.2 Configuração e programação do Microcontrolador

A primeira etapa do desenvolvimento refere-se à configuração da interface de programação do Microcontrolador Arduino, com intuito de utilizar o Arduino IDE. Faz-se uso de um conversor USB-serial para fazer a comunicação entre o Microcontrolador e o computador. Em seguida baixa-se o framework mais recente do Arduino, compatível com o computador que se utiliza. Realiza a instalação do framework do Arduino, abrindo o programa para iniciar a configuração.

Com a janela do Arduino IDE aberta, clica-se na aba “ferramentas”, e logo após em “gerenciador de placas”, um novo menu é aberto. Na tela principal clica-se em Arduino uno e a plataforma IDE já está configurada para receber o download da programação a ser criada. A Figura 3.3 ilustra a IDE do Arduino UNO.

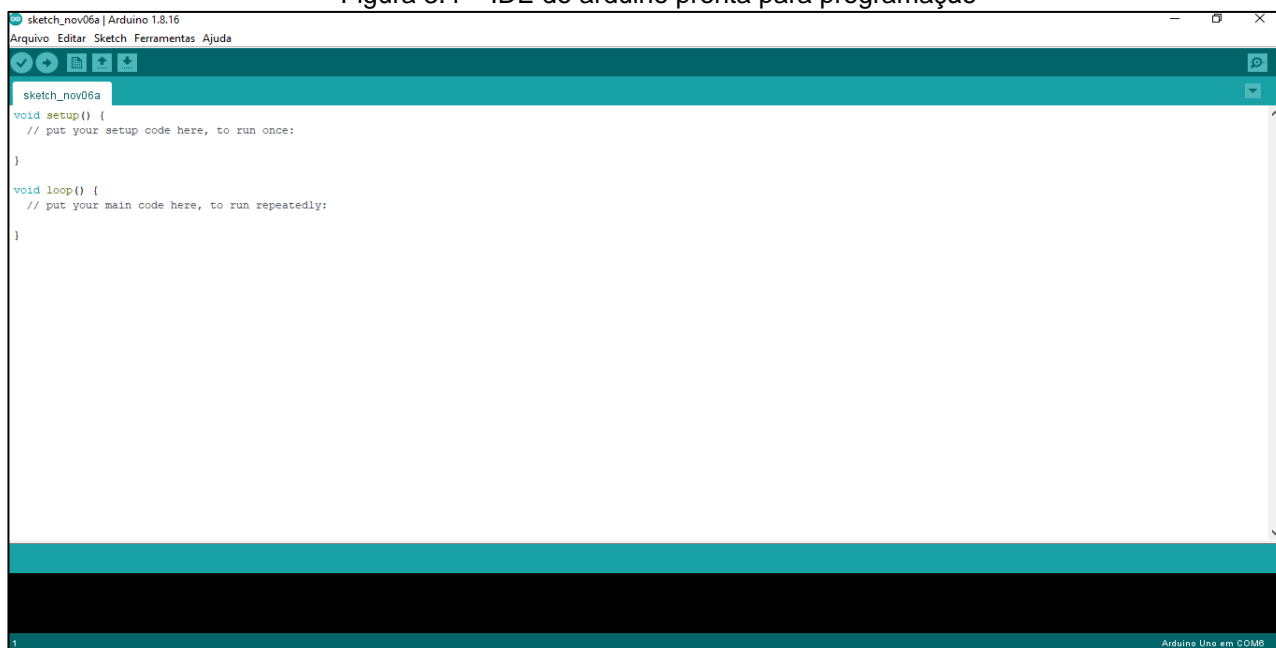
Figura 3.3 – Seleção do tipo de placa na IDE



Fonte: Autoria própria, 2022

Na Figura 3.4 abaixo segue a IDE do Arduino pronta para o início da programação.

Figura 3.4 – IDE do arduino pronta para programação



Fonte: Autoria própria, 2022

3.3 Construção do protótipo de simulação de ponte rolante

Logo após as configurações da IDE do Arduino, se iniciou a construção do protótipo de simulação de ponte rolante. O passo inicial foi o de desenvolver o diagrama elétrico com o objetivo de criar um protótipo padrão.

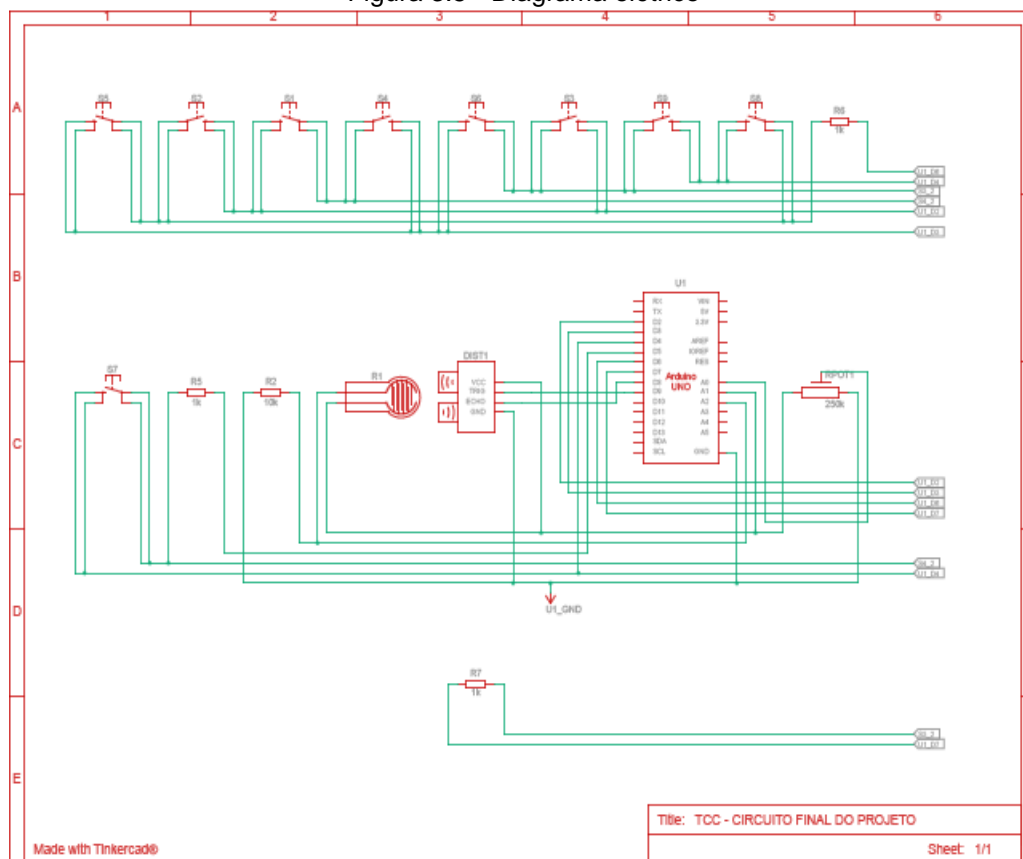
Para a construção do diagrama elétrico foi necessário estabelecer quais itens seriam monitorados. Os itens escolhidos foram: nove sinais de falhas, um monitoramento de carga, um sensor de aproximação, um sensor para tensão e outro para corrente. O que nos levou a estabelecer a necessidade de três portas analógicas e de oito portas digitais. O dimensionamento do projeto nos levou a escolha do microcontrolador Arduino Uno, devido a sua disponibilidade de portas que se adequou ao nosso protótipo. Usamos as portas de 0 a 5 para a construção de um teclado matricial capaz de ler os botões que simulam falhas diversas. As entradas seis e sete estão sendo usadas para a utilização de sensor de ultrassom hc-sr04, sendo os pinos de echo e trigger respectivamente.

Para fazer a leitura dos sinais vindos dos sensores e realizar a comunicação dos mesmos com o microcontrolador estaremos utilizando apenas a programação na IDE do Arduino Uno.

Uma vez que os sinais são processados via software, eles são enviados para um servidor on-line chamado influx data, que por sua vez alimenta a plataforma de dashboard on-line.

A seguir a Figura 3.5 demonstra o diagrama elétrico do nosso simulador.

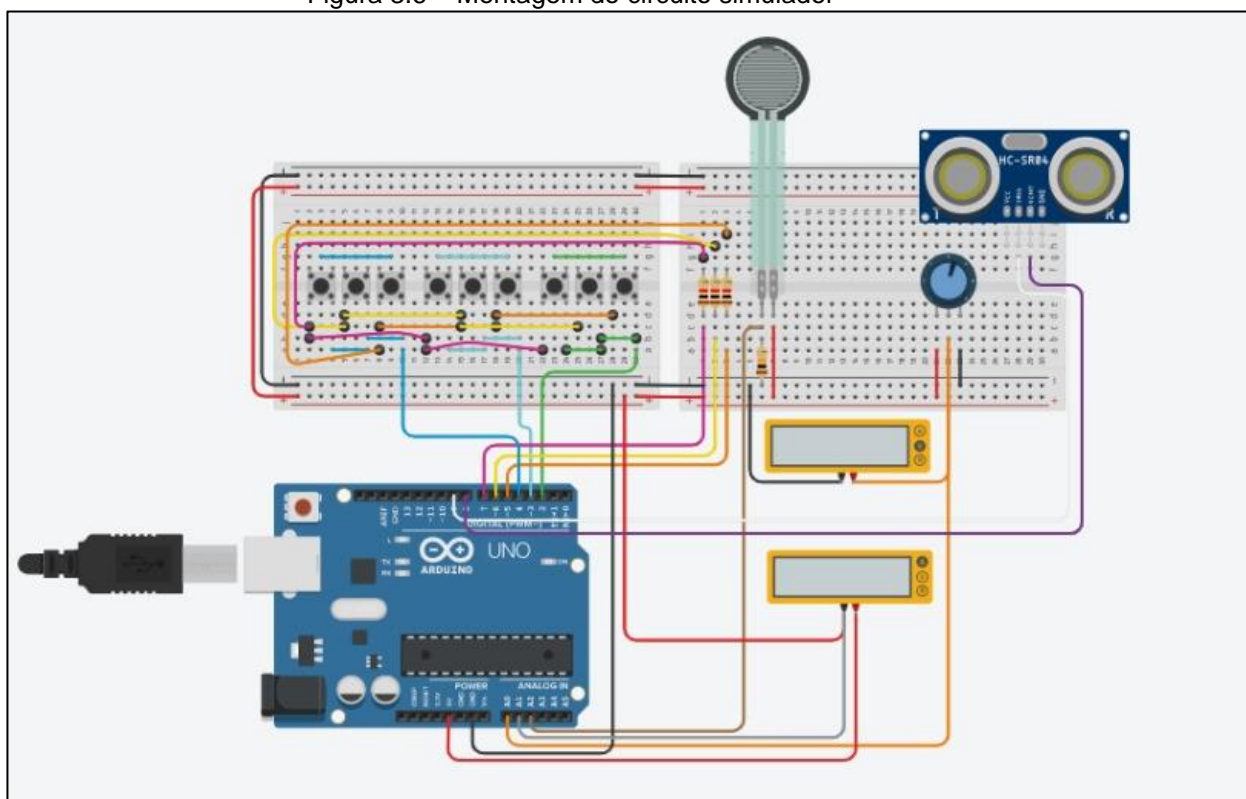
Figura 3.5 - Diagrama elétrico



Fonte: Autoria própria, 2022

A Figura 3.6 demonstra a montagem do circuito simulador.

Figura 3.6 – Montagem do circuito simulador



Fonte: Autoria própria, 2022

3.4 Configuração de comunicação da interface física com o IOT

Logo após a configuração da interface de programação do Microcontrolador e da subsequente construção do protótipo de simulador de ponte rolante, se iniciou a configuração de comunicação entre o Microcontrolador e a nuvem. Na primeira fase acessa-se através de um computador o site “www.influxdata.com” para iniciar o cadastro de um novo usuário na plataforma. Em seguida mantivemos o site aberto para ser usado quando necessário.

Após o término do download, abre-se a janela da IDE do Arduino, clica-se na aba “sketch” e seleciona-se a opção “incluir arquivo” buscando a pasta “includelibraries” e buscar o arquivo “influxDB Client for Arduino”.

Retorna-se a tela principal do site “influxdata”, clica-se na opção “Arduino” e no botão “Next” é necessário salvar o link fornecido pelo servidor para declarar qual será o endereço onde serão armazenados os dados coletados pelo Arduino. Logo após clicar

novamente no botão “Next”, e copiar o cabeçalho fornecido pelo servidor, e escreve-lo em sua aplicação.

Logo após isso retorna-se a IDE do Arduino, onde será necessário inserir o nome usuário da plataforma, nome do dispositivo e a credencial; nos comandos “#define USERNAME”, “#define DEVICE_ID” e “#define DEVICE_CREDENTIAL”, respectivamente. Esses dados devem estar de acordo com o que foi criado em nuvem para evitar erros no programa e problemas de comunicação.

O último passo da configuração é definir a rede Wi-Fi para que o Microcontrolador se conecte a nuvem. Para isto, digita-se o nome da rede no comando “#define SSID” e a sua respectiva senha de acesso no comando “#define SSID_PASSWORD”. Ambos devem estar inseridos corretamente para haver comunicação com a rede de Wi-Fi.

Sendo finalizada a comunicação entre o Arduino e o servidor migramos para o servidor do grafana e realizamos o login de forma convencional. Na sequência pressionamos o botão “data source/influxDB”, onde realizamos a configuração para que ambos os servidores se comuniquem.

3.5 Obstáculos e soluções

Durante o desenvolvimento do projeto surgiram alguns obstáculos e os mesmos foram solucionados através de pesquisas, conhecimento dos integrantes do grupo e consulta a professores da área.

Obstáculo 1: O número de portas disponíveis no modelo de arduíno que já havíamos adquirido não comportava a quantidade de variáveis de campo que gostaríamos de avaliar

Solução: Foi construído um circuito multiplex, onde se gerou a possibilidade de ampliação dos números de variáveis de campos disponíveis, permitindo um enriquecimento do número de dados disponibilizados para o supervisor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto intitulado Desenvolvimento de um Simulador de Ponte Rolante com um sistema de monitoramento para Manutenção Preditiva tem como objetivo desenvolver um simulador de falhas que ocorrem durante a operação de uma ponte rolante. Após a simulação da falha, a mesma estará sendo visualizada no supervisório através da lista de alarmes gerados, o que auxiliará na tomada de decisões no que diz respeito a manutenção preditiva. O objetivo foi alcançado com êxito. O projeto se justificou pelo ganho da otimização na manutenção do equipamento, pois gerou menos paradas, devido as previsões de falhas registradas no supervisório.

O desenvolvimento se deu no Microcontrolador Arduino Uno, bem como a monitoração dos sensores célula de carga, ultrassom e de tensão que fazem monitoramento das falhas durante a operação do simulador.

Entre todas as fontes pesquisadas para execução do projeto, as que mais acrescentaram conhecimento foram sobre a comunicação em nuvem, e a programação e configuração do Arduino Uno, juntamente com os conhecimentos obtidos nos tópicos de manutenção preditiva, sensores, que foram de suma importância para o alcance do que foi proposto nesse projeto.

Os métodos e técnicas obtidas pela metodologia científica deram suporte para organizar e planejar as etapas que direcionam o caminho para o desenvolvimento do projeto. Deste modo foi possível trazer uma nova abordagem de manutenção, no caso a preditiva, para o componente termopar, podendo futuramente ser reaplicado o conceito em diversos outros componentes no processo produtivo.

O projeto trouxe proporcionou aos integrantes do grupo conhecimentos valiosos obtidos durante a formação durante o curso, complementando os conhecimentos técnicos e incentivando à pesquisa e desenvolvimento de tecnologia.

Foram encontrados desafios durante a elaboração do projeto, porém foram solucionados com êxito com ajuda do embasamento bibliográfico e também com ajuda dos conhecimentos dos docentes.

O projeto traz para a comunidade científica a possibilidade de estudo de caso, assim como abre a possibilidade para implementação e desenvolvimento de novos algoritmos para detecção de falhas de forma preditiva em componentes industriais, sendo necessário um estudo de caso para cada novo projeto.

Como desvantagem destaca-se a fragilidade dos componentes usados, o que inviabiliza a utilização do mesmo em ambientes fabris. Sendo necessário uma reavaliação das dimensões dos equipamentos usados.

Tendo em vista todo o desenvolvimento, conclui-se que o projeto foi desenvolvido com êxito, trazendo novos conhecimentos para os integrantes do grupo, principalmente sobre o Microcontrolador Arduino Uno, a elaboração do algoritmo de detecção de falha e comunicação com a nuvem.

MELHORIAS FUTURAS

Propõem como ações de melhorias futuras a utilização do protótipo em ambientes fabris. Sendo que para isso deverão ser reavaliados o uso de componentes menos suscetíveis a ruídos.

Também se constatou a necessidade de um backup local da lista de alarmes por pen drive ou outro dispositivo de armazenamento compatível. Entende-se que em ambientes fabris a rede wifi estará oscilando, o que ocasionara perda de informações em tempo real.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcio Tadeu. **Manutenção preditiva: benefícios e lucratividade**, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/8690282-Manutencao-preditiva-beneficios-e-lucratividade.html>. Acesso em: 15 de mar. 2022.

ARDUINO. **Arduino uno, 2022**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 01 abr. 2022.

BERNADO, Alexandre Moretti. **Proposta de sistema embarcado para auxílio e monitoramento do idoso**. Monografia de graduação. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

CAETANO, Ronaldo Evangelista. **Microcontroladores**. Disponível em: <https://sites.google.com/site/ronaldoecaetano/microcontrolador>. Acesso em 01 de maio de 2022.

CALTEC, **Engenharia de Equipamentos Industriais, 2022**. Disponível em: <http://www.caltecequipamentos.com.br>. Acesso em 02 de set. de 2022.

CMK, **GLOBAL SERVICE**, 2022. Disponível em: <https://cmk.com.br/servicos/solucao-para-regularizacao-de-caminhos-de-rolamentos-de-pontes-rolantes/> Acesso em: 01 de out. 2022.

COSTA, Leonardo José Domingos da. **AUTOMAÇÃO DE PONTES ROLANTES SIDERÚRGICAS**. 2013. 9 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Automação e Controle, Instituto Nacional de Telecomunicações, Santa Rita do Sapucaí, 2013.

DEMAG, **Pontes rolantes**, 2015. Disponível em: <http://www.demagcranes.com.br/> Acesso em: 01 de fev. 2022.

DIAS, Bruno M. et al. **MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTES: PONTES ROLANTES**. 2018. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium, Araçatuba, 2018.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO “ADIB MOISÉS DIB”. **Manual de Normalização de Projeto de Trabalho de Graduação**: Material didático para utilização nos projetos de trabalho de graduação, dos cursos de Tecnologia em Automação Industrial e Tecnologia em Informática para Negócios. 5. ed. revisada e atualizada. São Bernardo do Campo: Centro Paula Souza, 2017.

FAMIL. **Talhas Omis**. Disponível em: <http://www.famil.ind.br/view_cont_representacao.php?id=21>. Acesso em: 04 de abr. 2022.

FERNANDES, José Augusto Coelho et al. **Instrumentação e controle**: guia básico. Brasília: Link Design, 2008.

FITZGERALD, A. E; CHARLES KINGSLEY, Jr.; STEPHEN D. UMANS. **Máquinas Elétricas - Com introdução à eletrônica de potência**. Porto Alegre: 6º edição – BOOKMAN, 2006.

FOGAÇA, Jenifer Rocha Vargas, **Leis Ponderais**. 2013. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/leis-ponderais.htm>> Acesso em: 21 de abr. 2022.

GOMES, B.; TAVARES, A. L. **Uma solução com Arduino para controlar e monitorar processos industriais**. abr. 2013. 4. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio Aquino. **MANUTENÇÃO**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KNÜPPE, Leonardo Lisboa. **Máquinas I - campo girante trifásico**. 2013. Disponível em: <http://leoknuppe.wordpress.com/2013/11/07/272/> Acesso em: 3 de maio 2022.

LENZ, André Luiz. **Tecnologia para Automação de Pontes Rolantes**. São Paulo: SENAI, 2012. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/tecnologia-de-automacao-de-pontes-rolantes-parte-1/4783936/>. Acesso em: 15 de abr. 2022.

LIBRATEK, **Balanças e Serviços**. Disponível em: <<https://www.libratek.com.br/>>. Acesso em: 20 de set. 2022.

LIDERMAC. **Engenharia**. Disponível em: <<http://lidermac.com.br/>>. Acesso em: 15 out. 2022.

LIMA, Charles Borges. **OS PODEROSOS CONTROLADORES AVR**. Instituto Federal De Educação, Ciência Tecnologia De Santa Catarina. Santa Catarina, 2009.

LUCA, H. P. **Redimensionamento de motores elétricos com foco em eficiência energética**. Webinar. Leonardo Energy, 2022.

Disponível em: <https://leonardo-energy.org.br/webinar/redimensionamento-de-motores-eletricos-com-foco-em-eficiencia-energetica/>. Acesso em 05 de abr. 2022.

Manual de Cabo de Aço, 2022. https://saoraphael.com/wp-content/uploads/2021/12/manual-cabodeaco_SaoRaphael_2019-1.pdf

MARTINS, Henrique. R ; TORRES, Fernando. E **Apostila Curso de Sistemas Microcontrolados**, baseado no PIC18F4550. [S.L:s.n], 2011.

MECÂNICA INDUSTRIAL: O que é uma ponte rolante.

Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/570-o-que-e-uma-ponte-rolante/>>. Acesso em 05 de Abr. 2022.

MIRANDA, Kleber Ricardo; SANTOS, Juliano de Paula; GUARNIERI, Fernando Luis. **AUTOMAÇÃO DE PONTES ROLANTES POR RÁDIO FREQUÊNCIA**. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2009, São José dos Campos. Artigo. São José dos Campos: Univap/feau, 2009. p. 1 - 5.

NASSAR, W. R. **Apostila de Máquinas de Elevação e Transporte**. Universidade de Santa Cecília - São Paulo. 2004

Disponível em: https://pt.slideshare.net/ProfAlexandreEngenharia/aula-maq-elevalex1120161p1?next_slideshow=61338720. Acesso em: 02 de abr. 2022.

NOBLAT, Fellipe de Oliveira et al. **DOCUMENTOS TÉCNICOS DE ESPECIFICAÇÕES DE PONTES ROLANTES NA CSN**. 2014. Documento técnico de propriedade da Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, 2014.

PASSOS, L. C. **Apostila: Técnicas de instalação, operação, manutenção, testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas**. Make Engenharia, Assessoria e Desenvolvimento. 2011.

PCB LOAD & TORQUE. **Load Cell Handbook**. Disponível em: <http://www.pcb.com/contentstore/MktgContent/LinkedDocuments/Load_Torque/LT-LoadCellHandbook_LowRes.pdf>. Acesso em: 10 de abr. 2022.

PINHEIROS, J. C. C. **Projeto e desenvolvimento de uma linha de pontes rolantes padronizadas para uma empresa metal mecânica**. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Mecânica, Unijuí, 2015.

PORTFÓLIO MONTEC. **Caminho de rolamento**. Disponível em: <https://monttec.ind.br/produtos/#caminho-de-rolamento>. Acesso em: 15 de mar. De 2022.

PRADO, Eduardo. **Internet da Coisas: O Charme dos Sensores, 2014**. Disponível em :< <http://tiienh.blogspot.com.br/2014/10/?m=0>>. Acesso em 02 de mar. 2022.

PROELEVA. **CATÁLOGOS TÉCNICOS PROELEVA**. Disponível em: <<http://proeleva.com/catalogos-tecnicos-proeleva/>>. Acesso em: 01 de abr. 2022.

RUDENKO, N. **Máquinas de Elevação e Transporte**. 1.ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, Editora S.A. Tradutor: João Plaza. 1976.
Disponível em: https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2016/07/mc3a1quinas-de-elevac3a7c3a3o-e-transporte_rudenko.pdf. Acesso em: 05 de abr. 2022.

SAP. **The Internet of Things (IoT) in HCM ,2015 — Expectation**. Disponível em :<<https://blogs.sap.com/2015/03/02/the-internet-of-things-iot-in-hcm-expectation/>> . Acesso em 07 de abr. 2022

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

TECHOPEDIA. **Internet Of Things — IoT, 2017**. Disponível em:< www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot>. Acesso em 09 de abr. de 2022.

TIBCO. **O que é a internet das coisas**. Disponível em:< <https://www.tibco.com/pt-br/reference-center/what-is-the-internet-of-things-iot>>. Acesso em 12/10/2022.

TOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores industriais – fundamentos e aplicações**. 5° ed. São Paulo: Érica, 2005. 222p.

TONGSIS. **Acessórios especiais**,2018. Disponível em:
<https://www.tongsis.com.br/categoria-produto/acessorios-especiais/> >. Acesso em:
06 de abr. 2022.

W22: **Catálogo Geral de Motor Trifásico**. 2022. Disponível em:
<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h94/h69/WEG-w22-motor-eletrico-trifasico-50023622-brochure-portuguese-web.pdf>. Acesso em: 25 de abr. 2022.

WEG: **Catálogo Geral de Motores**. 2022. Disponível em:
https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/c/BR_MT > Acesso
em: 09 de mar. 2022.

XENOS, Harilaus G. Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO ARDUÍNO UNO

```

#if defined(ESP32)
#include <WiFiMulti.h>
WiFiMulti wifiMulti;
#define DEVICE "ESP32"
#elif defined(ESP8266)
#include <ESP8266WiFiMulti.h>
ESP8266WiFiMulti wifiMulti;
#define DEVICE "ESP8266"
#endif

//Bibliotecas-----
#include <InfluxDbClient.h>
#include <InfluxDbCloud.h>
#include <Keypad.h>
#include <Ticker.h>

//Definições-----
#define WIFI_SSID "NOME DA REDE" // WiFi AP SSID
#define WIFI_PASSWORD "SENHA DA REDE" // WiFi password
#define INFLUXDB_URL "https://us-east-1-1.aws.cloud2.influxdata.com" // Endereço do
servidor InfluxDB
#define INFLUXDB_TOKEN "bRksxQ0Q898_vUasGXxseSgdBEIaWDEGl4zITgD-
DcCtyylsp8_DYr3cbxP-2quN3ngM6n9Zy5i9mqzQNWrrg==" //Token usado no servidor
#define INFLUXDB_ORG "6b95c58bf7c60016" // ID do usuario registrado no InfluxDB
#define INFLUXDB_BUCKET "valores_de_campo" // Nome do "bucket" usado pra
guardar os dados

#define TZ_INFO "PST8PDT" // Definição da zona horaria para sincronizar com o
servidor, seguindo o padrão https://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/TZ-
Variable.html

InfluxDBClient client(INFLUXDB_URL, INFLUXDB_ORG, INFLUXDB_BUCKET,
INFLUXDB_TOKEN, InfluxDbCloud2CACert); // Instancia do InfluxDB client pré
configurada no padrão InfluxCloud certificate

//Variáveis-----
//Logica
const int tenPin = A0;

int leituraSensor = 0;
float tensaoEntrada = 0.0;
float tensaoMedida = 0.0;

long Distancia = 0; // Sensor de distancia
float Carga = 0.00; // Sensor de carga
float Tensao = 0.00; // Sensor de tensão
float Corrente = 0.00; // Sensor de corrente

int echoPino = D8;

```

```

int trigPino = D7;
long duracao = 0;

byte pinosLinhas[] = {D0,D1,D2};
byte pinosColunas[] = {D3,D4,D5};

char teclas[3][3] = {{'1','2','3'},
                    {'4','5','6'},
                    {'7','8','9'}
                    };

Keypad teclado1 = Keypad( makeKeymap(teclas), pinosLinhas, pinosColunas, 3, 3);

Ticker timer;

volatile int interrupcao;
Point dados("_valores_de_campo"); // Influxdb 1.7, medição/tabela

//Memórias de falha
bool Falha_A = false; // Lista de falhas
bool Falha_B = false;
bool Falha_C = false;
bool Falha_D = false;
    bool Falha_E = false;
    bool Falha_F = false;
    bool Falha_G = false;
    bool Falha_H = false;
bool Falha_I = false;
bool Falha_J = false;
bool Falha_K = false;
bool Falha_L = false;

int Status = 0; // Liberação do equipamento

int His_Falha_A = 32; // Numero de vezes em que a falha ocorreu
int His_Falha_B = 28;
int His_Falha_C = 48;
int His_Falha_D = 36;
int His_Falha_E = 24;

bool Aux_Falha_A = false; // Auxiliar de contagem
bool Aux_Falha_B = false;
bool Aux_Falha_C = false;
bool Aux_Falha_D = false;
    bool Aux_Falha_E = false;

//Sincronização-----
void timeSync() {
    // Sincronize a hora UTC com os servidores NTP
    // O tempo exato é necessário para a validação do certificado e gravação em lotes
    configTime(0, 0, "pool.ntp.org", "time.nis.gov");
    setenv("TZ", TZ_INFO, 1); // Definir fuso horário

    // Aguarde até que o tempo seja sincronizado

```



```

Serial.print("Tempo de sincronização");
int i = 0;
while (time(nullptr) < 1000000000ul && i < 100) {
  Serial.print(".");
  delay(100);
  i++;
}
Serial.println();

time_t tnow = time(nullptr);
Serial.print("Tempo sincronizado: ");
Serial.println(String(ctime(&tnow)));
}

//Interrpção para leitura do teclado-----
void ICACHE_RAM_ATTR onTime() {
  //Leitura do teclado
  char tecla_pressionada = teclado1.getKey();
  if (tecla_pressionada){
    //Falha
    if (tecla_pressionada == '7')
      {
        Falha_A = false;
        Falha_B = false;
        Falha_C = false;
        Falha_D = false;
        Falha_E = false;
        Falha_F = false;
        Falha_G = false;
        Falha_H = false;
        Falha_I = false;
        Falha_J = false;
        Falha_K = false;
        Falha_L = false;
        Status = 1;
        Serial.println("Falhas resetadas!");
      }

    if (tecla_pressionada == '8'){Falha_A = true; Status = 0; Serial.println("A");}
    if (tecla_pressionada == '4'){Falha_B = true; Status = 0; Serial.println("B");}
    if (tecla_pressionada == '5'){Falha_C = true; Status = 0; Serial.println("C");}
    if (tecla_pressionada == '6'){Falha_D = true; Status = 0; Serial.println("D");}
    if (tecla_pressionada == '9'){Falha_E = true; Status = 0; Serial.println("E");}
    if (tecla_pressionada == '1'){Falha_F = true; Status = 0; Serial.println("F");}
    if (tecla_pressionada == '2'){Falha_G = true; Status = 0; Serial.println("G");}

    if (tecla_pressionada == '3'){Falha_H = true; Status = 0;
Serial.println("H");}

```

```

    }

    timer1_write(5000000);
}

//Configurações-----
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  // Conexão wifi
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  wifiMulti.addAP(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);

  Serial.print("Conectando com o WiFi");
  while (wifiMulti.run() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(100);
  }
  Serial.println();

  dados.addTag("device", DEVICE); // Adiciona tags

  timeSync(); // Tempo de sincronização para validação do certificado

  // Testa conexão com o servidor
  if (client.validateConnection()) {
    Serial.print("Conectado com o InfluxDB: ");
    Serial.println(client.getServerUrl());
  } else {
    Serial.print("Erro em estabelecer conexão com o InfluxDB: ");
    Serial.println(client.getLastErrorMessage());
  }

  pinMode(echoPino, INPUT); //Sensor de distancia
  pinMode(trigPino, OUTPUT); //Sensor de distancia
  pinMode(tenPin, INPUT);
  pinMode(D3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(D4, INPUT_PULLUP);
  pinMode(D5, INPUT_PULLUP);

  timer1_attachInterrupt(onTime);
  timer1_enable(TIM_DIV16, TIM_EDGE, TIM_SINGLE);
  timer1_write(250000);
}

//Programa-----
void loop() {

  //Programa - entradas e saidas
  leituraSensor = analogRead(tenPin);
  tensaoEntrada = (leituraSensor * 78)/ 1024.0;
  Tensao = (16.3027 * tensaoEntrada);

  //Falha
  if (Tensao > 380) {Falha_I = true; Status = 0; Serial.println("I");}
}

```

```

Corrente = Tensao/6.9;

//Falha
if (Corrente > 125){Falha_J = true; Status = 0; Serial.println("J");}

digitalWrite(trigPino, LOW);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPino, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPino, LOW);
duracao = pulseIn(echoPino,HIGH);
Distancia = duracao / 58;

//Falha
if(Distancia < 10) {Falha_K = true; Status = 0; Serial.println("K");}

Carga = Distancia/10;

//Falha
if(Carga > 10) {Falha_L = true; Status = 0; Serial.println("L");}

//Rotina aux dos contadores de falhas
if ((Falha_A == true) && (Aux_Falha_A == true)){
  His_Falha_A++;
  Aux_Falha_A = false;
} else{
  if(Falha_A == false) {
    Aux_Falha_A = true;
  }
}
if ((Falha_B == true) && (Aux_Falha_B == true)){
  His_Falha_B++;
  Aux_Falha_B = false;
} else{
  if(Falha_B == false) {
    Aux_Falha_B = true;
  }
}
if ((Falha_C == true) && (Aux_Falha_C == true)){
  His_Falha_C++;
  Aux_Falha_C = false;
} else{
  if(Falha_C == false) {
    Aux_Falha_C = true;
  }
}
if ((Falha_D == true) && (Aux_Falha_D == true)){
  His_Falha_D++;
  Aux_Falha_D = false;
} else{
  if(Falha_D == false) {
    Aux_Falha_D = true;
  }
}

```

```

}
if ((Falha_E == true) && (Aux_Falha_E == true)){
    His_Falha_E++;
    Aux_Falha_E = false;
} else{
    if(Falha_E == false) {
        Aux_Falha_E = true;
    }
}

// Armazena o valor medido no ponto
dados.clearFields();

// Relatório RSSI da rede atualmente conectada
dados.addField("FALHA A", Falha_A);
dados.addField("FALHA B", Falha_B);
dados.addField("FALHA C", Falha_C);
dados.addField("FALHA D", Falha_D);
dados.addField("FALHA E", Falha_E);
dados.addField("FALHA F", Falha_F);
dados.addField("FALHA G", Falha_G);
dados.addField("FALHA H", Falha_H);
dados.addField("FALHA I", Falha_I);
dados.addField("FALHA J", Falha_J);
dados.addField("FALHA K", Falha_K);
dados.addField("FALHA L", Falha_L);
dados.addField("STATUS", Status);

dados.addField("HISTORICO A", His_Falha_A);
dados.addField("HISTORICO B", His_Falha_B);
dados.addField("HISTORICO C", His_Falha_C);
dados.addField("HISTORICO D", His_Falha_D);
dados.addField("HISTORICO E", His_Falha_E);

dados.addField("DISTANCIA", Distancia);
dados.addField("CARGA", Carga);
dados.addField("TENSAO", Tensao);
dados.addField("CORRENTE", Corrente);

// Imprima exatamente o que está sendo escrito no servidor
Serial.println(dados.toLineProtocol());

//Função de reconecção do WiFi
if ((WiFi.RSSI() == 0) && (wifiMulti.run() != WL_CONNECTED)) // Se não houver
sinal Wifi, tente reconectá-lo
    Serial.println("Perda de conexão Wifi");
if (!client.writePoint(dados)) { //ponto de gravação
    Serial.print("Erro de escrita no InfluxDB: ");
    Serial.println(client.getLastErrorMessage());
}

//Tempo na atualização das informações
delay(2500);
}

```