

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Cleison Colinçani Meneis
David Douglas Piller da Silva
Luan Lima da Silva
Pedro Vitor de Freitas Bitencourt

**SISTEMA COM SUPERVISÓRIO APLICADO EM MOTOR CC DE IMÃ
PERMANENTE**

**VOLTA REDONDA
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**SISTEMA COM SUPERVISÓRIO APLICADO EM MOTOR CC DE IMÃ
PERMANENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Volta Redonda, como requisito à obtenção do título de Engenheiros Eletricistas.

Alunos:

Cleison Colinçani Meneis
David Douglas Piller da Silva
Luan Lima da Silva
Pedro Vítor de Freitas Bitencourt

Orientador:

Prof. Msc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

Coorientador:

Prof. Aloano Régio de Almeida Pereira

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Cleison Colinçani Meneis

David Douglas Piller da Silva

Luan Lima da Silva

Pedro Vitor de Freitas Bitencourt

Título da Monografia: Sistema com supervisor aplicado em motor cc de imã permanente

Orientador: Prof. Msc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

Banca Examinadora

Prof. Msc. Edson de Paula Carvalho

Prof. Msc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

Prof. Aloano Régio de Almeida Pereira

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos guiado e dado saúde até aqui.

Agradecemos aos nossos pais por toda educação que nos foi dada e se estamos aqui completando mais essa difícil etapa de nossas vidas, devemos muito a eles.

A todos os professores pelo conhecimento fornecido com dedicação e seriedade, em especial ao professor orientador Msc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva, que se empenhou em nos direcionar pelo melhor caminho.

RESUMO

O sistema de controle de motores de imãs permanentes consiste em um monitoramento de motores de corrente contínua, através de um sistema supervisório capaz de mostrar em tempo real dados de corrente em amperes, tensão em volts, temperatura em graus célsius e velocidade em rotações por minuto, individualmente para cada motor e os dividindo em um layout simples capaz de ser operado com facilidade. Assim acessando o layout de um motor pode-se ver os dados coletados e adicionando-se ao lado dos dados o botão do supervisório teremos um gráfico do histórico dos dados em questão captando valores de 5 em 5 segundos. Além de possuir uma tela para a correção de velocidade que geralmente é feita em uma oficina ou em uma fábrica, com os custos bem elevados no transporte do local de atuação da máquina elétrica para o devido lugar de manutenção, a correção é feita através de uma programação feita em sistema *ladder* acionada pelo supervisório respeitando algumas condições de segurança, para que não haja nenhum tipo de acidente com pessoas ou equipamentos, assim acionando um simples botão e aguardando alguns segundos o sistema corrigirá de forma automática a velocidade do motor.

Esse sistema de monitoramento de motores pode ser aplicado em qualquer tipo de motor, sendo necessário apenas alguns simples ajustes para ser acionado dados de placa do motor que se deseja monitorar e podendo ser acrescentado de forma simples mais dados para monitoramento.

Palavras chave: Motores de Imã permanente, Corrente Contínua, Sistema, Supervisório, Programação, Corrente, Tensão, Temperatura, Velocidade.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
1.1.	Justificativa.....	18
1.2.	Delimitação do tema	18
1.3.	Formulação do problema	19
1.4.	Hipótese	19
1.5.	Objetivos	19
1.6.	Objetivo geral	20
1.7.	Objetivos específicos	20
1.8.	Metodologia.....	21
2.	MOTOR DE IMÃ PERMANENTE	22
3.	APLICAÇÃO DE MOTORES DE IMÃ PERMANENTE NO LTQ.....	26
4.	CONCEITOS	28
4.1.	Manutenção	28
4.2.	Manutenção corretiva.....	28
4.3.	Manutenção preventiva.....	28
4.4.	Manutenção preditiva.....	28
5.	GEO – GERÊNCIA DE OFICINA ELÉTRICA, ELETRÔNICA E TELECOMUNICAÇÕES.....	29
5.1.	Ensaio elétrico interno	30
5.2.	Procedimentos de segurança.....	30
5.3.	Equipamentos	30
5.4.	Atividade mecânica	31
5.5.	Atividade elétrica.....	32
5.6.	Funcionamento com carga (MAGNETORQUE).....	34
6.	INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	36
6.1.	Instrumentos utilizados nos ensaios GEO	36

6.1.1.	Estetoscópio.....	36
6.1.2.	Analisador de vibração.....	37
6.1.3.	Ponte de kelvin.....	38
6.1.4.	Megôhmetro.....	39
6.1.5.	Multímetro.....	40
6.1.6.	Voltímetro.....	41
6.1.7.	Alicate Amperímetro.....	41
6.2.	Elementos do sistema.....	42
6.2.1.	PT – 100.....	42
6.2.2.	Medidor de voltagem CC.....	42
6.2.3.	Medidor de corrente contínua.....	43
6.2.4.	Sensores ópticos.....	44
6.2.4.1.	Sensor óptico difuso.....	44
6.2.4.2.	Sensor retro reflexivo.....	44
6.2.4.3.	Sensor óptico por barreira.....	45
6.2.5.	Principais diferenças entre os sensores.....	45
6.2.6.	Contatores.....	46
6.2.7.	Encoder.....	47
7.	MELHORIA NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO – INDÚSTRIA 4.0...	48
7.1.	Como funciona a manutenção 4.0.....	49
7.2.	Como os sistemas aprendem?.....	50
7.3.	Por que o sistema é mais eficiente com a implementação da manutenção 4.0?.....	51
8.	CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	55
8.1.	Cartão de entrada.....	55
8.1.1.	Sinais digitais.....	55
8.1.2.	Sinais analógicos.....	56

8.2.	Processador	56
8.3.	Cartão de saída.....	56
9.	SISTEMAS: SUPERVISÓRIO E PROGRAMÇÃO	57
9.1.	Conhecendo o supervisório.....	57
9.2.	Conhecendo a programação	62
9.3.	Modificação do circuito elétrico	65
10.	AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA	68
10.1.	Planilha de Aquisição de Equipamento	68
10.2.	Planilha de Reparo Externo	68
10.3.	Planilha de Custos para Implementação do Supervisório	69
10.4.	Planilha de Mão de obra para Implementação do Sistema	70
10.5.	Planilha de Viabilidade Econômica	70
11.	CONCLUSÃO	72
12.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Motor de Imã Permanente em Ensaio com Carga.....	17
Figura 2 – Indicação da Mesa de Rolos H1	18
Figura 3 – Curva Remanência (Br) X Coercividade (Hc)	22
Figura 4 – Força contra eletromotriz e corrente de alimentação.....	23
Figura 5 – Senóide	23
Figura 6 – Motor com ímãs superficiais	24
Figura 7 – Motor com ímãs internos	24
Figura 8 – Curva de torque x velocidade do motor com ímãs superficiais.....	24
Figura 9 – Curva de torque x velocidade do motor com ímãs internos	25
Figura 10 – Aplicação dos motores na Mesa de Rolos H1	26
Figura 11 – Hot Metal Detector.....	27
Figura 12 – Diagrama para execução de ensaios a vazio	33
Figura 13 – Esquema de acoplagem dos motores	34
Figura 14 – Diagrama para execução dos ensaios com carga.....	34
Figura 15 – Estetoscópio	36
Figura 16 – Analisador de Vibração.....	37
Figura 17 – Ponte de Kelvin.....	38
Figura 18 – Megôhmetro.....	39
Figura 19 – Multímetro.....	40
Figura 20 – Voltímetro	41
Figura 21 – Amperímetro	41
Figura 22 – PT 100	42
Figura 23 – Medidor de Voltagem CC.....	43
Figura 24 – Medidor de Corrente Contínua	43
Figura 25 – Sensor Óptico.....	44
Figura 26 – Contatos do Contator.....	47
Figura 27 – Encoder	47
Figura 28 – Evolução da Manutenção	48
Figura 29 – Prognóstico.....	50
Figura 30 – Tendências	51
Figura 31 – Análise de Tempo.....	51

Figura 32 – Evento x Conhecimentos Disponíveis	52
Figura 33 – Evento x Análise Completa.....	52
Figura 34 – Evento x Ação Aprovada	53
Figura 35 – Implementação de Processos.....	53
Figura 36 - Bloco CLP.....	55
Figura 37 – Tela Inicial.....	57
Figura 38 – Seleção de motores de 1 a 72	58
Figura 39 – Seleção de motores de 73 a 132	58
Figura 40 – Controle de Motores	59
Figura 41 – Motor 1	59
Figura 42 – Gráfico Motor 1	60
Figura 43 – Tela de Falha.....	61
Figura 44 – Tela de Manutenção	62
Figura 45 – Acionamento do Sistema.....	62
Figura 46 – Dados de Temperatura de Motores	63
Figura 47 – Dados de Velocidade de Motores.....	64
Figura 48 – Programação de Alarmes	64
Figura 49 – Programação de Correção de Velocidade	65
Figura 50 – Diagrama de Mudança de Circuito Elétrico	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela IP	32
Quadro 2 - Dados de Ensaio	33
Quadro 3 - Planilha de Aquisição de Equipamento	68
Quadro 4 - Planilha de Reparo Externo do Motor	68
Quadro 5 - Planilha de Custos para Implementação do Supervisório	69
Quadro 6 - Planilha de Mão de Obra para Implementação do Sistema.....	70
Quadro 7 - Planilha de Viabilidade Econômica do Supervisório	71

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Programação *Ladder*

Apêndice 2 – Sistema Supervisório

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- A – Ampere
- BRL – Real Brasileiro
- CC – Corrente Contínua
- CCM - Centro de Controle de Motores
- CW – *Clockwise* (Sentido Horário)
- CD – *Compact Disc* (Disco Compacto)
- CLP – Controlador Lógico Programável
- CPU – *Central Processing Unit* (Unidade Central de Processamento)
- CSN – Companhia Siderúrgica Nacional
- d.d.p – Diferença de Potencial
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- FBD – *Function Block Diagram* (Diagrama de Bloco)
- GEO – Gerência de Oficina Elétrica, Eletrônica e Telecomunicações
- GRT – *Greater Than* (Maior que)
- HMD – *Hot Metal Detector* (Detector de Metais Quentes)
- hp – *Horse Power* (Cavalo à Vapor)
- IEEE – *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (Instituto dos Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos)
- IA – Inteligência Artificial
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IL – *Instruction List* (Lista de Instruções)
- IOT – *Internet of Things* (Internet das Coisas)
- IP – Índice de Polarização
- ISO - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)
- KCA – Contator de Corrente Alternada
- KCC – Contator de Corrente Contínua
- KCE – Contator de Circuito Elétrico Atual
- LD – *Ladder* (Linguagem *Ladder*)
- LTQ#2 – Laminação de Tiras à Quente 2
- MC – Motor Contínuo

ma – miliampere

mm – milímetro

NA – Normal Aberto

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NF – Normal Fechado

NTC – *Negative Temperature Coefficient* (Coeficiente Negativo de Temperatura)

PT – Platina

QUANT – Quantidade

RPM – Rotações por Minuto

S.A – Sociedade Anônima

SFC – *Sequential Flow Chart* (Diagrama de Fluxo)

ST – *Structured Text* (Texto Estruturado)

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

UND – Unidade

UK – *United Kingdom* (Reino Unido)

V – Volts

VPL – Valor Presente Líquido

VCA – Volts de Corrente Alternada

VCC – Volts de Corrente Contínua

1. INTRODUÇÃO

Os motores de corrente contínua são máquinas cuja operação ocorre através do aproveitamento das forças de atração e repulsão, que são geradas por eletroímãs e ímãs permanentes que estão localizados no interior do motor. Se houver passagem de corrente elétrica por duas bobinas que estejam próximas, as forças de atração e repulsão podem surgir através do campo magnético que é criado. A força de atração ocorre quando o pólo negativo de uma bobina ou ímã está próximo do pólo positivo da outra bobina ou ímã. Já a força de repulsão ocorre quando o pólo negativo de uma bobina ou ímã está próximo do pólo negativo da outra bobina ou ímã.

Na montagem de um motor o ideal é que a bobina seja colocada entre os pólos de um ímã permanente ou de uma bobina fixa, assim quando a corrente elétrica passar pelos pólos da bobina móvel também chamada de rotor, ocorre a manifestação da força de repulsão e com isso faz com que o rotor gire. O rotor irá se mover em direção ao seu pólo norte e com isso se aproximará do polo sul do ímã permanente, também ocorrerá do pólo sul do rotor se aproximar do pólo norte do ímã ao qual será atraído.

Porém existe um comutador no rotor por onde passa a corrente elétrica pela bobina, e a função desse dispositivo é fazer com que a corrente mude de sentido e conseqüentemente fazer com que os pólos mudem também. Quando isso ocorre faz com que a força de atração se transforme em força de repulsão, fazendo com que o rotor continue o seu movimento e exceda a sua posição que seria de equilíbrio. Conforme o rotor gira, o seu novo ponto de equilíbrio se dará quando o pólo do rotor se defrontar com o pólo oposto do ímã. No entanto conforme o rotor estiver girando o comutador entrará em funcionamento novamente fazendo com que os pólos fiquem se invertendo, com isso o rotor não irá parar de girar pois a tendência é que ele continue procurando o seu ponto de equilíbrio e enquanto estiver circulando corrente elétrica pela bobina, o rotor não irá parar de girar.

Os motores de corrente contínua de ímã permanente possuem grande aplicação em indústrias. Eles são projetados exclusivamente para uso com alimentação por conversores de frequência.

O objeto de estudo do nosso trabalho trata-se de um motor de corrente contínua de imã permanente de 240VCC, com potência nominal de 3hp e regime de trabalho permanente conforme figura 1.



Figura 1 – Motor de Imã Permanente em Ensaio com Carga

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2019)

O equipamento tem localização na área da laminação de tiras a quente – LTQ#2, sendo uma das principais gerências da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, o processo de laminação constitui na passagem de uma chapa de aço por cilindros que irão dar a forma e a dimensão necessária da chapa no processo, os cilindros são montados em uma carcaça com mancais e motores chamados de cadeiras. Antes de serem laminados esses tarugos são pré-aquecidos em fornos acima da temperatura de recristalização para ficarem suficientemente plásticos e resistirem as altas reduções de áreas efetivadas na laminação. Nos fornos o controle da temperatura correta e o tempo de aquecimento é muito rigoroso e importante para se atingir resultados desejados no processo e antes de irem para a laminação os tarugos passam pelo processo de descarepação para remoção de óxidos superficiais e impurezas que reduzem a qualidade do aço até chegarem no laminador de desbaste onde é efetuada a primeira redução de área do produto sempre com o controle de temperatura.

O laminador possui diversas mesas e cada uma delas é designada para uma função do processo de laminação, o objeto em estudo é aplicado na mesa “H” somando um total de 132 motores na mesma, sendo a mesa responsável pelo acabamento das placas de aço. A mesa H da laminação da LTQ#2 são constituídas

por 5 conjuntos de motores (H1, H2, H3, H4 E H5), conjunto H1 possui 39 motores, conjunto H2 possui 38 motores, conjunto H3 possui 38 motores, conjunto H4 possui 12 motores e o conjunto H5 possui 5 motores.

A mesa de rolos H1 é a que possui o maior número de motores instalados conforme mostrado na figura 2.



Figura 2 – Indicação da Mesa de Rolos H1

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2019)

1.1. Justificativa

Devido a necessidade de monitorar o motor de corrente contínua com imãs permanentes, essa pesquisa se justifica através do desenvolvimento de um supervisor para a análise de variáveis envolvidas no motor, afim de monitorar em tempo real e através de gráficos gerados analisar e aumentar a vida útil da máquina elétrica, assim demonstrando a vantagem em relação a segurança operacional, diminuição de custos para as manutenções em fábricas e oficinas de motores, como também a redução da necessidade de novas aquisições de motores.

1.2. Delimitação do tema

Este projeto de pesquisa delimitou-se em colher informações sobre quais os fatores para o desenvolvimento de um supervisor para análise das variáveis envolvidas em um motor de corrente contínua de imã permanente, tendo como referência os procedimentos para a manutenção do motor e a periodicidade que se

faz necessária a manutenção, o manual do motor com seus dados de placa, manual supervisório com CLP, pesquisa de equipamentos que desempenhem função similar a proposta.

Assim desenvolvendo o supervisório para análises de variáveis envolvidas em um motor de corrente contínua de imãs permanentes, como forma de melhoria operacional e de manutenção.

1.3. Formulação do problema

Portanto, buscou-se reunir dados e informações do motor com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: quais os fatores o desenvolvimento do supervisório para análise das variáveis envolvidas em um motor de corrente contínua de imã permanente, visto que a correção de velocidade é feita através de pulsos de tensão de corrente contínua e corrente alternada em laboratório expondo os colaboradores executantes da atividade a riscos elétricos e mecânicos, e como solução foi feito uma programação de correção de velocidade para que não haja a necessidade de transporte do motor para oficinas de reparo.

1.4. Hipótese

A teoria é que a necessidade de monitorar um motor de corrente contínua de imãs permanentes, pode ser resolvido com o desenvolvimento de um supervisório para análise das variáveis envolvidas no motor de corrente contínua de imãs permanentes, com a correção de velocidade automática, que não necessita a retirada da máquina elétrica do local, gerando assim a diminuição dos custos do processo.

1.5. Objetivos

O objetivo do trabalho é criar uma plataforma para monitorar e controlar os parâmetros dos motores de corrente contínua, tais como: tensão, corrente, rpm e temperatura.

O motor em discussão atualmente é ensaiado em laboratório de forma manual, onde o colaborador se expõe a riscos mecânicos e elétricos durante a realização da atividade. A plataforma tem o objetivo de diminuir as paradas de

manutenção bem como a necessidade de realizar ensaios em laboratório, maximizando a eficiência da máquina em operação.

A monitoração e controle dos parâmetros dos motores de corrente contínua têm o intuito de inibir os riscos inerentes a atividade, de modo que não comprometa a segurança dos envolvidos e torne mais prático o procedimento, evitando paradas na linha de processo e redução dos custos necessários da manutenção do equipamento.

1.6. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral validar quais os fatores que o desenvolvimento do supervisório para análise das variáveis envolvidas no motor de corrente contínua de ímãs permanentes, como forma de melhoria operacional e de manutenção, com a finalidade de aplicar a vantagem em relação a segurança operacional nas medições em medidores de corrente contínua, na redução dos custos com manutenção, transporte para fábricas e oficinas de motores, aumentando a vida útil da máquina, e reduzindo assim os custos operacionais que utilizem esses motores.

1.7. Objetivos específicos

- Verificar as condições de instalação e operação do motor CC de ímã permanente;
- Avaliar a viabilidade de instalação do supervisório do motor CC de ímã permanente;
- Coordenar as etapas para implantação do supervisório do motor CC de ímã permanente;
- Desenvolver o software utilizado no CLP para monitoramento do motor CC de ímã permanente;
- Validar o software de monitoramento do motor de CC de ímã permanente.

1.8. Metodologia

Nosso método de estudo sobre esse tema tem início com a pesquisa de dados sobre os motores de corrente contínua de imã permanente, verificando sua funcionalidade, aplicações e implementação no mercado.

A metodologia engloba a pesquisa de internet, consulta em arquivos e artigos, além de ensaios realizados em laboratório e em campo na área de atuação do equipamento.

2. MOTOR DE IMÃ PERMANENTE

Com a evolução dos equipamentos elétricos tem se cada vez mais pensado em motores de alta performance como é o caso do motor de ímã permanente, apresentam um elevado campo de coercividade que impede que o ímã seja desenergizado com facilidade e uma elevada remanência que resulta em um fluxo magnético alto, conforme mostrado na figura 3 que retrata a curva de desenergização de um ímã.

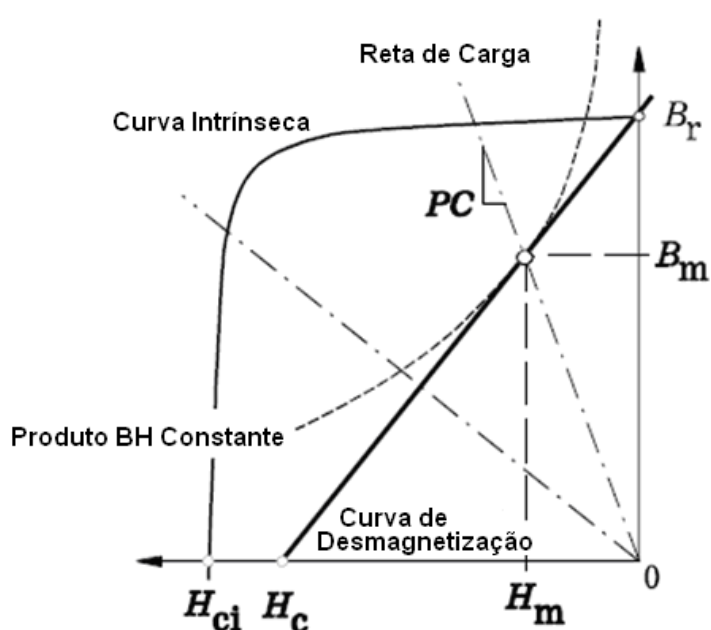


Figura 3 – Curva Remanência (B_r) X Coercividade (H_c)

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

Os motores de ímãs permanentes são muito utilizados nas indústrias e geralmente alimentados por conversores de corrente contínua, como é o caso do motor originário desse estudo, por terem uma variação de velocidade com um torque sempre constante e seu alto desempenho são requeridos em atividades específicas das indústrias como por exemplo o desse estudo onde os motores são utilizados em esteiras transportadoras.

Nesse estudo os motores analisados são de corrente contínua, porém os motores de ímãs permanentes são divididos em duas categorias, que são de corrente contínua e de corrente alternada.

Os motores de corrente contínua são projetados para desenvolver uma forma de onda contra eletromotriz trapezoidal. Para que isso ocorra o ímã permanente é montado na superfície do rotor fazendo com que o controle seja mais simples devido não ser necessário um sensor de alta performance neste rotor e a forma de onda retangular para sua corrente de alimentação ideal e que gere um torque mais suave. Conforme a forma de onda da força contra eletromotriz e da corrente de alimentação demonstrado na figura 4.

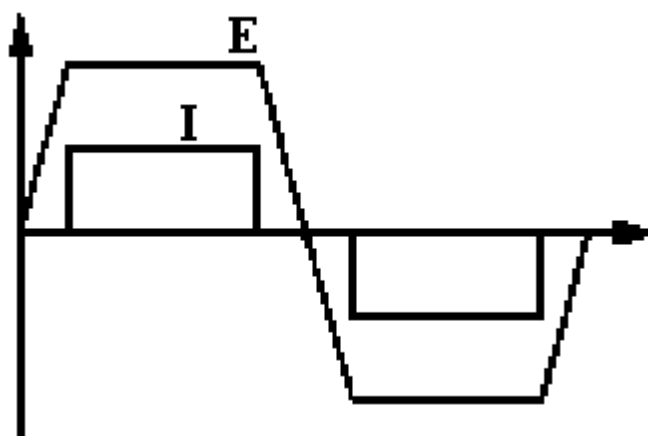


Figura 4 – Força contra eletromotriz e corrente de alimentação

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

O motor de corrente alternada é projetado para gerar um torque suave, mas para que isso ocorra sua força contra eletromotriz e sua corrente de alimentação tem uma forma de onda senoidal, conforme demonstrado pela figura 5. Mas para que a forma de onda seja senoidal os ímãs precisam ter uma variação senoidal no entreferro.

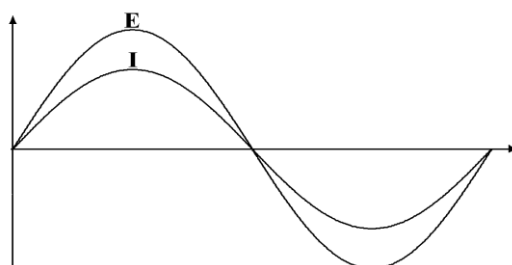


Figura 5 – Senóide

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

O motor de ímã permanente de corrente alternada tem duas formas de construção, uma delas projetada com ímãs superficiais e a outra com ímãs internos no rotor. Devidamente mostrado nas figuras 6 e 7, sendo suas curvas de velocidade demonstradas nas figuras 8 e 9.

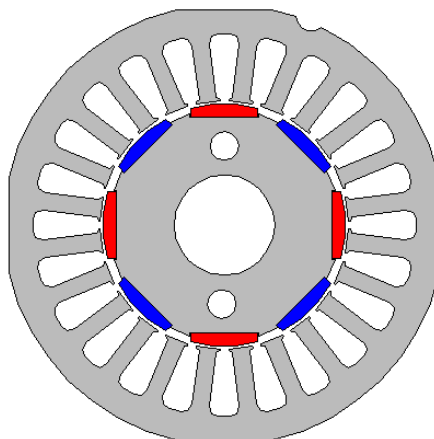


Figura 6 – Motor com ímãs superficiais

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

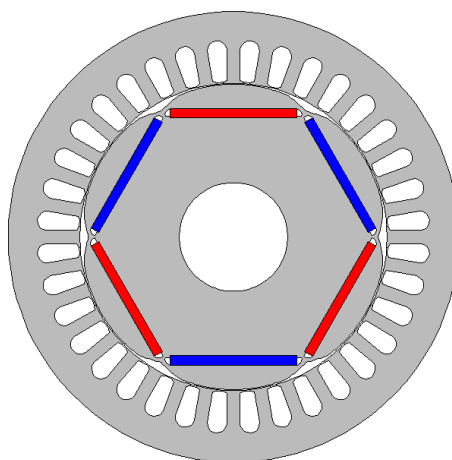


Figura 7 – Motor com ímãs internos

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

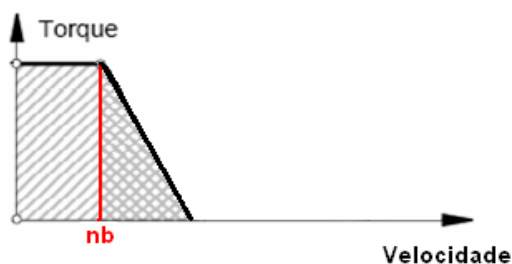


Figura 8 – Curva de torque x velocidade do motor com ímãs superficiais

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

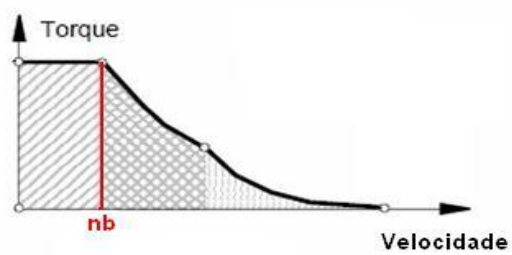


Figura 9 – Curva de torque x velocidade do motor com ímãs internos

Fonte: WEG Equipamentos Elétricos (2019)

3. APLICAÇÃO DE MOTORES DE IMÃ PERMANENTE NO LTQ

O estudo visa a empregabilidade de um sistema de monitoramento dos motores das mesas de rolos localizados na Laminação de Tiras a Quente (LTQ).

A finalidade das mesas de rolos é transportar o material (esboço), após a saída do Laminador R4 do Desbaste, até a primeira cadeira do Laminador de Acabamento (F1) passando pela Tesoura de pontas onde é efetuado o corte da ponta e cauda do material.

Seu perfeito funcionamento é de suma importância na qualidade do produto, pois assim se consegue um bom encaminhamento, evitando desvios de produção por irregularidade na ponta e/ou por deformações na superfície do material.

A mesa de entrada do Laminador de Acabamento é dividida por seções, sendo consideradas de encaminhamento as mesas de H1, H2, H3 e H4 e mesa da unidade de descamação a H5. A mesa de encaminhamento é composta por 127 rolos e possui um comprimento total de 114,88m. Essa mesa é suficientemente comprida para que a chapa não corra o risco de se engajar na primeira cadeira do acabador antes de ter deixado a quarta cadeira desbastadora e para que se possa passar a chapa para diante e para trás se for necessário mantê-la durante algum tempo sobre esta mesa de rolos. Essa mesa possui velocidade de 30 a 80 metro/minuto, serve na realidade, para regular a temperatura de entrada no acabador, por meio de um eventual pequeno período de espera. Este comprimento se faz necessário para comportar a variedade de medidas de comprimento dos esboços que são laminados e permitir oscilação do material quando necessário. Conforme figura 10, segue aplicação dos motores em uma das mesas do processo de laminação em ocasião de parada de manutenção preventiva.



Figura 10 – Aplicação dos motores na Mesa de Rolos H1

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

A velocidade periférica de cada conjunto da mesa H é constante e é monitorada por metro/minuto através de uma constante analisada pelos controladores. Os HMD's (*Hot Metal Detector*) mostrado na figura 11 são espalhados ao longo da linha e enviam para o CLP Mitsubishi Eletric Melplac 2000 pulsos e conseguem detectar a posição do esboço ao longo da mesa. Os HMD's (*Hot Metal Detector*) são detectores de metal quente desenvolvidos para o ambiente siderúrgico, são responsáveis pelo tracking do material ao longo da linha, indicando a posição.



Figura 11 – Hot Metal Detector

Fonte: Directindustry.com (2019)

4. CONCEITOS

4.1. Manutenção

Em função dos significados do termo e das atividades decorrentes é possível definirmos muitos tipos de manutenção.

Note-se que, em muitos casos, uma mesma atividade recebe nomes diferentes de uma indústria para outra, ou seja, não há uma terminologia única e consagrada empregada ao setor. É comum empregar-se termos próprios derivados ou a disseminação do nome dos tipos de manutenção, nem sempre bem explicado ou entendido, mas que ganha o costume local ou particular.

Na realidade, a nomenclatura não é o mais importante, embora gere confusões, mas, sim, o conceito. Isto permite a escolha do tipo mais conveniente para um determinado equipamento, instalação ou sistema.

4.2. Manutenção corretiva

É a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida.

4.3. Manutenção preventiva

É todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de defeito.

Manutenção efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação de um funcionamento de um item.

4.4. Manutenção preditiva

São tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentar prever a proximidade da ocorrência de falha.

5. GEO – GERÊNCIA DE OFICINA ELÉTRICA, ELETRÔNICA E TELECOMUNICAÇÕES

A GEO – Gerência de Oficina Elétrica, Eletrônica e Telecomunicações é a responsável pela manutenção preventiva e corretiva dos motores de toda a planta da CSN, sendo o motor 3MC56 um equipamento de extrema importância para o processo de laminação no LTQ#2.

A periodicidade de manutenção nos motores é mensal, sendo realizada em um motor por mês, totalizando 12 motores/ano.

O reparo realizado na GEO envolve três Supervisões, são elas: Elétrica, Programação/Abastecimento e Mecânica. Cada uma delas tem participação efetiva no desenvolvimento e reparo realizado nos equipamentos.

Programação/Abastecimento: A GEO/P é a Supervisão responsável por planejar e programar perante as Ordens de Serviços os reparos a serem executados, além de ter contato direto com o usuário do equipamento na planta, realizando o feedback com todos os envolvidos nas atividades a serem realizadas.

Elétrica: A GEO/E é a Supervisão responsável pelos ensaios elétricos iniciais, de controle e ensaios finais no equipamento, emissão de laudos elétricos referentes a condição da máquina, bem como reparos a serem executados.

É dividida em duas seções: Enrolamento e Laboratório, sendo primeira responsável por realizar enrolamento de armaduras e campo, bem como revisão no equipamento. O Laboratório é responsável por realizar os ensaios elétricos bem como emissão de laudos técnicos e conclusivos referentes à condição do equipamento e o que precisará ser feito para correção e funcionamento adequado da máquina.

Mecânica: A GEO/M é a Supervisão responsável pela desmontagem e montagem do equipamento, bem como emitir laudos de forma assertiva sobre a condição dos rolamentos, base e toda estrutura da máquina, reparos como ajustagem e usinagem de peças do equipamento.

É dividida em três seções, sendo elas: Usinagem, Ajustagem e Montagem.

A seção de usinagem é responsável por usinar o comutador da armadura do equipamento, realizando devida adequação do formato do comutador.

A seção de ajustagem tem como responsabilidade realizar ajustes de peças mecânicas do equipamento, como confecção de novas peças de modo que atenda perfeitamente a máquina.

A seção de montagem é responsável por realizar a desmontagem, montagem do equipamento, bem como emissão de laudos e *check-list* da máquina, avaliação da condição dos rolamentos e de toda estrutura do equipamento.

5.1. Ensaio elétrico interno

Os ensaios elétricos realizados na GEO, tem como objetivo avaliar o comportamento do motor, garantindo assim a qualidade do reparo. Esse procedimento ocorre sempre que o motor for reparado na oficina elétrica, ou sempre que for solicitado pela GEO/P (Supervisão de Planejamento, Programação e Abastecimento).

Os responsáveis pela execução das atividades descritas nesse procedimento são os eletricitistas, os líderes e os técnicos do laboratório da GEO/E (Supervisão de Manutenção e Ensaio Elétrico).

5.2. Procedimentos de segurança

1º) Usar os seguintes EPI'S (Equipamentos de Proteção Individual): botina de segurança (EPI - 500), óculos de proteção (EPI - 112 ou 114), óculos de proteção com grau (EPI-862), capacete (EPI-001) com jugular (EPI-825), protetor auricular (EPI - 111), calça anti chamas (EPI - 906), blusão anti chamas (EPI - 907) e creme de proteção para as mãos (EPI 310/6048).

2º) Conservar sempre limpo e arrumado o local de trabalho e observar as práticas de segurança aplicáveis.

5.3. Equipamentos

Para execução dos ensaios elétricos no motor, são necessários os seguintes equipamentos:

- 1 Megôhmetro;
- 1 Ponte de Kelvin;
- 1 Multímetro;

- 1 Amperímetro
- 2 Voltímetros CC;
- 1 Magnetoque;
- 1 Tacômetro;
- 1 Analisador de vibração
- 1 Variador de tensão (variac);
- 1 Estetoscópio.

5.4. Atividade mecânica

- Inspeção geral;
- A janela de visita deverá estar vedada com borracha e fixada com presilha;
- Estado de conservação do acoplamento (roscas, chavetas) e carcaça;
- Olhal (alça);
- Escudos montados com veda junta;
- Cabos com bom aspecto, marcados e com terminais:
Se os cabos de alimentação não estiverem com terminais, a fixação deles deverá ser solicitada à seção de enrolamento;
- Inspecionar o comutador (micas rebaixadas, quinas quebradas e limpeza);
- O parafuso de fixação da tampa da janela de visita e da caixa de ligação tem que estar inteiros;
- Verificar assentamento das escovas;
- Folga axial deverá estar entre 0,6mm a 1,9mm (conforme orientação do fabricante GEVISA).
- A saída dos cabos na caixa de ligação deverá estar com borracha de vedação;
- As entradas de lubrificação dos rolamentos deverão ter pino de lubrificação no lado do acoplamento e bujão no lado oposto ao acoplamento;
- O motor deverá ter um cachimbo na parte inferior, virado para baixo (lado do comutador.);
- As escovas têm de ser de mesma qualidade, FL04192 EG.

- Verificar arruela de pressão nos terminais dos cabos da armadura.

5.5. Atividade elétrica

1º) Ensaio de resistência de isolamento.

2º) Proceder conforme normas IEEE 43-2000 e NBR 5383-1:2002 para as medições do campo shunt e do circuito da armadura.

As normas acima referem-se a medição de resistência de isolamento em máquinas elétricas rotativas.

3º) Levantar as escovas para medir separadamente os interpólos e a armadura à massa, utilizando o megôhmetro na escala de 500V. Fazer leituras após 30 segundos e 5 minutos de medição, para calcular o IP (índice de polarização);

4º) Calcular IP que somente será satisfatório se for maior ou igual a 1,5 conforme quadro 1.

IDENTIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO - CSN 070740	REV.08 PÁGINA 5/5
IP (5minutos / 30segundos)	Condição do isolante
<1	Pobre, ruim
<1,5	Perigoso (presença de umidade no material isolante)
1,5 a 2,0	Regular
2,0 a 3,0	Bom, aceitável
3,0 a 6,5	Muito Bom
>7,0	Envelhecimento (material isolante ressecado)

Quadro 1 - Tabela IP

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

5º) Valor mínimo de isolamento deverá ser 50MΩ (durante 30 segundos).

6º) Realizar medição de resistência ôhmica.

7º) Fazer ensaio de linha neutra.

8º) Fazer assentamento das escovas.

9º) Funcionamento a Vazio.

10º) Imantar o campo principal aplicando uma tensão de 230 VCC durante um segundo.

11º) Montar o circuito conforme figura 12.

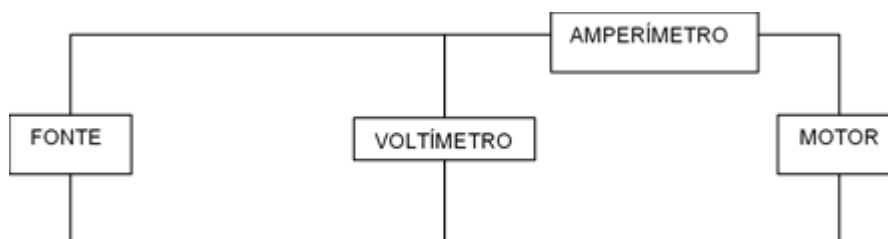


Figura 12 – Diagrama para execução de ensaios a vazio

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

12º) Energizar o circuito da armadura com tensão suficiente para tirar o motor da inércia.

13º) Passar pedra no comutador para garantir um perfeito assentamento das escovas e corrigir qualquer desnível na superfície dele.

Obs.: Ao realizar tratamento com pedra, não usar luvas.

14º) Aplicar tensão de armadura; medir corrente e velocidade conforme quadro 2.

		Armadura		
		Tensão	Corrente	Velocidade
		V	A	RPM
3MC56	A vazio	400	1,5	260
	Com carga	400	13	250

Quadro 2 - Dados de Ensaio

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

15º) Realizar medição de vibração, que deverá estar em conformidade com as normas internacionais ISO2372 e ISO 10816-1.

16º) Com o cabo A2 ligado no terminal positivo da fonte e A1 no terminal negativo, o motor deverá girar no sentido horário (CW).

5.6. Funcionamento com carga (MAGNETORQUE)

1º) O funcionamento com carga terá que ser feito com o motor acoplado ao magnetorque conforme a figura 13 e 14.

EXEMPLO:

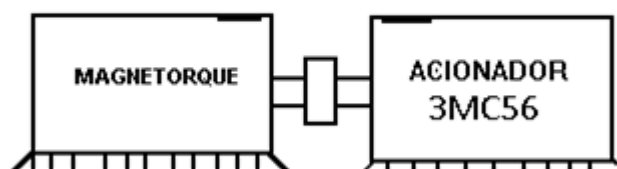


Figura 13 – Esquema de acoplamento dos motores

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

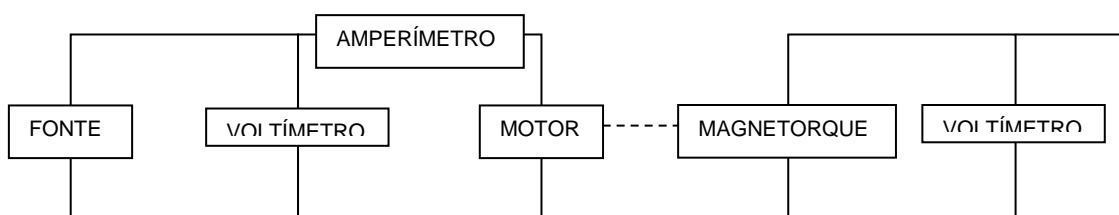


Figura 14 – Diagrama para execução dos ensaios com carga

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

2º) . Liga-se o magnetorque em uma fonte CC variável. A tensão na mesma deverá ser elevada gradativamente. Esse se tornará uma carga para o motor em teste, que deverá ser monitorada pelo amperímetro e deverá ser elevada de acordo com os dados de placa.

3º) A condição ideal se dará quando a corrente de armadura do motor for a nominal e o RPM medido na ponta do eixo for igual ao da placa.

4º) Se o RPM obtido for menor que o de placa, deve-se instalar um variac no circuito de excitação da máquina e elevar a tensão no mesmo vagarosamente até que se atinja o valor de rpm desejado, atentando-se para os valores de corrente e tensão na armadura. Se o RPM obtido for maior que o de placa, significa que a magnetização do circuito de excitação da máquina não foi suficiente. Será necessário nesse caso, desligar a máquina e imantar o campo principal aplicando uma tensão de 230VCC durante 1 segundo.

5º) Ao final do teste, medir novamente a resistência de isolamento e calcular IP (índice de polarização) para comparar com os valores iniciais.

6. INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

6.1. Instrumentos utilizados nos ensaios GEO

6.1.1. Estetoscópio



Figura 15 – Estetoscópio

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

O estetoscópio conforme figura 15 é um instrumento sensível de alta qualidade que permite a determinação de problemas inoportunos com componentes de máquinas por meio da detecção de ruídos ou vibrações.

O estetoscópio utilizado em nosso ensaio inclui um fone de ouvido, sondas com dois comprimentos diferentes (70 e 220 mm) e um CD de áudio pré-gravado que demonstra os ruídos de máquinas problemáticas mais frequentemente encontrados, tudo isso fornecido de forma completa em um estojo resistente. A excelente qualidade sonora ajuda a identificar, de maneira confiável, a causa possível do ruído.

- Intuitivo e fácil de operar, não exige treinamento especial;
- Desenho ergonômico e leve que o torna fácil de operar com apenas uma das mãos;
- Fone de excelente qualidade para máxima qualidade sonora, mesmo em ambientes muito ruidosos;

- O CD de demonstração pré-gravado e a saída para gravação analógica ajudam na análise e comparação;
- Fornecido com duas sondas, de 70 e 220 mm, que permitem alcançar praticamente qualquer lugar;
- Controle de volume digital ajustável de até 32 níveis para se obter o volume desejado.

6.1.2. Analisador de vibração



Figura 16 – Analisador de Vibração

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

O analisador de vibração conforme figura 16 é um instrumento utilizado para análises críticas de vibrações mecânicas em máquinas elétricas rotativas, onde é verificada a condição do equipamento de acordo com a severidade dele.

O analisador utilizado em ensaio consegue diagnosticar de forma precisa três possíveis problemas na máquina, sendo:

- Vibração horizontal, proveniente de desbalanceamento;
- Vibração axial, proveniente de folga nos rolamentos;
- Vibração vertical, proveniente de base irregular.

6.1.3. Ponte de kelvin



Figura 17 – Ponte de Kelvin

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

A Ponte de Kelvin conforme figura 17 é um instrumento capaz de medir a resistência ôhmica dos enrolamentos de máquinas elétricas rotativas, em motores de corrente alternada e em motores de corrente contínua a fim de verificar o comportamento e condição dos equipamentos de acordo com a norma e padrão de referência de cada motor. Sendo um instrumento de leitura de baixas resistências que satisfaz as normas UK MINES AND QUARRIES ACT 1954 sobre testes de condutância.

O Ponte de Kelvin é um equipamento portátil para medição de baixas resistências que possui 5 alcances, o que permite medir resistências entre 10 micro-ohms e 200 ohms, proporcionando leituras diretas sobre um display de cristal líquido de 3 1/2 dígitos.

Características da Ponte de Kelvin Digital SKB-10S:

- Corrente 1A;
- Medição de 10 micro-ohm a 200 ohms;
- Precisão de 0,2%

Aplicações da Ponte de Kelvin Digital SKB-10S:

- Disjuntores de resistência, Bobinados, Transformadores, Motores etc.;
- Resistência de barramentos, resistências de conexões de solda, resistência de fusíveis, de contato de chaves, de conectores, resistência de condutores elétricos, de carcaças etc.

- Empresas e setores de Engenharia;
- Prestadores de serviço;
- Fabricantes e recuperadores de Transformadores e Motores;
- Fabricantes de cabos elétricos.

6.1.4. Megôhmetro



Figura 18 – Megôhmetro

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

O megôhmetro conforme figura 18 foi um instrumento registrado pela James Bidle, que foi projetado para medir o isolamento de componentes elétricos utilizando a lei de Ohm. Introduzido na Inglaterra em 1904 e na América em 1910, o megôhmetro foi uma ferramenta que veio acompanhando o desenvolvimento industrial e com esse desenvolvimento o equipamento foi se adequando as novas faixas de tensão e potências. Existem hoje aparelhos com escala ôhmica acima de 500.000 M Ω e acima de 15.000V, para se ter uma noção o originalmente projetado e fabricado era de 500M Ω e 500V. Medindo a corrente contínua que circula por um galvanômetro, utilizando a lei de Ohms, a resistência de isolamento dada em Ω (ohms).

A medição do megôhmetro é realizado com com dois conectores que devem ser ligados ao equipamento em que se deseja verificar essa resistência de isolamento, um exemplo seria um motor de indução trifásico, com o motor devidamente desenergizado, liga-se uma ponta de prova do megôhmetro na carcaça do motor e a outra em uma bobina do motor, logo após isso escolhe-se a faixa de tensão a ser aplicada, variando de 5.000V a 15.000V.

Assim inicia-se o teste, o megôhmetro começa a fazer a medição do fluxo de corrente entre as duas partes do equipamento medido, que nesse caso é o motor

de indução trifásica, e com o passar de alguns segundos mede o índice de absorção e polarização do equipamento.

6.1.5. Multímetro



Figura 19 – Multímetro

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

O multímetro conforme figura 19 é um aparelho que mede várias grandezas elétricas, os multímetros mais comuns medem tensões, correntes e resistência. Existem alguns multímetros mais avançados que chegam a medir algumas grandezas específicas como capacitância, frequência e temperatura. A estrutura de um multímetro é bem simples, composta por um visor para verificação das medições, uma chave seletora para selecionar as faixas das medidas e conexões para plugar as pontas de prova.

A medida de tensão é feita sempre em paralelo, colocando as pontas de prova em paralelo com a fonte de tensão podendo ser medido a voltagem dele. As pontas de prova são nas cores vermelho para positivo e preto para negativo.

A medida de resistência é feita em paralelo com o que se deseja medir.

A medida de corrente contínua ou corrente alternada diferente das medidas anteriores, elas são medidas em série com a carga que se deseja fazer a medição.

O teste de continuidade do multímetro tem a função de testar a continuidade de cabos e fios sendo muito útil em instalações elétricas.

6.1.6. Voltímetro



Figura 20 – Voltímetro

Fonte: Viewtech.in.br (2020)

O voltímetro conforme figura 20 são aparelhos que medem a voltagem de determinada fonte de tensão ou uma d.d.p (diferença de potencial), essas medições são realizadas em Volts.

6.1.7. Alicate Amperímetro



Figura 21 – Amperímetro

Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional (2020)

O amperímetro conforme figura 21 é um aparelho que mede a amperagem de determinado circuito, essas medições são em ampères conhecida como corrente elétrica.

A medição de corrente elétrica que passa por determinado condutor deve ser ligada em série para ser medido o fluxo de corrente.

6.2. Elementos do sistema

6.2.1. PT – 100



Figura 22 – PT 100

Fonte: Grundfos.com (2020)

O sensor PT 100 conforme figura 22 é um sensor de temperatura, este sensor mede a temperatura através da variação da resistência elétrica da platina (Pt). A resistência do metal aumenta à medida que a temperatura aumenta. A resistência a 0°C é de 100 ohms – daí advém o nome PT 100. Os sensores PT 500 e PT 1000, com a resistência correspondente a 0°C, também estão disponíveis, conseqüentemente o PT 100 também pode utilizado para ler a temperatura.

O sensor apresenta uma medição mais precisa do que outros tipos de sensores baseados na resistência elétrica, como o NTC, que utilizam outros metais, mas também é mais dispendioso. O PT 100 consegue medir temperaturas até 600°C, enquanto os outros só atingem 150°C.

6.2.2. Medidor de voltagem CC

O instrumento digital da figura 23 para medição de tensão em corrente contínua possui faixa de medição de 5 a 600 VCC. Sua leitura é realizada por meio de display LED, de 7 segmentos e 4 dígitos para aplicação em painéis, máquinas e equipamentos.



Figura 23 – Medidor de Tensão CC

Fonte: kronweb.com.br (2020)

6.2.3. Medidor de corrente contínua

O instrumento digital da figura 24 é utilizado para medição de corrente contínua, é possível configurar aplicações de relação de transformação de um shunt para o amperímetro CC. Sua leitura é realizada por meio de display LED, de 7 segmentos e 4 dígitos para aplicação em painéis, máquinas e equipamentos.



Figura 24 – Medidor de Corrente Contínua

Fonte: kronweb.com.br (2020)

6.2.4. Sensores ópticos



Figura 25 – Sensor Óptico

Fonte: Eletrogate.com (2020)

O sensor óptico ou fotoelétrico conforme figura 25 é composto por dois componentes básicos que são o emissor e o receptor. O princípio de funcionamento é muito simples, o emissor emite um feixe de luz e quando essa luz é projetada em algum objeto e retorna para o receptor, ou seja, o receptor recebe esse feixe de luz, o sensor indica a detecção. Dependendo do tipo do sensor óptico o emissor e o receptor podem estar no mesmo corpo ou dependendo do tipo podem estar em corpos distintos.

Existem basicamente três tipos de sensores ópticos são eles: Sensor Óptico difuso, Sensor Óptico retro reflexivo e o Sensor Óptico por barreira.

6.2.4.1. Sensor óptico difuso

Tem o emissor e o receptor no mesmo corpo, o emissor emite um feixe de luz e quando esse feixe de luz detecta algum objeto, a luz é refletida retornando para o receptor mostrando que o sensor atuou.

6.2.4.2. Sensor retro reflexivo

Este tipo de sensor tem um componente adicional, possui o sensor e um espelho prismático, porque a luz neste caso irá refletir no espelho e retornar. O Emissor envia a luz, a luz reflete no espelho prismático e retorna para o receptor, neste momento o sensor não está atuado, quando algum objeto é aproximado, o feixe de

luz se encontra com o objeto impedindo a reflexão no espelho prismático, neste momento o sensor atua.

6.2.4.3. Sensor óptico por barreira

Existem dois componentes no sistema que atuam de forma ativa, sendo que um é o emissor e o outro é o receptor. Neste tipo de sensor o emissor e o receptor estão em corpos distintos, neste caso a situação se torna mais simples, o emissor emite um feixe de luz direto para o receptor e quando algum objeto cruza esta luz o sensor atua. A principal característica tipo barreira é que ele necessita de um transmissor e um receptor.

6.2.5. Principais diferenças entre os sensores

Sensor Difuso

Pontos positivos

- Dispensa refletor;
- Permite ajuste de detecção, então consegue-se ajustar as distancias

(ranges);

- Permite a detecção de objetos transparentes e opacos;
- Permite maior alcance para objetos claros.

Pontos Negativos

• É aplicado para distâncias menores que requerem menos reflexão, quando é utilizado em distâncias menores tem-se uma menor reflexão.

- Quando é utilizado em distâncias maiores requerem maior reflexão.

Sensor Retro Reflexivo

Pontos positivos

- Fácil instalação;
- Corpo único e fácil alinhamento;
- Permite ajustes de sensibilidade;
- Objetos transparentes e opacos são fáceis de detectar.

Pontos negativos

- O espelho pode sujar;

- Menor alcance se comparado ao sensor tipo barreira;
- Pode não detectar objetos brilhantes.

Sensor Tipo Barreira

Pontos positivos

- Detecta pequenos objetos a longas distancias;
- Atua em ambientes sujos;
- Maior confiabilidade e menor manutenção.

Pontos negativos

- Este tipo de sensor é mais caro;
- Precisam de duas conexões elétricas, uma para o transmissor e outra para o receptor;
- O alinhamento do feixe é fundamental, pois ele opera em grandes distancias;
- Não detecta objetos transparentes.

Em termos de aplicação o sensor tipo difuso é utilizado para pequenas distancias de 0m a 2m. Já o retro reflexivo consegue atingir uma distância de 0 m a 10 m. Acima de 10 m obrigatoriamente utiliza-se o sensor óptico tipo barreira, pois este tipo de sensor consegue alcançar uma maior distância de 0 m a 25 m.

Em termos de formato dos sensores ópticos, existem sensores de formato cilíndricos e de formato tipo bloco.

6.2.6. Contatores

Criado em 1924 pela empresa Telemecanic, hoje chamada de Schneider Electric, o contator na época de sua criação veio para uma evolução considerável dos circuitos elétricos até então, mostrando que se era capaz de automatizar plantas industriais. Assim trazendo mais segurança ao processo industrial e evoluindo continuamente ao decorrer dos anos e com sua evolução gerando cada vez mais componentes para associar e facilitar os circuitos elétricos.

Composto por um núcleo que está dividido entre parte fixa e móvel sendo a parte fixa de um lado da bobina de imantação e outra móvel de outro lado dessa mesma bobina separados por uma mola, a bobina de imantação que ao ser

alimentada cria um campo eletromagnético assim atraindo para perto da parte fixa a parte móvel do núcleo, gerando assim a comutação de contatos, contatos NA (contato normal aberto) e NF (contato normal fechado), tem como princípio de funcionamento a mudança de posição de seus contatos, assim por exemplo quando um contato NA com o contator desenergizado, o mesmo ao energizar a bobina comuta o contato transformando-o em NF e ao desenergizar o campo eletromagnético é cessado assim fazendo com que a mola faça as partes fixar e móvel ficarem em sua posição inicial conforme figura 26.

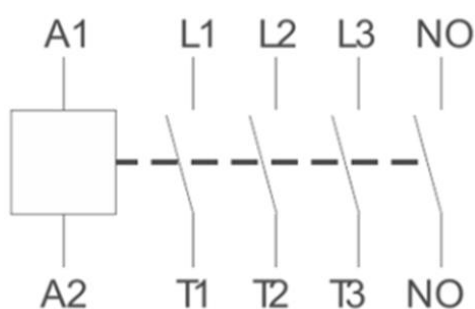


Figura 26 – Contatos do Contator

Fonte: Mundo da Elétrica (2020)

6.2.7. Encoder

Sensor destinado a converter o movimento de rotação em pulsos elétricos através de uma fonte de luz que passa por ranhuras no disco codificado do encoder, ao que movimenta o eixo gera interrupções na passagem de luz pelas ranhuras e ao ser passado pelos fotodetectores essa energia é convertida em pulso elétricos.

Alimentação é de 5 a 28VCC e corrente máxima de saída é 20mA.



Figura 27 – Encoder

Fonte: Hohner.com (2020)

7. MELHORIA NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO – INDÚSTRIA 4.0

Com o passar dos anos a indústria sofreu uma evolução significativa e com isso o processo de manutenção também evoluiu, é onde nos deparamos com um tema muito interessante que é a manutenção industrial com vistas à digitalização, isto é, a chamada manutenção 4.0, os principais focos são os impactos na manutenção industrial com a digitalização e a indústria 4.0.

A manutenção do futuro em função da digitalização sofrerá uma série de transformações, isso tanto o que abrange a parte tecnológica, a parte de processo e a parte de pessoas. Com isso, dentro de um contexto cabe-se fazer três perguntas: como melhorar índices de disponibilidade, ciclo de vida e custo com a digitalização da fábrica?

Como evoluir o modelo de manutenção dentro dos requisitos da indústria 4.0?

Como utilizar tecnologias digitais, mudar processos e treinar pessoas para uma nova realidade da indústria?

Com esse contexto, pode-se fazer um estudo aprofundado sobre o tema proposto, e isto será feito ao longo do texto. Quando pensamos em evolução, o primeiro termo que vem à cabeça é melhoria, como por exemplo melhoria de um equipamento, de um processo ou de manutenção. Abaixo temos a evolução da manutenção, de forma bem direta para entendermos todo o contexto evolutivo conforme descrito na figura 28.

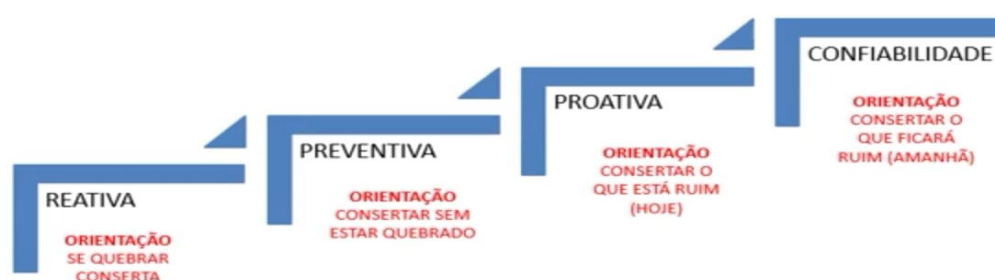


Figura 28 – Evolução da Manutenção

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

Uma manutenção reativa é orientada da seguinte forma, “se quebrar conserta”, é assim que era feito, e talvez ainda exista algum tipo de indústria neste sentido, mas pensando em evolução, isto não é considerado.

Depois tem a manutenção preventiva, que é onde conserta mesmo sem estar quebrado, depois de um determinado tempo o equipamento passa por uma manutenção, normalmente é feito um cronograma para se determinar a data de parada do equipamento e o tempo de manutenção.

Em seguida tem a manutenção proativa, que é “consertar o que está ruim”, por exemplo, “está ruim hoje, mas está funcionando”, então é feito uma análise antes da manutenção do equipamento.

E por último tem a manutenção de confiabilidade, que é consertar o que ficará ruim, a palavra “ficará” é muito importante no conceito de evolução, isto é, “como se sabe que ficará ruim?” e é quando entra todo o entendimento de que a digitalização proporcionará na manutenção essa resposta.

7.1. Como funciona a manutenção 4.0

Hoje na manutenção o trabalho é feito através dos técnicos em manutenção, onde os mesmos quando estão consertando o equipamento dizem o que está acontecendo, já o equipamento diz o que aconteceu ou o porquê aconteceu, isso no aspecto manutenção. Dentro desse universo trabalha-se com ação corretiva, preventiva, baseado em diagnóstico.

Com a digitalização a chamada de manutenção 4.0 passa-se incorporar o gerenciamento de ativos baseado em camadas de IOT, onde o trabalho é feito baseado em prognósticos, é realizado na rotina, conforme figura abaixo. E fora da rotina o trabalho é feito pelo técnico de manutenção e juntamente a ele é aplicado a inteligência artificial.

No momento em que aplicado prognósticos baseados em IOT inteligência artificial (I.A), passa-se a obter uma nova pergunta, “o que irá acontecer?“, e isso é o que muda principalmente na manutenção do futuro, passa-se a ter uma resposta que a manutenção atual não dá. A manutenção de hoje na melhor das hipóteses dá uma resposta do que está acontecendo o que aconteceu, e a digitalização ao contrário da manutenção atual irá dizer o que vai acontecer. Então na digitalização ou manutenção

4.0, passa-se a ter ações para eliminar falhas pôr tendência, baseando em prognósticos conforme figura 29.

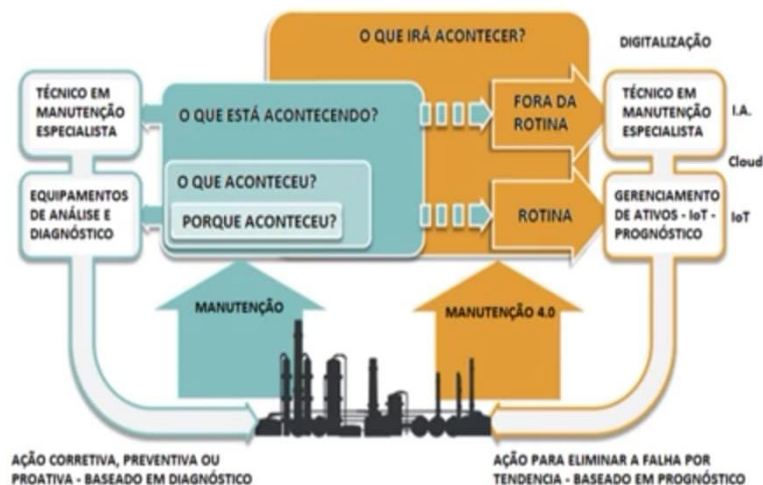


Figura 29 – Prognóstico

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

7.2. Como os sistemas aprendem?

Agora será mostrado uma anatomia de sistemas mostrando como que ele aprende e como funciona essa inteligência.

Existe uma gestão de ativos que são industriais, os mesmos são transformados em dados através de interfaces, criando uma tabela que será enviado para o processo denominado Big data, sendo processado através do *machine learning*, um aprendizado de máquina, mudando-o para um elemento supervisor, onde se torna uma ação podendo ser enviada para os elementos decisórios, e logo após retornando aos ativos, gerando aprendizado de modo que a máquina obedeça aos comandos.

Depois de um determinado tempo por aprendizado, o sistema de inteligência é desviado por uma ação de decisão e automaticamente toma uma decisão ou começa a informar tendências que podem acontecer conforme figura 30.

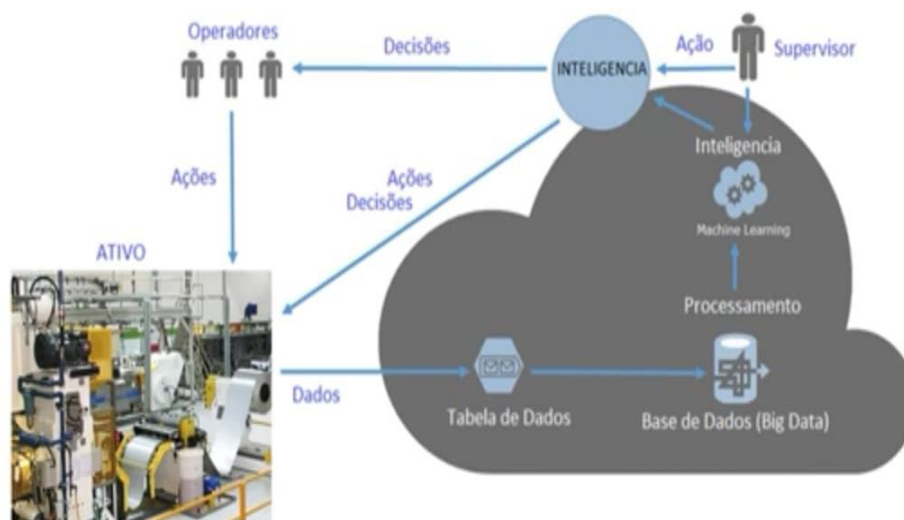


Figura 30 – Tendências

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

7.3. Por que o sistema é mais eficiente com a implementação da manutenção 4.0?

O gráfico da figura 31 mostra a análise do tempo desde o evento até a ação realizada.

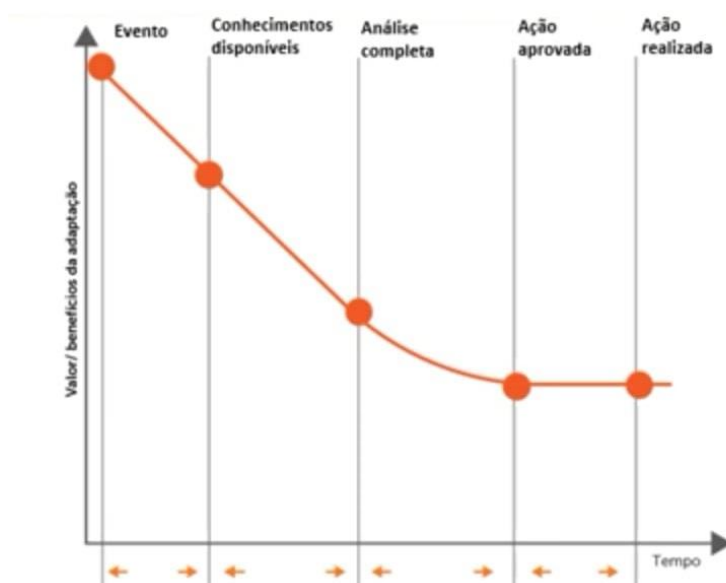


Figura 31 – Análise de Tempo

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

O sistema se torna mais eficiente com a implementação da tecnologia, e com isso o tempo entre o evento e ação realizada diminui, e com isso ocorre, primeiramente fazendo o monitoramento em tempo real, isso vai fazer com que o tempo entre o evento e o conhecimento disponíveis diminua conforme figura 32.

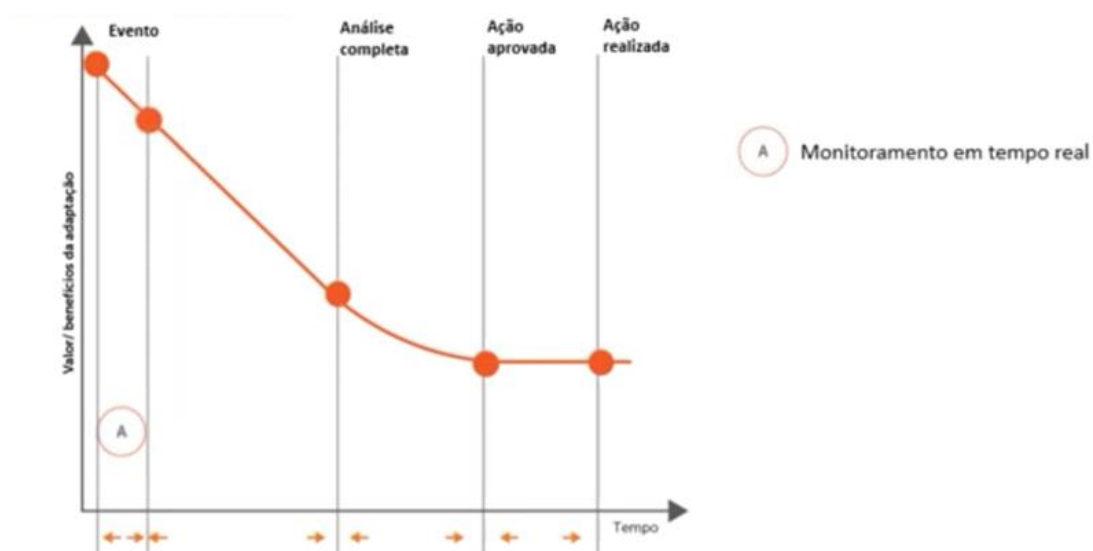


Figura 32 – Evento x Conhecimentos Disponíveis

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

Depois se faz uma análise utilizando dados do *Big data*, inteligência artificial, isso vai fazer com que o tempo entre o evento e análise completa também diminua conforme mostra figura 33.

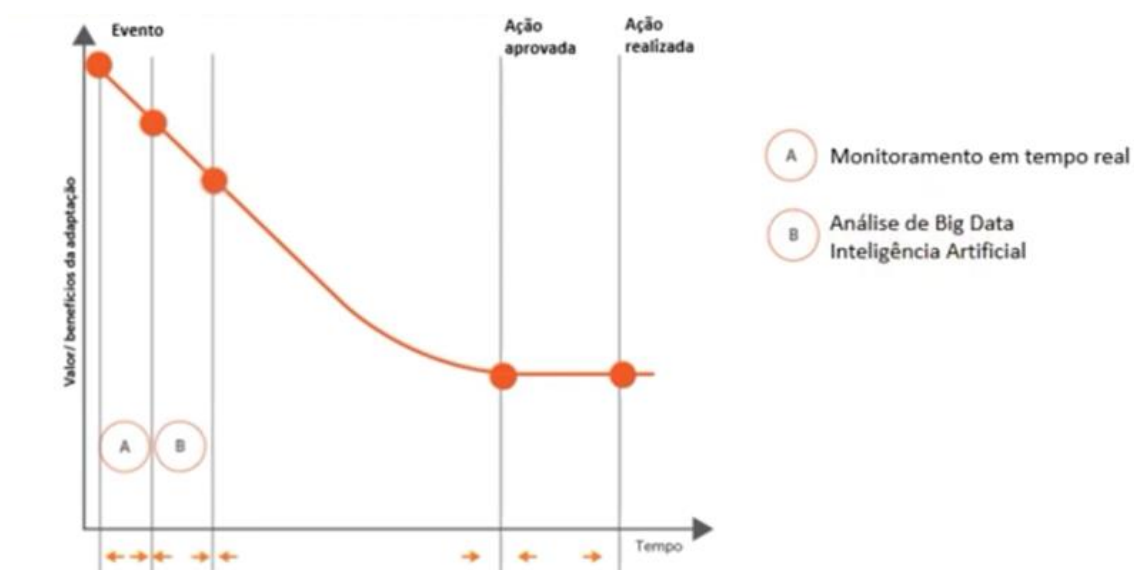


Figura 33 – Evento x Análise Completa

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

Em seguida acontece a implantação do sistema de suporte a decisão, e isso faz com que o tempo entre o evento e ação aprovada diminua conforme figura 34.

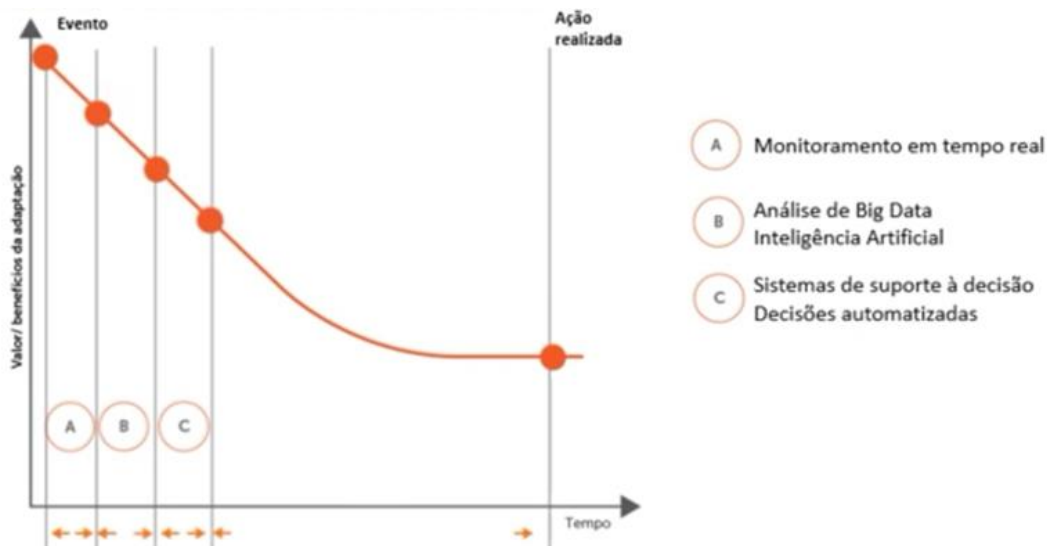


Figura 34 – Evento x Ação Aprovada

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

E por último ocorre a implantação de processos cyber-físicos, e quando o tempo entre o evento e ação realizada diminui, assim obtendo ganhos conforme mostrado na figura 35.

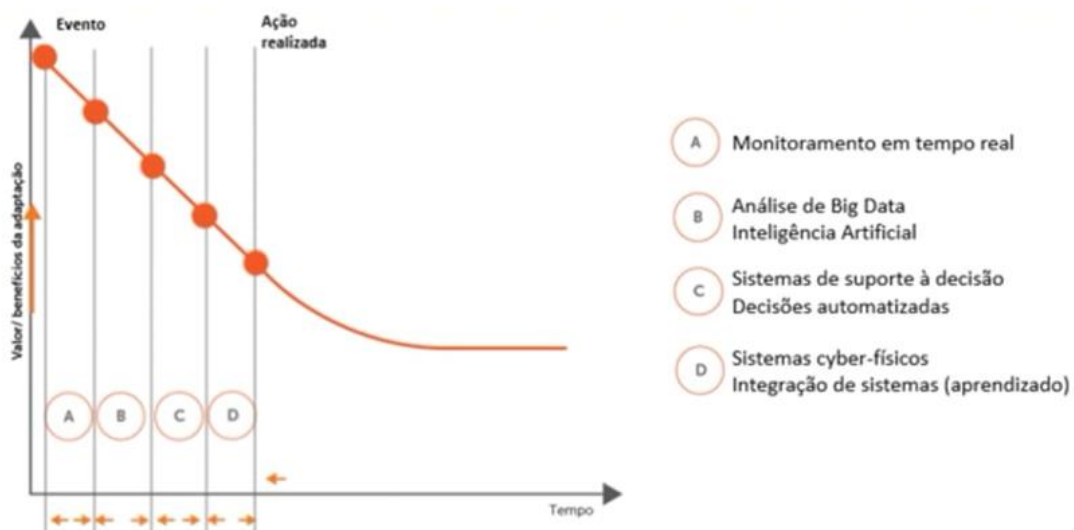


Figura 35 – Implementação de Processos

Fonte: Manutenção 4.0 (2020)

Para que o tempo entre o evento e a ação realizada realmente diminua é importante propor um panorama de manutenção, estabelecendo um tripé onde o foco será em disponibilidade do equipamento, ciclo de vida do equipamento e custo de operação e manutenção.

Disponibilidade - manter o equipamento funcionando o maior tempo possível, onde o foco será na falha de uso, desgastes e falha na aplicação, esses são os elementos que alteram a disponibilidade do equipamento.

Ciclo de vida - utilizar o equipamento ao longo do seu ciclo de vida dentro de parâmetros técnicos e de custos. Onde os elementos que impactam são descarte por mudanças, mudanças tecnológicas e dificuldade operacional ao longo do tempo.

Custo de operação e manutenção - utilizar o equipamento dentro do custo total de aquisição, dentro dos parâmetros de planejamento e uso. Onde os elementos impactantes são falhas na operação, descontinuidade de peças e uso inapropriado.

A ideia é digitalizar todos esses elementos, para que realmente ocorra a diminuição do tempo e aumente a eficiência na manutenção.

8. CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O CLP nasceu dentro das indústrias automobilísticas americanas, com o intuito de agilizar e otimizar o tempo dentro da linha de produção devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança da linha de montagem.

O CLP pode ser dividido em 3 importantes partes como mostrado na figura 36, o cartão de entrada, o cartão de saída e o processador.

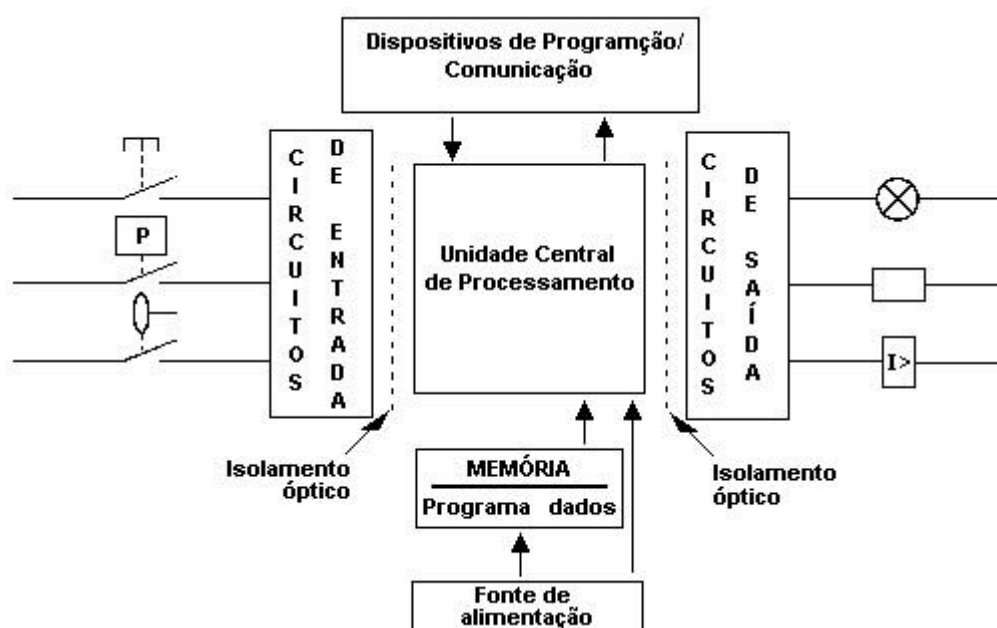


Figura 36 - Bloco CLP

Fonte: saladaautomacao.com

8.1. Cartão de entrada

Representa a parte sensível do CLP, são as entradas que recebem os sinais externos ao CLP, esses sinais podem ser classificados de dois formatos, sinais digitais e sinais analógicos.

8.1.1. Sinais digitais

São aqueles que representam duas variações de estados.

0 = desligado / “aberto” (sem sinal elétrico nos terminais do CLP)

1 = ligado / “fechado” (com sinal elétrico nos terminais do CLP)

Os sinais digitais costumam ser em: 24 VCC, 110 VCA e 220 VCA.

8.1.2. Sinais analógicos

São entradas que possuem uma variação da grandeza elétrica no seu sinal. O sinal analógico pode ser em tensão (0 - 10 Volts) ou em corrente (4 - 20 mA).

8.2. Processador

Processador ou CPU é o responsável por realizar a execução do programa que está dentro do CLP, ele realiza a verificação dos estados da entrada e com base na programação ST (*Structured Text*) Texto Estruturado, IL (*Instruction List*) Lista de Instruções, LD (*Ladder*) Linguagem *ladder*, FBD (*Function Block Diagram*) Diagrama de bloco, SFC (*Sequential Flow Chart*) Diagrama de Fluxo ele atualiza as saídas do CLP.

8.3. Cartão de saída

Responsável por acionar as cargas elétricas que o CLP irá comandar, são as saídas que vão ser responsáveis por acionar as bobinas dos contatores, solenoides etc.

9. SISTEMAS: SUPERVISÓRIO E PROGRAMAÇÃO

9.1. Conhecendo o supervisório

O supervisório é um componente da automação industrial capaz de receber dados e mostrá-los ao usuário em tempo real, como também acionar máquinas e equipamentos a longas distâncias remotamente, através de comunicação via ethernet e via *Wi-fi*.

A criação do supervisório de motores de imã permanente, tem-se como objetivo o monitoramento em tempo real do equipamento, podendo ser implantado em motores de corrente contínua e corrente alternada, sendo necessário a realização de ajustes na programação inserindo dados de placa do motor a ser monitorado.

No supervisório, o programa é iniciado de forma simples realizando o monitoramento de dados, sendo eles: corrente (A), tensão (V), temperatura (°C) e de velocidade (RPM), de forma a acompanhar a operação em tempo real do equipamento. Para isso, o operador do supervisório aperta a tecla “iniciar” como mostra a figura 37.



Figura 37 – Tela Inicial

Fonte: Autores (2020)

Assim que acionada a tecla “Iniciar”, será feita uma varredura nos motores de forma a mostrar os valores em tempo real, e será exibida a tela de “seleção de motores”. A figura 38 mostra ao operador várias opções para escolha de qual motor

se quer selecionar e clicando na seta a direita abre a tela de sequências dos demais motores, conforme figura 39.



Figura 38 – Seleção de motores de 1 a 72

Fonte: Autores (2020)



Figura 39 – Seleção de motores de 73 a 132

Fonte: Autores (2020)

A figura 40 mostra em tamanho reduzido através de animação a aplicação dos motores de imã permanente em uma esteira transportadora, se fazendo necessário apenas selecionar o motor a ser monitorado. Ao selecionar qual a

sequência se deseja selecionar, uma tela com navegação para escolher dentre os seis motores indicados na tela, sendo as telas dos demais motores sendo iguais modificando somente a numeração dos motores.

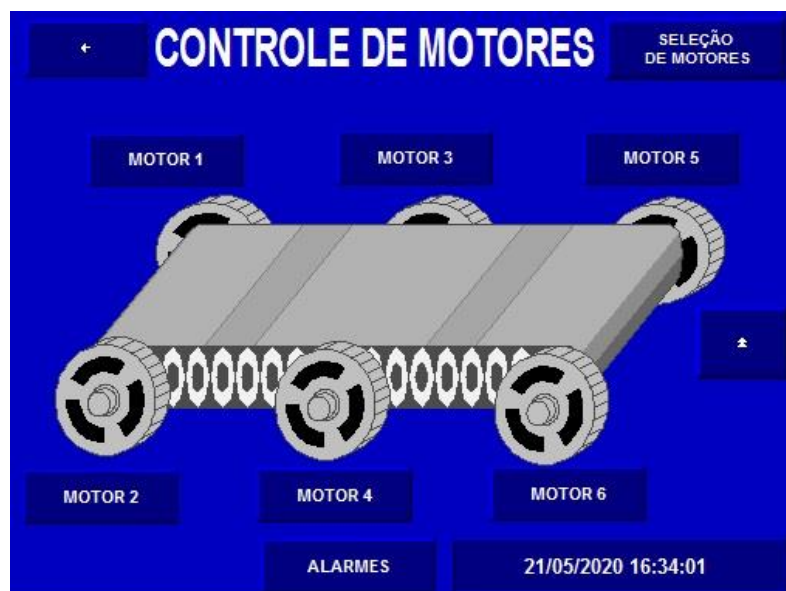


Figura 40 – Controle de Motores

Fonte: Autores (2020)

Para um exemplo seleciona-se o motor 1, sendo mostrado conforme figura 41.

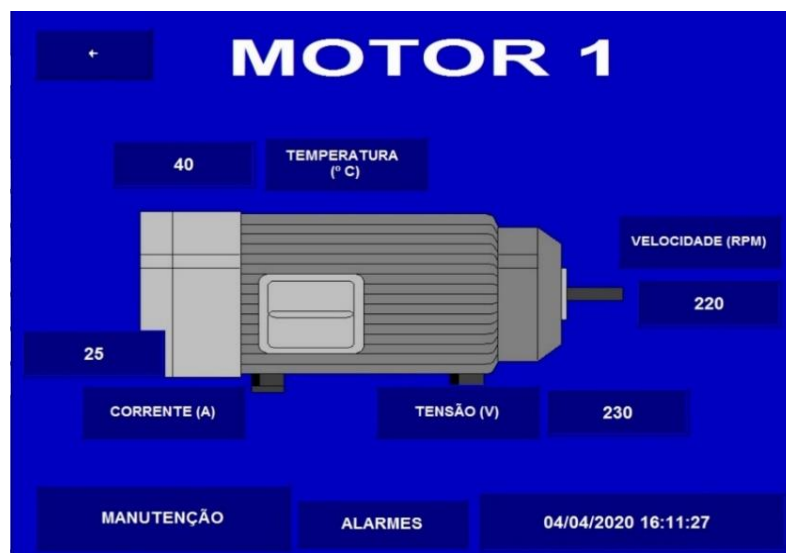


Figura 41 – Motor 1

Fonte: Autores (2020)

Conforme dito anteriormente esta tela mostra em tempo real cada umas as grandezas, as demais telas são idênticas mudando somente o nome do motor e sua

tags de monitoramento. Clicando nas teclas de tensão, corrente, velocidade e temperatura será demonstrado um gráfico que é atualizado de 5 em 5 segundos mostrando o comportamento do equipamento ao longo do monitoramento, podendo ser visto o monitoramento do motor a qualquer hora do dia indicando possíveis falhas de valores que foram inseridos no sistema. Para isso basta clicar deslizando para o lado para visualizar o horário do monitoramento do motor conforme mostra figura 42.

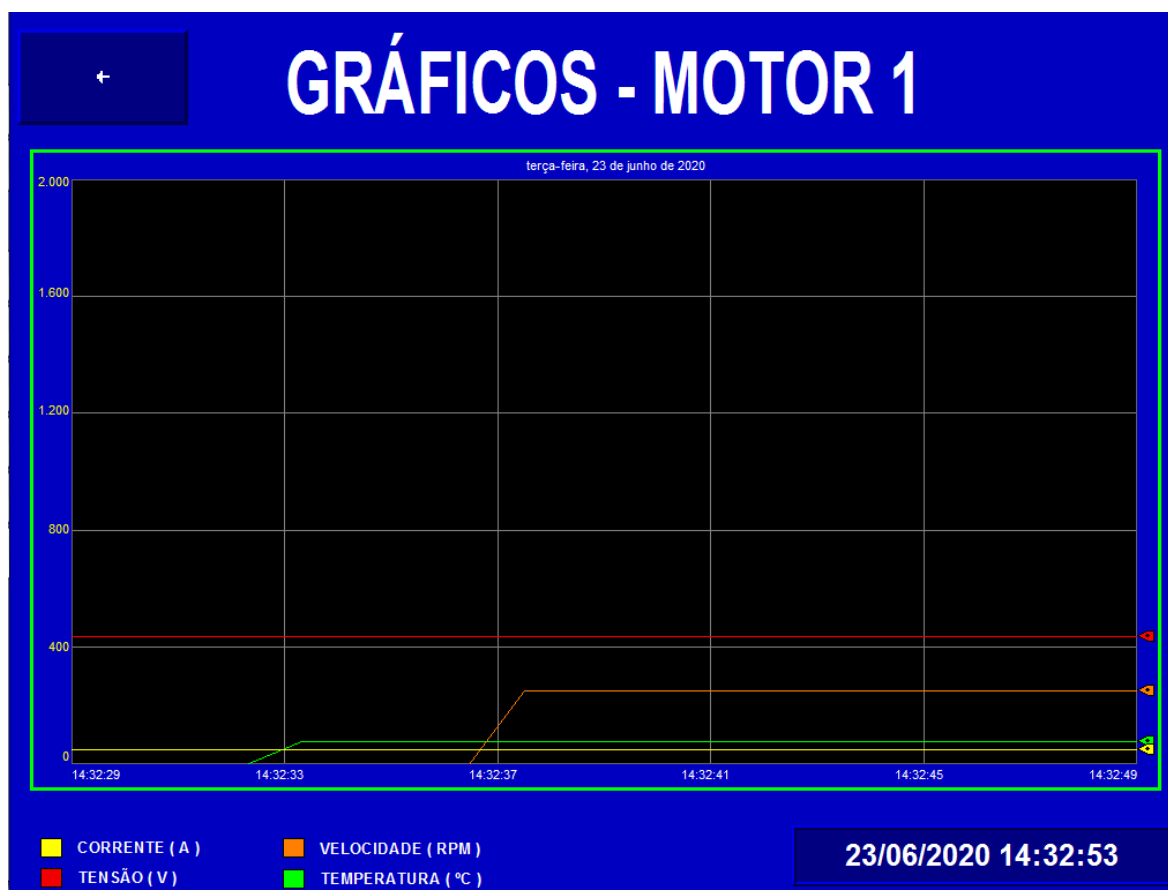


Figura 42 – Gráfico Motor 1

Fonte: Autores (2020)

Caso o motor apresente alguma variação de sua condição normal de funcionamento imediatamente irá gerar uma falha sendo a tela de alarme aberta na tela que estiver acontecendo o desvio conforme figura 43.

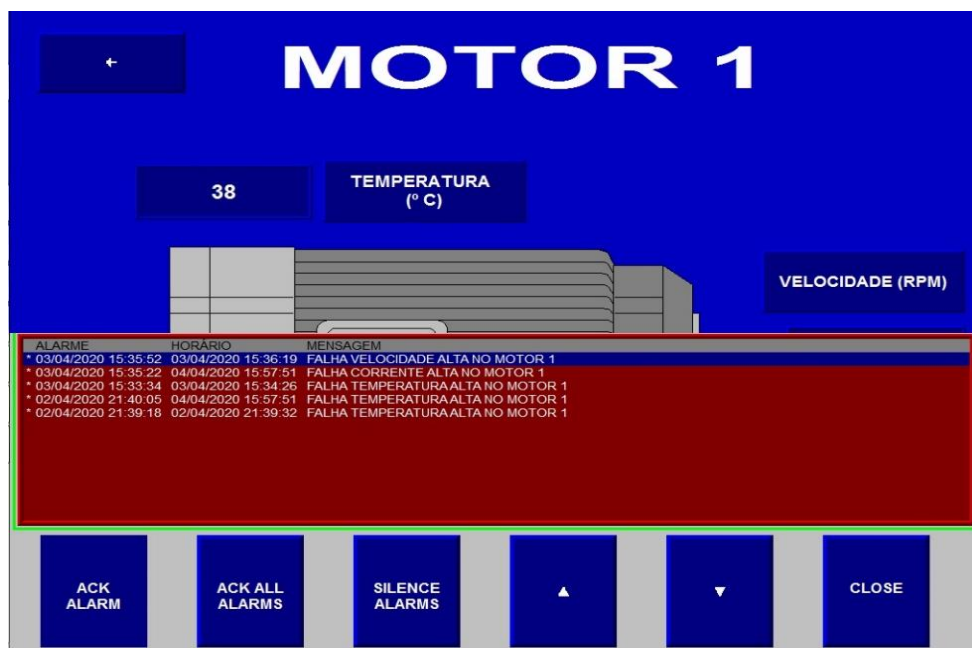


Figura 43 – Tela de Falha

Fonte: Autores (2020)

Na tela de alarme será mostrada a data e hora que ocorreu a falha na aba alarme, clicando em “*Ack Alarm*” indicará a hora que foi reconhecido o alarme selecionado pelo o operador, sendo indicado no canto esquerdo um asterisco para demonstrar o reconhecimento de todos os alarmes não reconhecidos sem precisar selecionar cada um basta clicar em “*Ack All Alarm*”.

Para silenciar a pasta aperta o “*Silence Alarm*”. Na tela são mostradas duas setas, sendo uma para cima e outra para baixo que são utilizadas para a navegação na lista de alarmes, para fechar o banner de alarme basta clicar a tecla “*Close*”.

Caso uma das falhas seja de velocidade acima do configurado no sistema da programação têm-se a tela de manutenção para a correção, para ser permitido iniciar a manutenção será necessário que não haja nada sobre a esteira, sendo necessário a confirmação de “acoplado” ou “não acoplado” por parte do operador e o motor não pode estar operando, para isso foi criado na programação um *interlock*. Após esse procedimento, para iniciar o processo de manutenção clicar em “Iniciar”, quando o processo for iniciado a tela estará aparecendo “iniciado” e ao término mostrará iniciar novamente, sendo de forma automática a correção do campo magnético no imã, regularizando a velocidade estipulada do motor conforme mostra a figura 44.

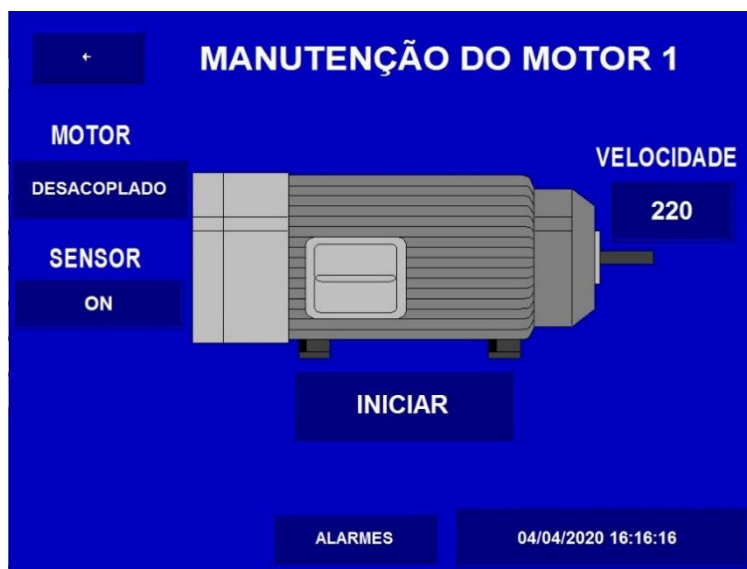


Figura 44 – Tela de Manutenção

Fonte: Autores (2020)

9.2. Conhecendo a programação

A programação do supervisório consiste diretamente em uma comunicação que é de extrema utilidade para o controle dos motores das mesas “H”, a mesma está dividida em subníveis para facilitar o responsável técnico da manutenção do equipamento, a programação está diretamente ligada ao supervisório através de uma comunicação via cabo ethernet e é feita através da linguagem *ladder*.

A programação se inicia no subnível *on/off*, sendo as botoeiras de emergência e ligação do sistema. Conforme mostrado na figura 45 abaixo.

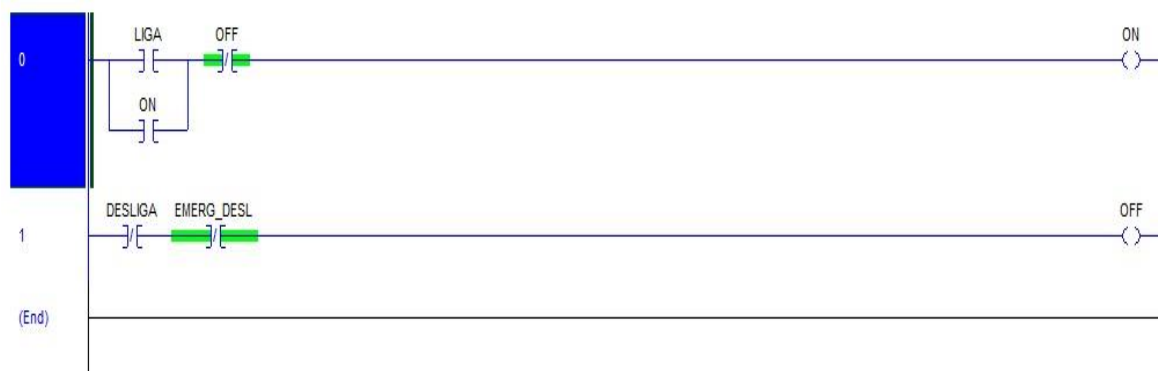


Figura 45 – Acionamento do Sistema

Fonte: Autores (2020)

Seguindo as programações de coleção de dados, que é através de instrumentos específicos para cada dado coletado, que variam de 4 a 20 miliamperes, fazendo assim a coleta de dados como corrente, tensão, temperatura e velocidade do equipamento.

A programação coleta dados realiza um comparativo com os dados de entrada e os dados de placa do motor, por exemplo, se a temperatura da carcaça do motor ultrapassar a temperatura máxima permitida pela placa será acionada uma saída gerando uma falha na tela de alarmes de modo que seja mostrada no supervisão.

Isto ocorre também para tensão, velocidade e corrente através do comparador na programação *ladder* chamado de GRT e LESS, o que são basicamente comparadores que comparam dados de entrada, sendo, no caso do GRT “a” maior que “b” e no caso do LESS “a” menor que “b” realizando a leitura em tempo real, mostrando também em tempo real no supervisão, isso é demonstrado na figura 46 e 47 a seguir que são basicamente a mesma estrutura de programação, porém com coletas de dados diversificadas.

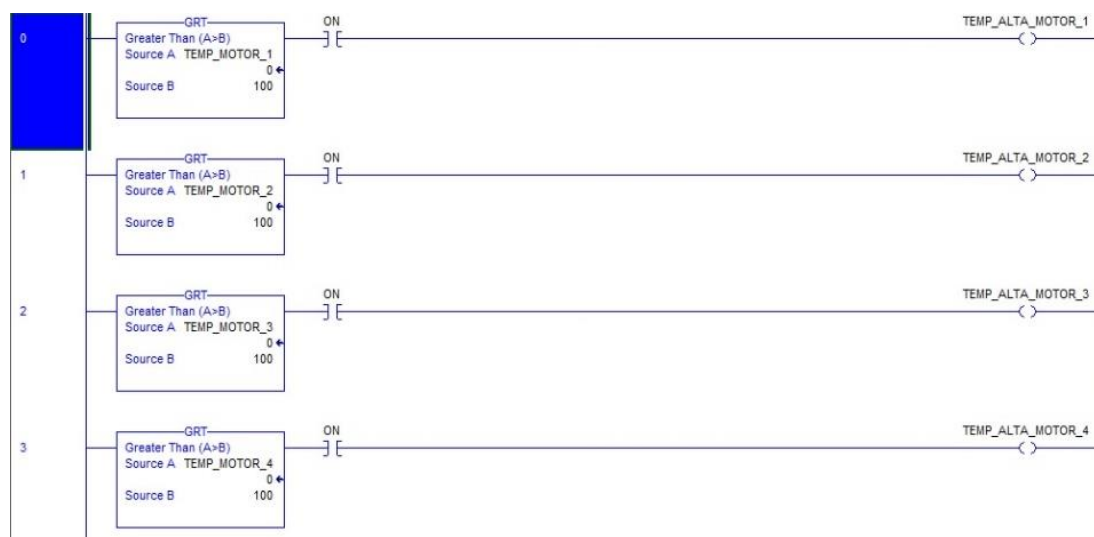


Figura 46 – Dados de Temperatura de Motores

Fonte: Autores (2020)

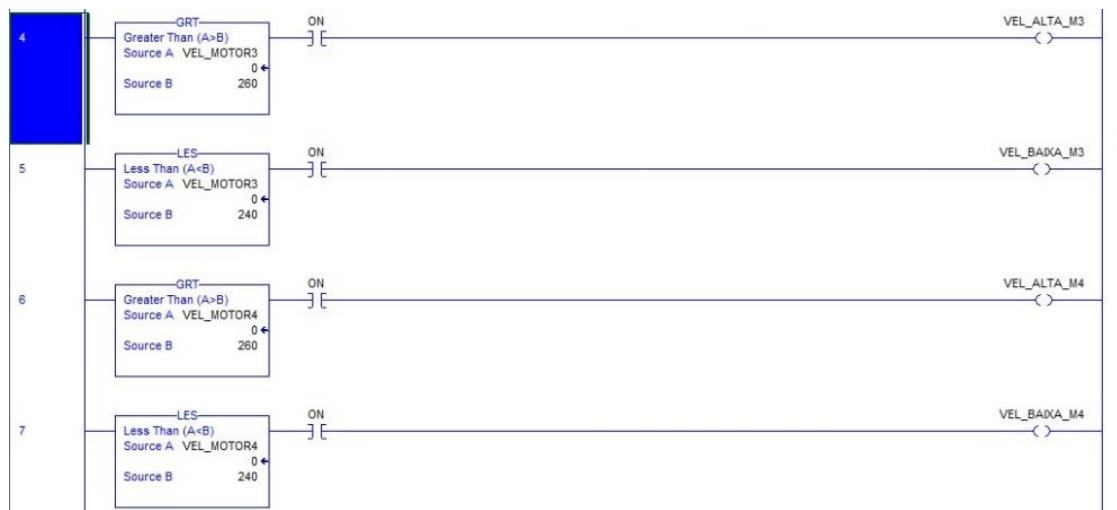


Figura 47 – Dados de Velocidade de Motores

Fonte: Autores (2020)

A tela de alarmes conforme já mencionado, ocorre se algum dado for superior do indicado no sistema, será acionado através das programações de coleção uma saída digital que fica em “1” acionando as falhas do supervisor. A tela de alarme consiste em 39 alarmes, que variam do mais simples acionamento ao mais complexo do sistema, desligando o equipamento de modo que evite problemas e queima do mesmo, e gera uma saída digital para o supervisor conforme mostrado na figura 48 da programação.

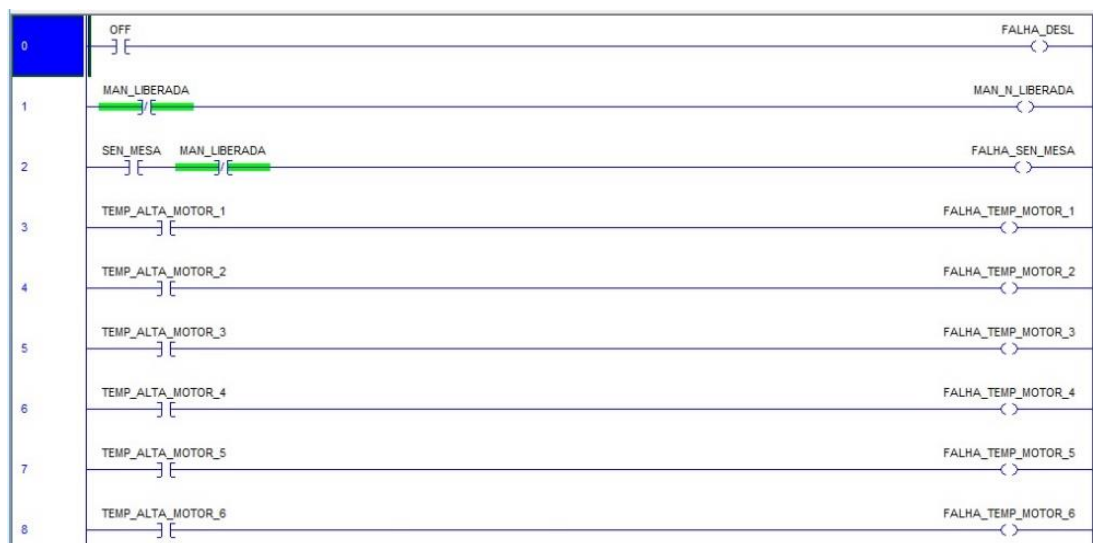


Figura 48 – Programação de Alarmes

Fonte: Autores (2020)

A tela de manutenção é um dos carros chefes do supervisório, e possui uma programação mais complexa, basicamente coletando os dados de correção ajustando a velocidade do motor de modo que a mesma esteja em 245 a 255 RPM.

A partir dessa correção o sistema dará um pulso para que o motor gire verificando assim sua velocidade atual, se o sistema está abaixo da velocidade ele acionará uma saída física que dará um pulso e 440VCC no campo shunt do motor, após esse pulso o motor novamente partirá e a coleta de dados será feita, caso a velocidade esteja na faixa mencionada a manutenção é pausada, caso não esteja na faixa de velocidade de operação, outra saída física é acionada e dará um pulso de 440VAC de modo que a magnetização do campo seja reduzida no imã permanente, este processo é demonstrado na figura 49.

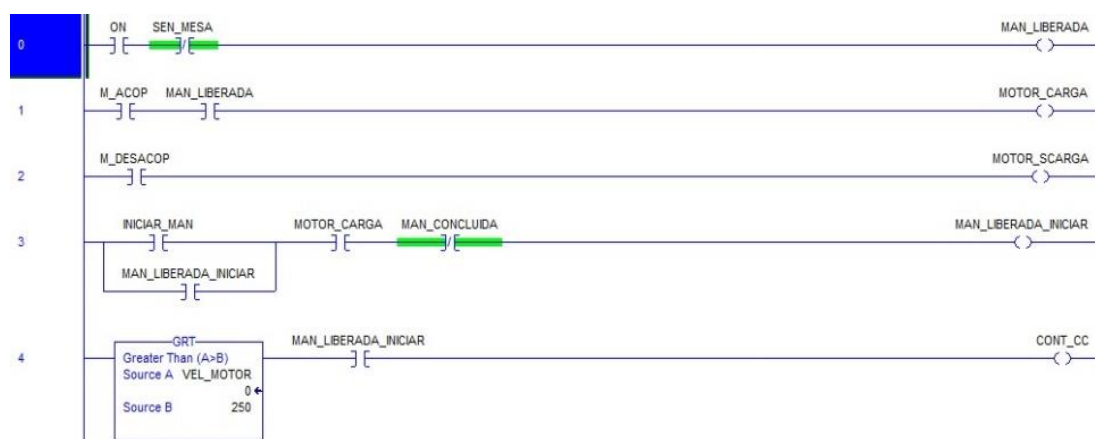


Figura 49 – Programação de Correção de Velocidade

Fonte: Autores (2020)

9.3. Modificação do circuito elétrico

Para implantação do supervisório será necessária uma pequena mudança no circuito elétrico atual, essa mudança irá alterar o circuito de forma simples, conforme mostra a figura 50.

Para que o supervisório funcione corretamente, é necessário que seus componentes, como por exemplo, o rack com os cartões de entrada e saída esteja em um local com a temperatura controlada, para isso seu local que o supervisório pretende ser instalado, se não tiver controle de temperatura, será instalado um

aparelho de ar condicionado. Mas por que se faz necessário controle de temperatura no local aonde o CLP e o rack com os cartões?

Por se tratar de componentes eletrônicos, esses componentes possuem uma faixa de temperatura, para que possam atuar com sua perfeita condição de trabalho, se não tiver na temperatura correta, corre o risco do componente esquentar a placa do cartão, causando assim, mau funcionamento do cartão, como lentidão no processamento e até mesmo gerando falhas que não ocorreram no físico.

Por se tratar de uma empresa de grande porte, uma siderurgia, o CCM onde o supervisor será instalado já possui um controle de temperatura, assim não precisando da instalação de ar condicionado. A modificação no circuito será pequena e como dito anteriormente não modificará o circuito de controle do sistema atual, para instalação do supervisor utilizaremos três contatores de 24 volts, um contator do circuito elétrico atual (KCE) para retirar o motor em caso a falha persista por um determinado tempo, um contator de corrente contínua (KCC) para dar o pulso de corrente contínua, um contator de corrente alternada KCA para dar o pulso de corrente alternada, ambos no campo shunt do motor, conforme mostrado na figura 50 a seguir.

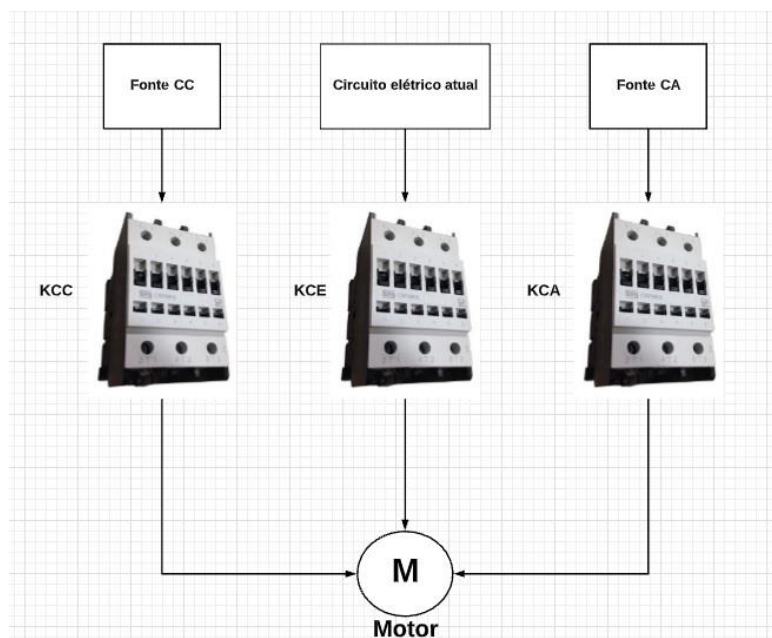


Figura 50 – Diagrama de Mudança de Circuito Elétrico

Fonte: Autores (2020)

Para o contator KCE que irá retirar o motor de operação, que ficar acima do determinado tempo com falha, o programa entenderá que esta falha, poderá estar

causando danos ao motor, assim retirando os 24 volts para o A1 do contator e tirando de operação.

Para os contatores KCC e KCA, os que darão o pulso de corrente contínua e de corrente alternada respectivamente no campo shunt do motor, terão uma grande importância, ele fará a correção de velocidade do motor, mas para que ele entre em momento algum, o contator de falha poderá estar dentro, e quando o programa for dar o pulso de corrente alternada o contator de corrente contínua e o contator de falha terão que estar fora, e quando qualquer um dos contatores entrarem os outros dois estarão fora, para isso na programação ladder haverá o intertravamento para que não ocorra acidentes, pois trata-se de diferentes tensões no motor, com isso Será que não alisado a modificação, que será implantada no circuito atual, assim podendo ser empregado em qualquer sistema tanto para motores de uma permanente, quanto para os demais motores, logicamente os demais motores não necessitarão, dos contatores de correção de velocidade.

10. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

10.1. Planilha de Aquisição de Equipamento

O quadro 3 refere-se à aquisição de um novo equipamento. O valor detalhado foi inserido de acordo com pesquisas de valores de mercado, pois não foi autorizado divulgar informações referentes à contratos externos que envolvam a empresa.

AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTO						
EQUIPAMENTO	FORNECEDOR	DATA	QUANT	UND	VALOR LÍQUIDO	MOEDA
Motor CC 3,0 CV	Empresas Fornecedoras	16/04/2020	1	CDA	127.600,00	BRL

Quadro 3 - Planilha de Aquisição de Equipamento

Fonte: Autores (2020)

10.2. Planilha de Reparo Externo

Conforme mostrado no quadro 4, foi detalhado o valor de reparo externo de forma completa no motor (reenrolamento de armadura, troca do comutador e confecção de nova estrutura). O valor detalhado foi inserido de acordo com pesquisas de valores de mercado, pois não foi autorizado divulgar informações referentes à contratos externos que envolvam a empresa.

REPARO EXTERNO DO MOTOR						
EQUIPAMENTO	FORNECEDOR/MÉDIA	DATA	QUANT	UND	VALOR LÍQUIDO	MOEDA
Motor CC 3,0 CV	Empresas Reparadoras	16/04/2020	1	CDA	50.000,00	BRL

Quadro 4 - Planilha de Reparo Externo do Motor

Fonte: Autores (2020)

10.3. Planilha de Custos para Implementação do Supervisório

O quadro 5 refere-se à valores envolvidos na compra de componentes para implementação do sistema. Também é mostrado a quantidade necessária destes componentes para a montagem do sistema. Pelo mesmo motivo descrito anteriormente, todos os valores envolvidos foram inseridos de acordo com pesquisas de valores de mercado.

PLANILHA DE CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SUPERVISÓRIO			
COMPONENTES	QUANT	CUSTO POR UND (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Eletrônicos			
Panel View Allen Bradley Plus 1250	1	39.071,54	39.071,54
CPU CompactLogix Allen Bradley 5069L320ER	1	8.500,00	8.500,00
Cartão Entrada Digital Allen Bradley 1769OA16	1	1.330,29	1.330,29
Cartão Saída Digital Allen Bradley 1769OB32	25	1.587,71	39.692,75
Cartão Analógico Allen Bradley 1769IA16	33	1.310,23	43.237,59
Rack Allen Bradley 1756A13	7	3.160,64	22.124,48
Fonte ControLogix	7	2.116,41	14.814,87
Cartão Ethernet	7	2.311,20	16.178,40
Cabo de Rede (m)	10	3,99	39,90
		Total Eletrônicos	184.989,82
Medidores			
Encoder 4 a 20 mA	132	900,00	118.800,00
PT 100 (Fraellio)	132	180,00	23.760,00
Amperímetro	132	599,99	79.198,68
Voltímetro	132	1.099,99	145.198,68
		Total Medidores	366.957,36
Elétricos			
Contator de Potência NA (Schneider)	396	200,00	79.200,00
Sensor	1	190,00	190,00
Caixa de Passagem	10	13,99	139,90
Cabo de controle 48 vias 100 m	7	7.540,00	52.780,00
Borne 2,5 mm	700	3,10	2.170,00
Calha para cabos (2m)	20	35,99	719,80
Terminal Garfo Vermelho 0,5 a 1,5 mm	700	0,24	168,00
Terminal Garfo Preto 0,5 a 1,5 mm	100	0,24	24,00
Trilho DIN 1 m	30	9,00	270,00
Rebite pop repuxo alumínio 100 peças	5	25,99	129,95
		Total Elétricos	135.791,65

Quadro 5 - Planilha de Custos para Implementação do Supervisório

Fonte: Autores (2020)

10.4. Planilha de Mão de obra para Implementação do Sistema

O quadro 6 refere-se à mão de obra necessária para a implementação do sistema. A equipe é composta por sete profissionais trabalhando em regime diurno (07h:30m às 17h:15m), durante um período de seis meses.

Foi determinado um período de seis meses para que seja feita a implementação do sistema e realização de ajustes finais e testes. Os valores de mão de obra foram obtidos através do piso de cada categoria descrita na planilha.

PLANILHA DE MÃO DE OBRA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA				
COMPONENTES	QUANT	PERÍODO	CUSTO MENSAL (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Eletricista de Manutenção	5	6 meses	2.011,10	60.333,00
Técnico em Manutenção Elétrica	1	6 meses	2.342,34	14.054,04
Soldador	1	6 meses	1.737,19	10.423,14
				Total = 84.810,18

Quadro 6 - Planilha de Mão de Obra para Implementação do Sistema

Fonte: Autores (2020)

10.5. Planilha de Viabilidade Econômica

Conforme mostrado no quadro 7 seguem valores de investimento inicial, valores de reparo externo, valores com o sistema implementado, valores de manutenção do sistema e de aquisição de equipamento novo.

Todos os valores inseridos na planilha referem-se a valores de mercado, pois não foi autorizado por parte da empresa para divulgação de informações referentes à contratos fixos de manutenção.

Para a correção anual dos valores foi utilizada a taxa de inflação real de 2019, no qual foi de 4,31% segundo IBGE (2019).

Por se tratar de informações internas e confidenciais da empresa, a quantidade de equipamentos que são enviados para reparo externo e a diminuição de reparo deles após a implementação do supervisor foram baseadas em estimativas e através da confiabilidade do sistema. Os dados reais só seriam possíveis caso o sistema estivesse implantado na área de atuação do equipamento.

Visto que a VPL é positiva em R\$ 223.529,22 e a TIR apresentou resultado de 10,87% sendo maior do que a TMA de 8%, o projeto apresenta valores satisfatórios que tornam viável a sua implementação.

PLANILHA DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SUPERVISÓRIO					
TMA =	8%				
Período Mensal	Custo Mensal Atual	Custo Mensal Novo	Retorno	Valor Presente	Payback
0	-	772.549,01	-772.549,01		
1	250.000,00	200.000,00	50.000,00	46.296,30	- 722.549,01
2	250.000,00	200.000,00	50.000,00	42.866,94	- 672.549,01
3	250.000,00	200.000,00	50.000,00	39.691,61	- 622.549,01
4	250.000,00	150.000,00	100.000,00	73.502,99	- 522.549,01
5	250.000,00	150.000,00	100.000,00	68.058,32	- 422.549,01
6	250.000,00	150.000,00	100.000,00	63.016,96	- 322.549,01
7	250.000,00	150.000,00	100.000,00	58.349,04	- 222.549,01
8	250.000,00	150.000,00	100.000,00	54.026,89	- 122.549,01
9	328.000,00	150.000,00	178.000,00	89.044,32	55.450,99
10	250.000,00	150.000,00	100.000,00	46.319,35	155.450,99
11	250.000,00	150.000,00	100.000,00	42.888,29	255.450,99
12	250.000,00	156.364,54	93.635,46	37.183,93	349.086,45
13	260.775,00	156.465,00	104.310,00	38.354,57	453.396,45
14	260.775,00	156.465,00	104.310,00	35.513,49	557.706,45
15	260.775,00	156.465,00	104.310,00	32.882,86	662.016,45
16	342.017,00	156.465,00	185.552,00	54.160,86	847.568,45
17	260.775,00	156.465,00	104.310,00	28.191,75	951.878,45
18	260.775,00	156.465,00	104.310,00	26.103,48	1.056.188,45
19	260.775,00	156.465,00	104.310,00	24.169,89	1.160.498,45
20	260.775,00	156.465,00	104.310,00	22.379,52	1.264.808,45
21	260.775,00	156.465,00	104.310,00	20.721,78	1.369.118,45
22	260.775,00	156.465,00	104.310,00	19.186,83	1.473.428,45
23	260.775,00	156.465,00	104.310,00	17.765,59	1.577.738,45
24	260.775,00	163.103,85	97.671,15	15.402,68	1.675.409,60
TOTAL	6.288.542,00	4.613.132,40		996.078,23	
		VPL		223.529,22	
		TIR		10,87%	

Quadro 7 - Planilha de Viabilidade Econômica do Supervisório

Fonte: Autores (2020)

11. CONCLUSÃO

Com a constante evolução de tecnologias e globalização, novas ideias surgem em vários lugares do mundo, tornando mais prático e seguro atividades que envolvam o cotidiano da sociedade. A Engenharia em geral, possui grande importância no desenvolvimento mundial, visto que, sua aplicação abrange todas as necessidades do ser humano.

A Engenharia Elétrica sempre teve grande destaque na evolução da tecnologia ao longo das décadas, desde a invenção do primeiro para-raios criado por Benjamin Franklin em 1752, passando pelo surgimento da eletrônica na década de 40, até os dias atuais, a energia elétrica está ligada diretamente a praticamente tudo o que se refere a avanços científicos, avanços tecnológicos, entre outras aplicações.

Ao que se refere a processos industriais, sem dúvida alguma, a prevenção de possíveis danos ao equipamento e paradas de manutenção, são situações que apresentam grande importância, visto que, esses fatores comprometem os índices de produção das empresas.

O presente projeto, se trata de um trabalho com abrangência em ambientes industriais, possibilitando o monitoramento em tempo real de equipamentos instalados na linha de produção, através de um software que enviará informações com exatidão ao supervisor, sendo capaz de ser analisado por qualquer profissional capacitado.

O funcionamento do sistema desenvolvido tem como finalidade a leitura de grandezas elétricas, indicando quando o equipamento analisado precisará ser reparado.

Para isso, foi necessário o aprendizado de conceitos e tecnologias, como linguagem de programação, a transmissão de informações via CLP, conhecer o funcionamento dos instrumentos de medição úteis no sistema e a criação de telas que serão utilizadas no monitoramento dos equipamentos.

Portanto, baseando-se no conteúdo apresentado para o desenvolvimento da presente monografia, apesar de todas as dificuldades, o objetivo final foi alcançado com êxito. Através de testes na programação desenvolvida e de cálculos realizados, conclui-se como satisfatório a sua aplicação ao que diz respeito à monitoramento em ambientes industriais.

Todos os objetivos determinados como meta no início do projeto foram alcançados, sendo necessário aplicarmos os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, mostrando que a Engenharia Elétrica possui grande importância para sociedade.

Dessa forma, vemos nosso projeto como uma proposta concreta e viável para o auxílio a prevenção de danos ao objeto de estudo, tendo como base, incentivo e inspiração uma das mais conhecidas frases de um famoso cientista alemão:

“Uma pessoa inteligente resolve um problema, um sábio o previne.”

Albert Einstein

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. **Motores e Controladores.** Disponível em < Disponível em <<https://new.abb.com/motors-generators/pt/motores-e-geradores/motores-de-baixa-tensao-iec/motores-controlados-por-inversor-de-frequencia/ima-permanente.>>

Acesso em: 12 Outubro de 2019.

WEG, **Motor de Imã Permanente e Inversor de Frequência.** WEG Equipamentos Elétricos S.A.. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hce/h39/WEG-motor-de-imas-permanentes-e-inversor-de-frequencia-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>> Acesso em:

20 Novembro de 2019.

ALLEN-BRADLEY – **Manual de Referência de Instruções gerais dos Controladores Logix 5000.** Rockwell Automation. Disponível em: <https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm003_pt-p.pdf> Acesso em: 02 Janeiro de 2020.

MATTEDE Henrique. **Contatores o que são?.** Mundo da Elétrica, Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/os-contatores-o-que-sao/>> Acesso em: 15 Janeiro de 2020.

SIEMENS – **Produtos para aplicações simples e convencionais.** Siemens Engenhosidade para a Vida, Disponível em: <<https://new.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/controles-industriais/equipamentos-rede-distribuicao/linha-3ts-us.html>> Acesso em: 15 Janeiro 2020.

FELIPE. **Megôhmetro ou MEGGER.** Ensinando Elétrica, Disponível em: <<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2013/03/megohmetro-ou-megger.html>> Acesso em: 19 Fevereiro de 2020.

GRUNDFOS. **Sensor PT 100.** Service e Solutions, Disponível em: <<https://pt.grundfos.com/servico/encyclopedia-search/pt-100-sensor.html>> Acesso em: 20 Fevereiro de 2020.

ASK. **Encoders rotativos.** ASK Sistemas Industriais. Disponível em: <<http://www.asksistemas.com.br/encoders/>> Acesso em: 20 Abril de 2020.

KRON. **Instrumento Digital, Medidor e Controlador DC.** KRON Medidores. Disponível em: < <http://www.kronweb.com.br/br/produtos.php?idsecao=43>> Acesso em: 28 Abril 2020.

EQUACIONAL. **Motores de Corrente Contínua.** Soluções em motores e geradores elétricos. Disponível em: <https://www.equacional.com.br/motores-corrente-continua?gclid=CjwKCAjwztL2BRATEiwAvnALcpOZKtrJWFJU4OIZzUVOpxmGqfpPAxc1LVtpz7NEUp_mIHPvuo7URBoCuJUQAvD_BwE> Acesso em: 18 Abril de 2020.

SKF. **Estetoscópio – SKF – TMST 3 – Unitário.** SKF – Svenska Kullager Fabriken. Disponível em: <<https://www.compreskf.com.br/p/1922130/estetoscopio-skf-tmst-3-unitario>> Acesso em: 29 Abril 2020.

CAPI. **Sensor para siderurgia HDM Hot Metal Detector – Foto célula detector de metal quente.** Controle e Automação. Disponível em: <<https://www.capicontrôle.com.br/representadas/asc/sensor-para-siderurgia-hmd-hot-metal-detector-fotocalula-detector-de-metal-quente>> Acesso em: 31 Abril de 2020.

IBGE. **Inflação.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>> Acesso em: 28 maio de 2020.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas.** 5^o Edição. Porto Alegre: AMIGIL, 2013.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos.** 5^o Edição. São Paulo: 2008 – Editora Érica Ltda.

KOSOW, Irving I. **Máquinas Elétricas e Transformadores**. Volume 1.
Porto Alegre: Globo, 1982.

BOYLESTAD, Roberto L. **Introdução a Análise de Circuitos**. 10^o Edição.
São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial PLC| Programação e Instalação**. 2^o
Edição.
Rio de Janeiro: LTC, 2020.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4^o Edição.
Porto Alegre: AMGH, 2014

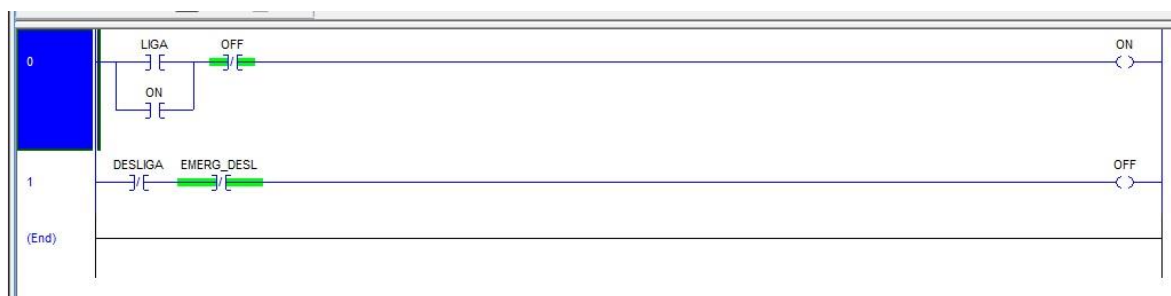
APÊNDICE 1

PROGRAMAÇÃO LADDER

O anexo 1 mostra parte da programação Ladder, foi incluído no anexo o início e o fim da programação devido a extensão da mesma e proteção da propriedade intelectual que poderá ser implantada na empresa.

Programações:

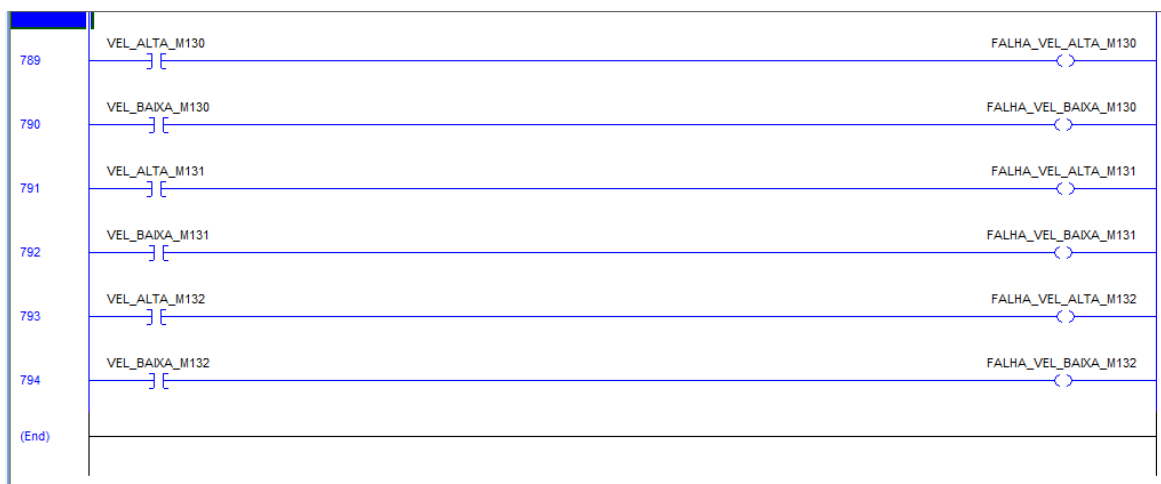
ON/OFF



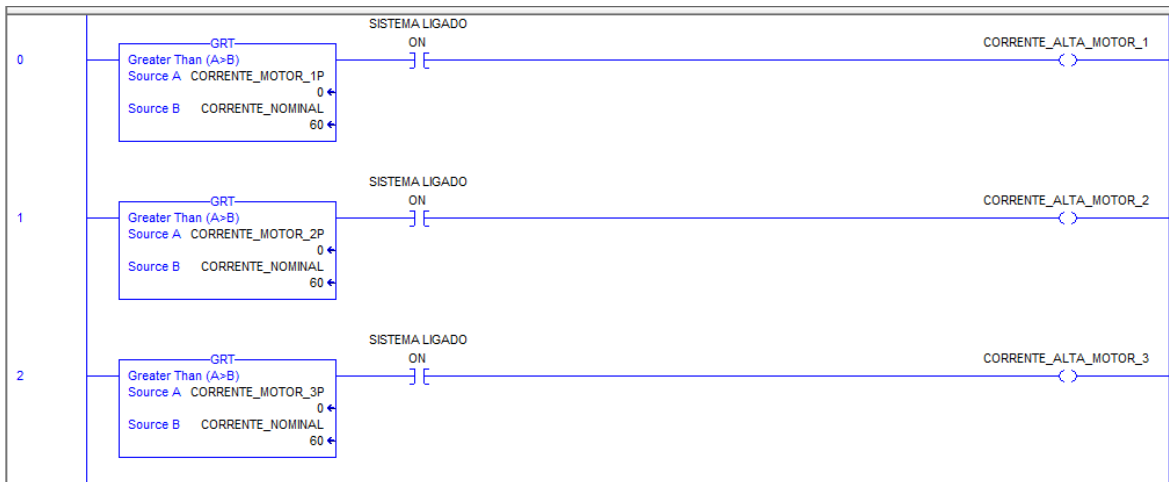
ALARMES



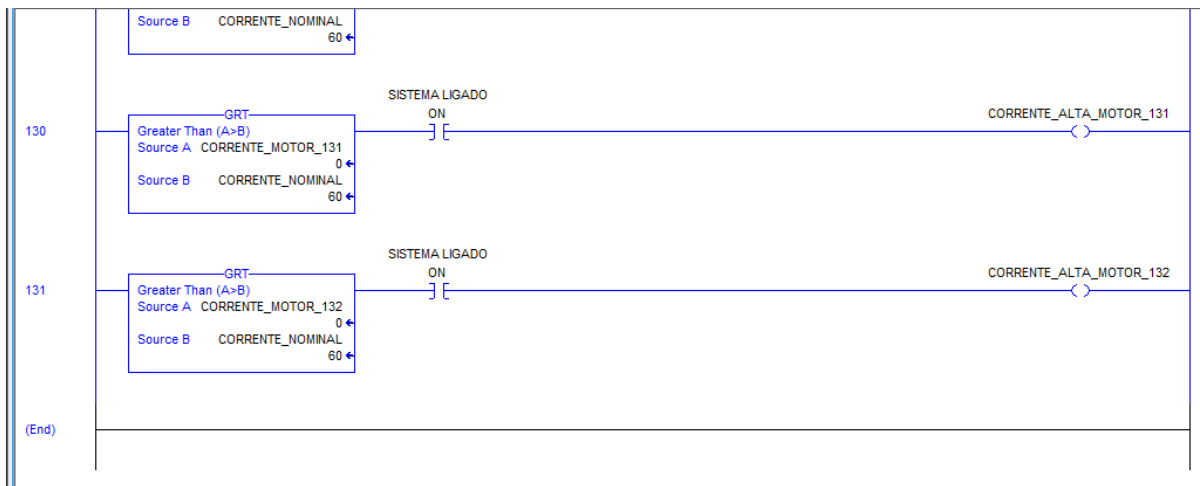
•
•
•



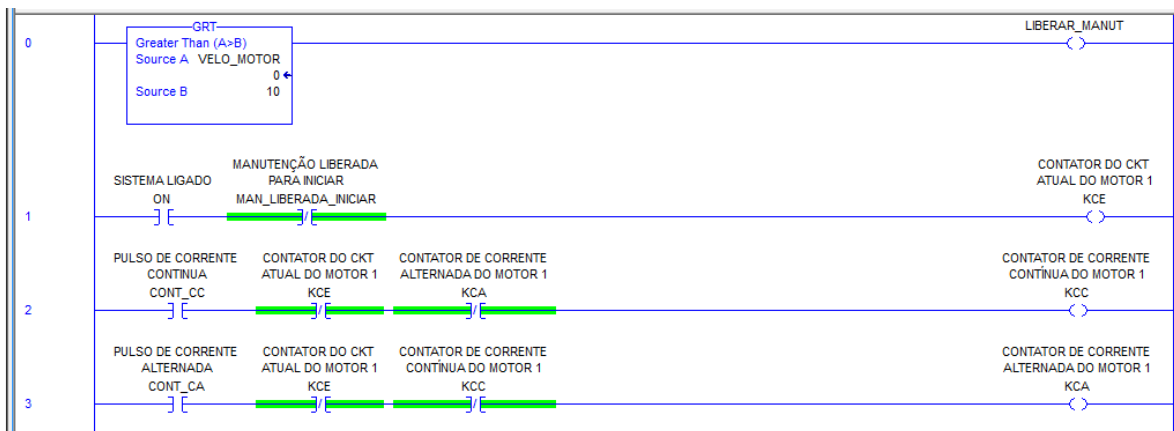
CORRENTE



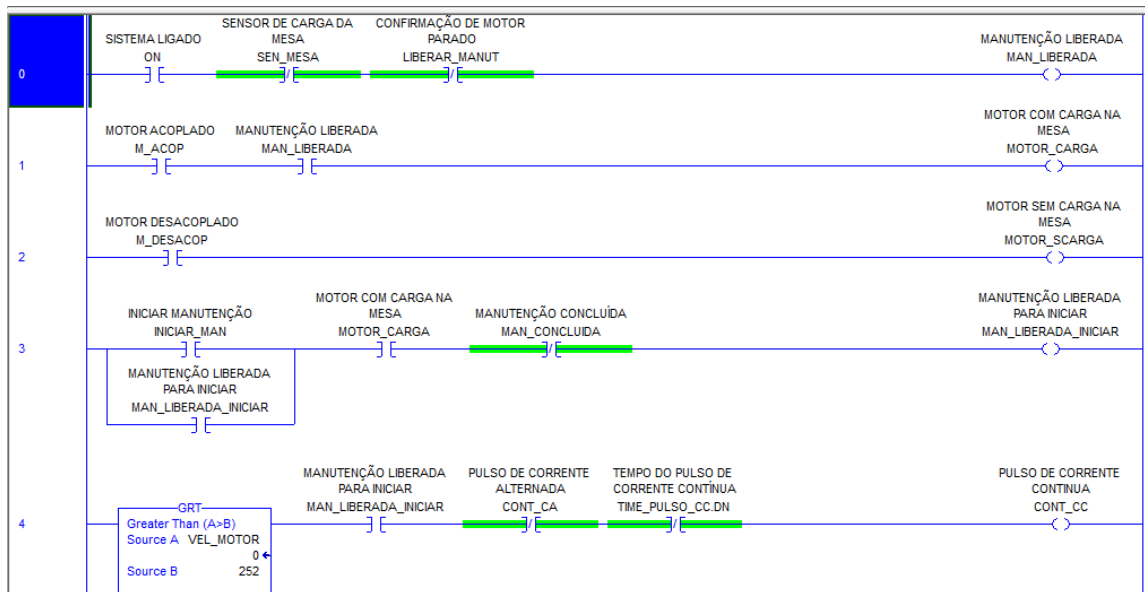
•
•
•



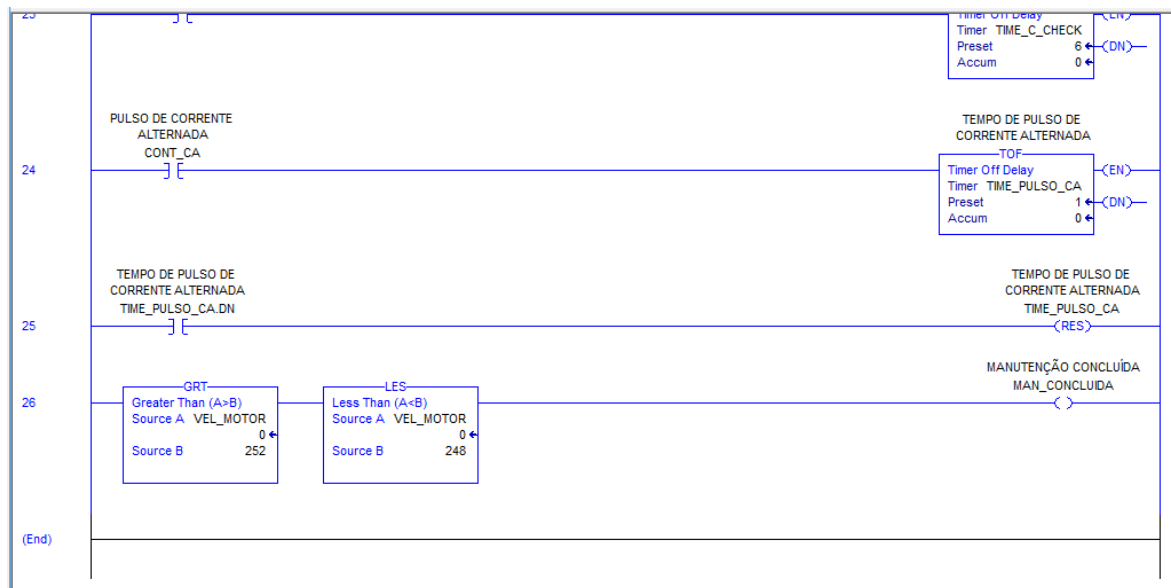
INTERTRAVAMENTOS



MANUTENÇÃO

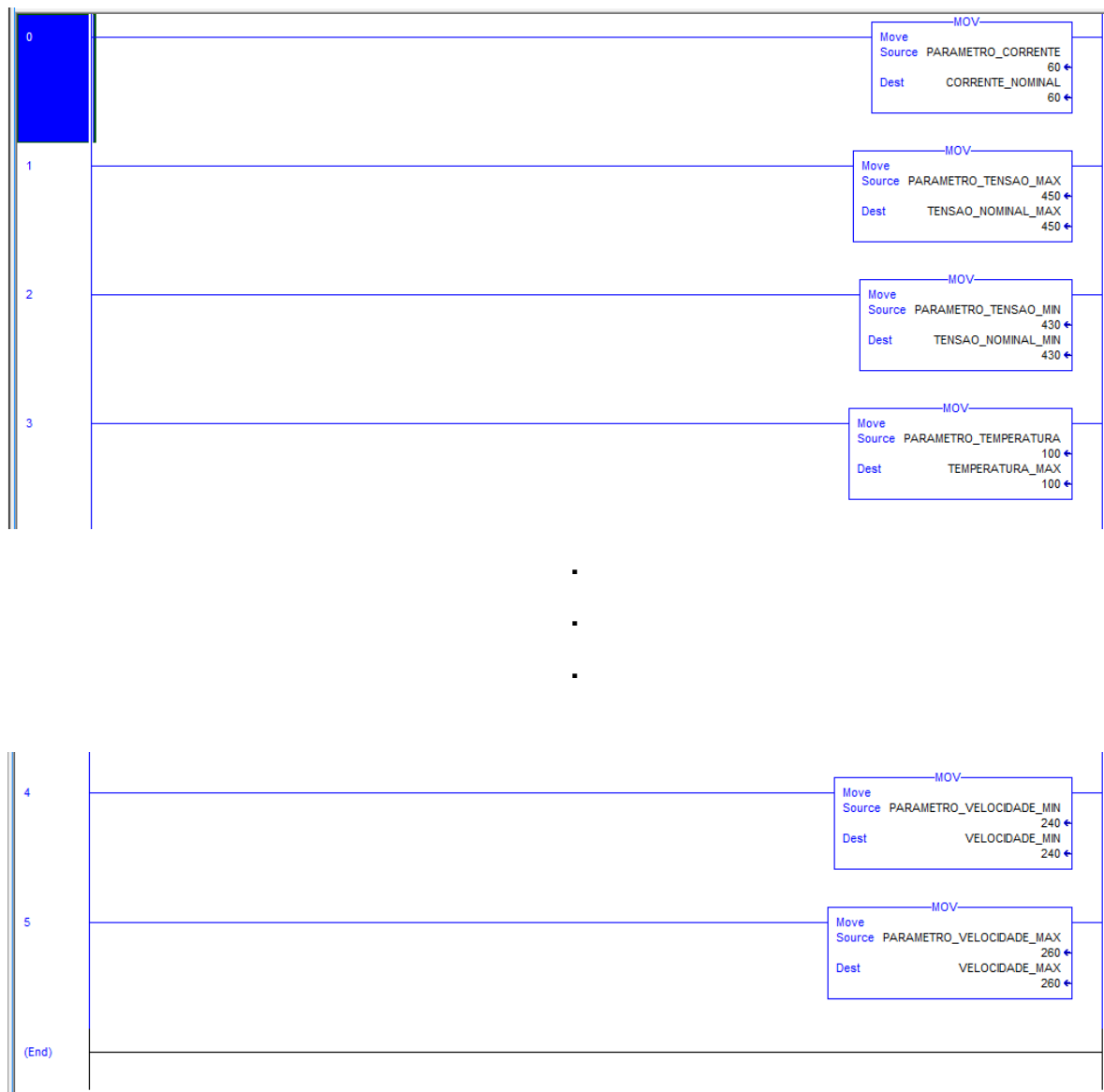


-
-
-

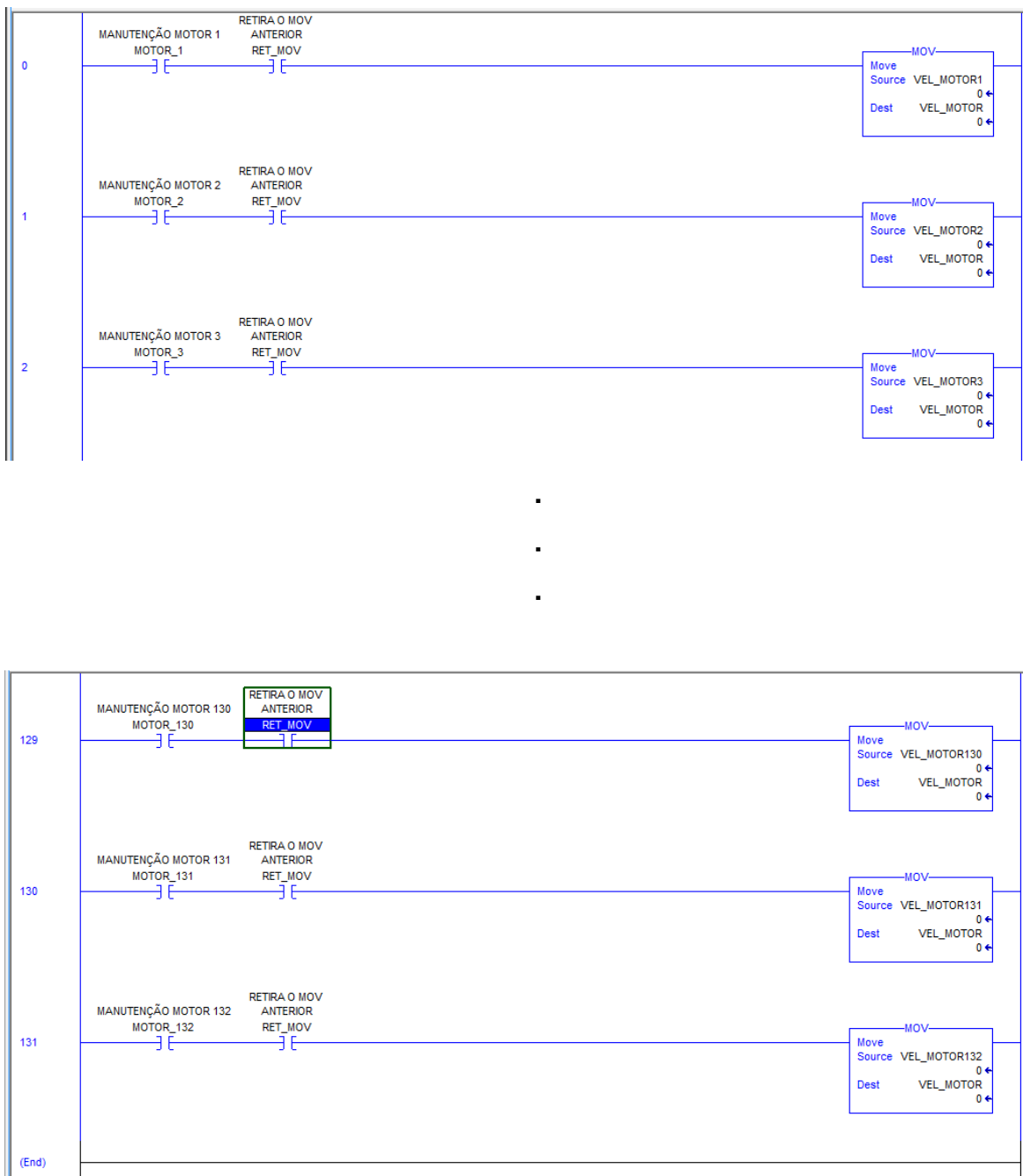


(End)

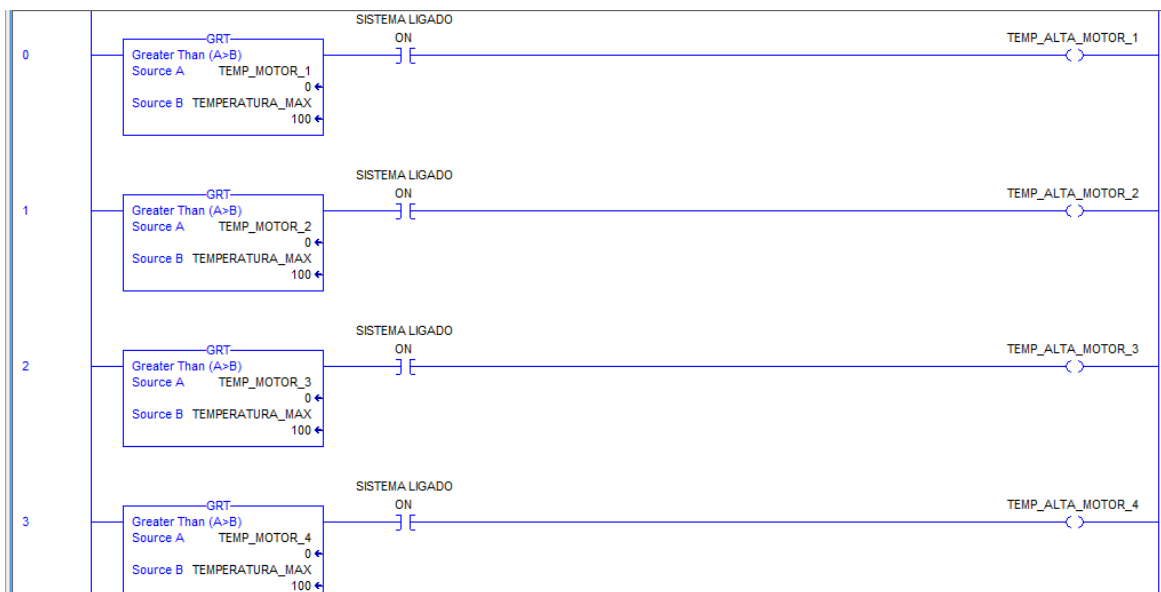
PARÂMETROS



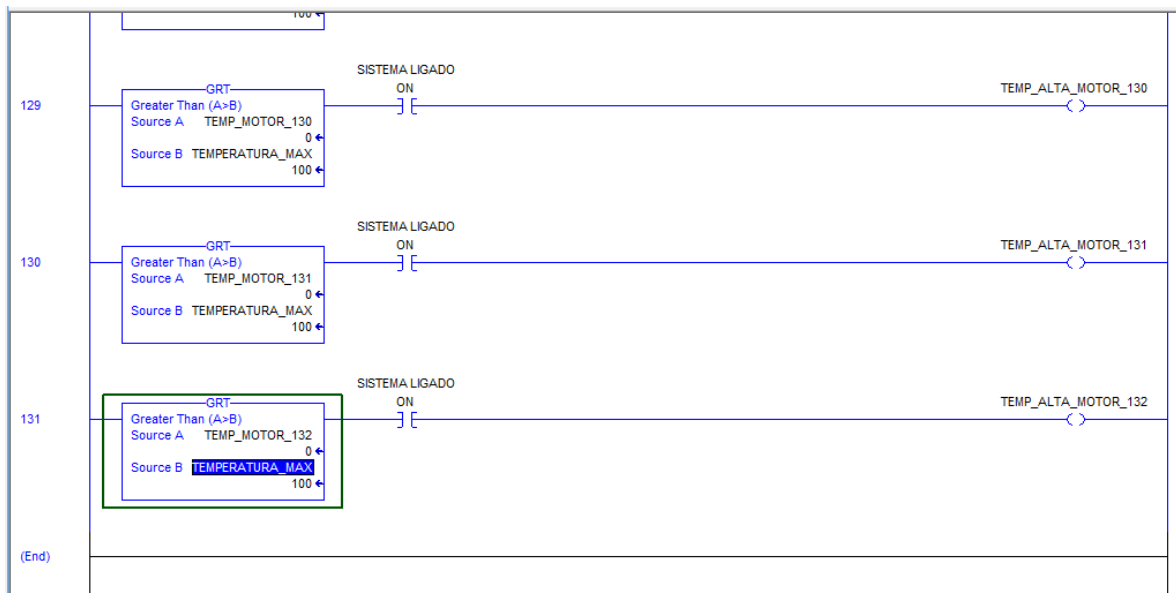
SELEÇÃO DE MANUTENÇÃO



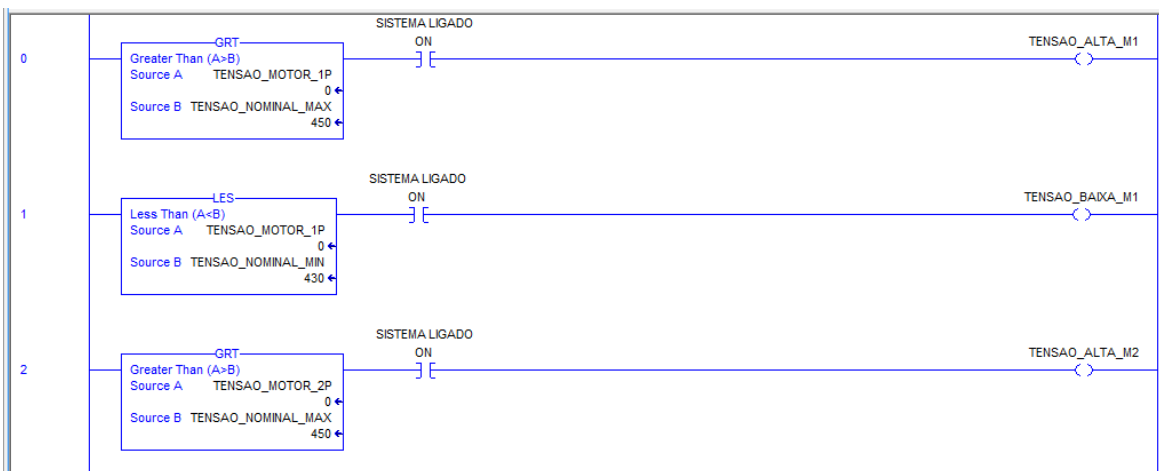
TEMPERATURA



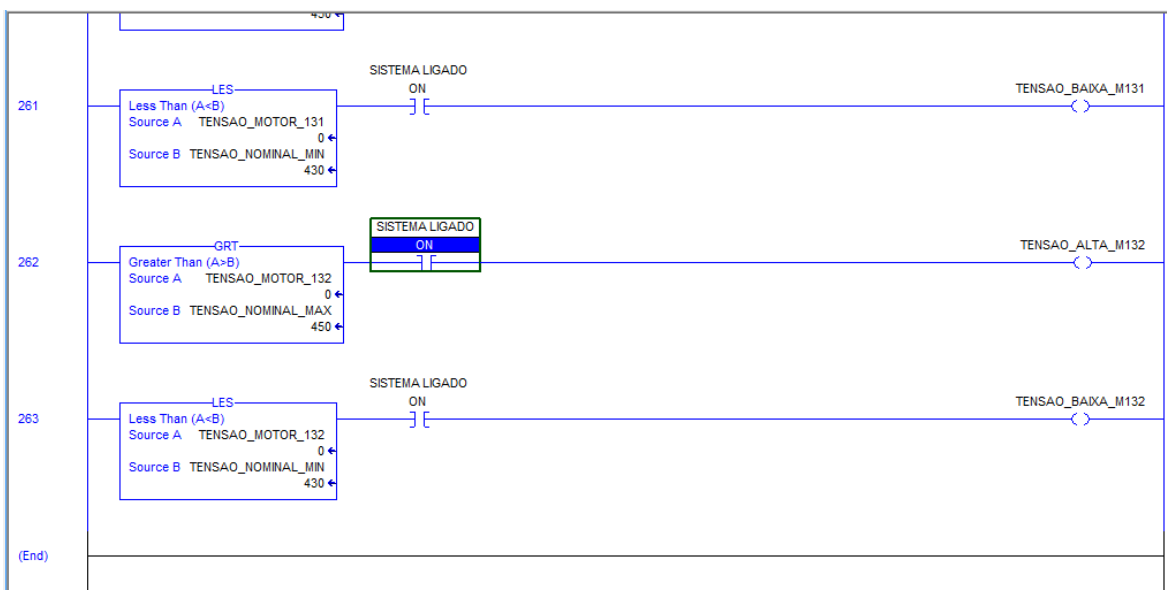
▪
▪
▪



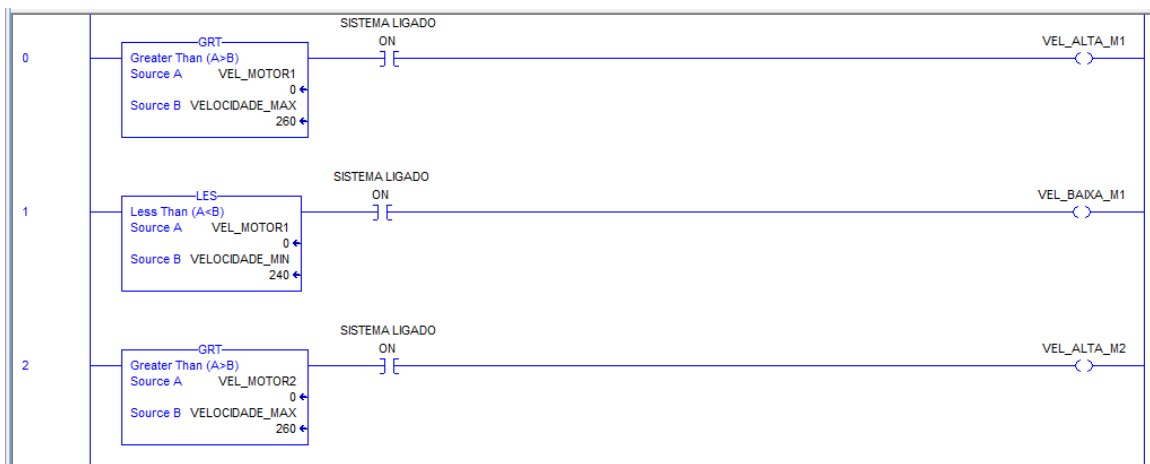
TENSÃO



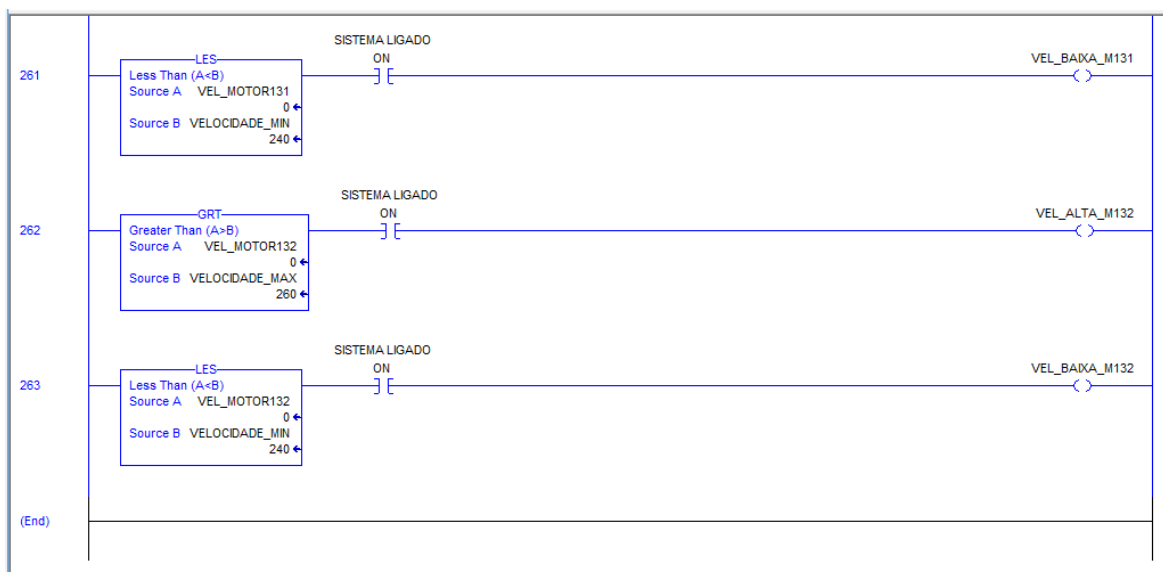
▪
▪
▪



VELOCIDADE



•
•
•

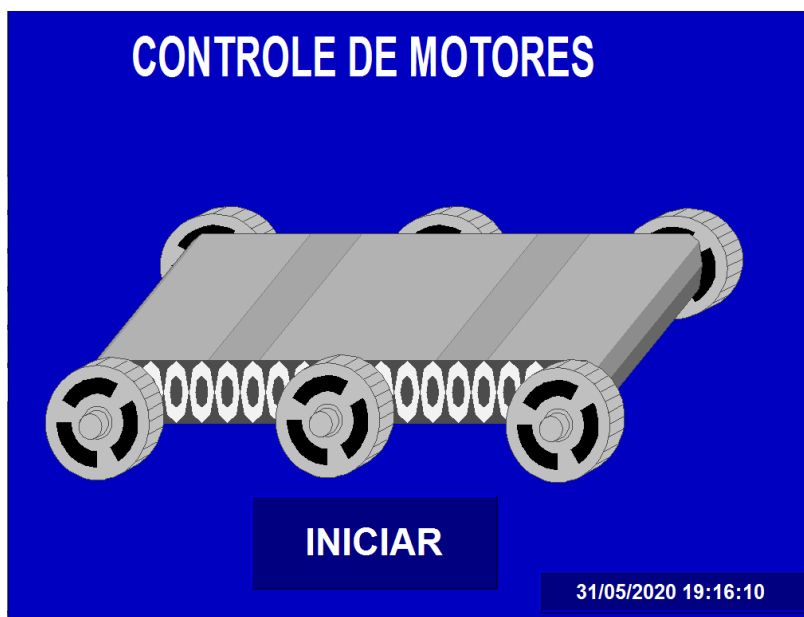


APÊNDICE 2

SISTEMA SUPERVISÓRIO

O anexo 2 mostra as telas de acesso de todos os motores a serem acompanhados pelo sistema implantado, controle de motores, seleção dos motores 1 ao 132, acompanhamento dos parâmetros medidos, gráficos e telas de alarmes.

MAIN



SELEÇÃO DE MOTORES

SELEÇÃO DE MOTORES

1 A 6	7 A 12	13 A 18	19 A 24
25 A 30	31 A 36	37 A 42	43 A 48
49 A 54	55 A 60	61 A 66	67 A 72

31/05/2020 19:17:30

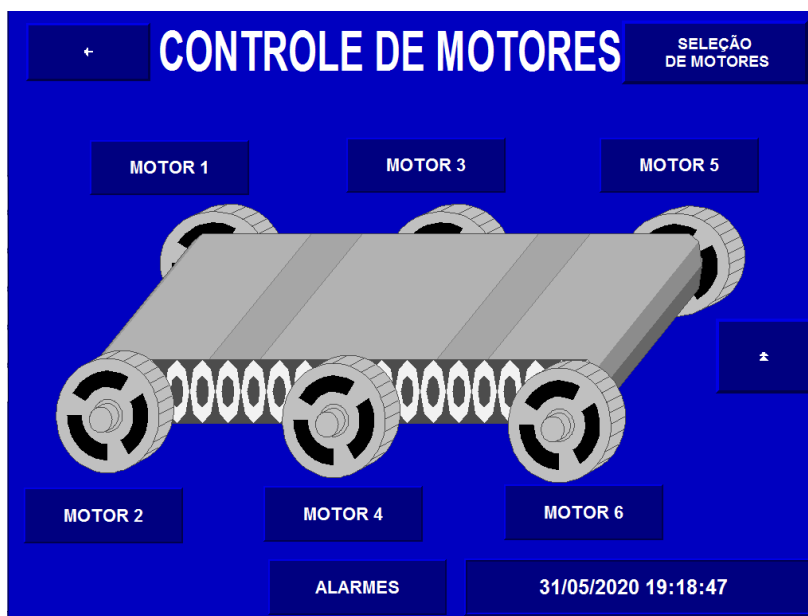
SELEÇÃO DE MOTORES

73 A 78	79 A 84	85 A 90	91 A 96
97 A 102	103 A 108	109 A 114	115 A 120
121 A 126	127 A 132		

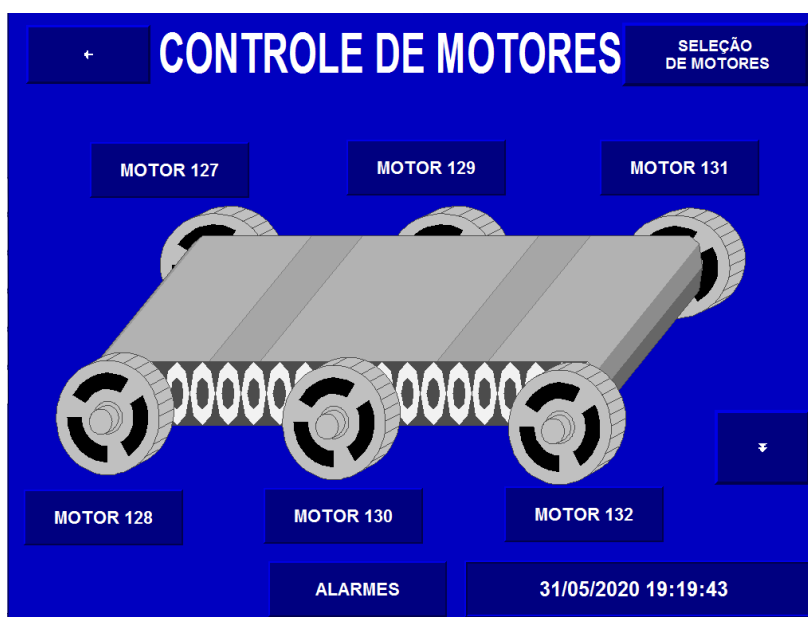
31/05/2020 19:18:03

MOTORES DE 1 A 6

Iniciando na tela 1 a 6 e finalizando na tela 127 a 132, seguindo uma sequência de tela indicando por tela 6 motores.

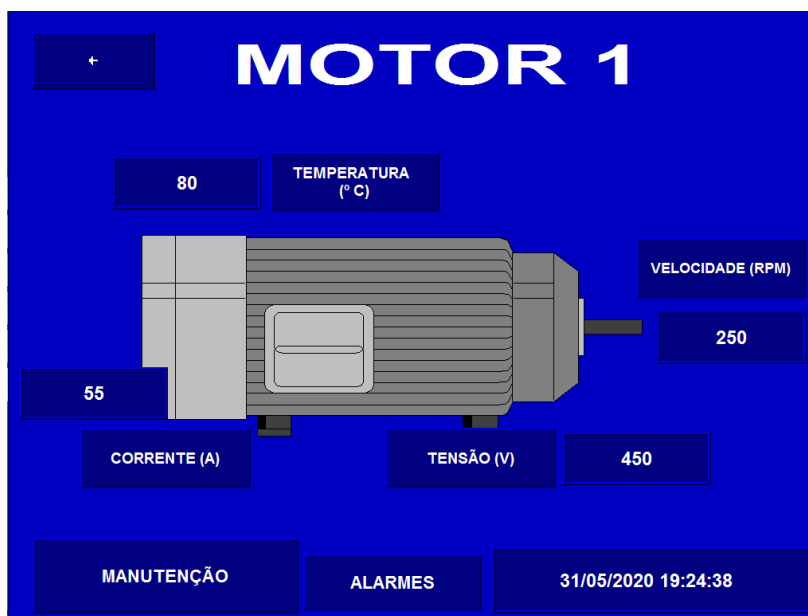


•
•
•

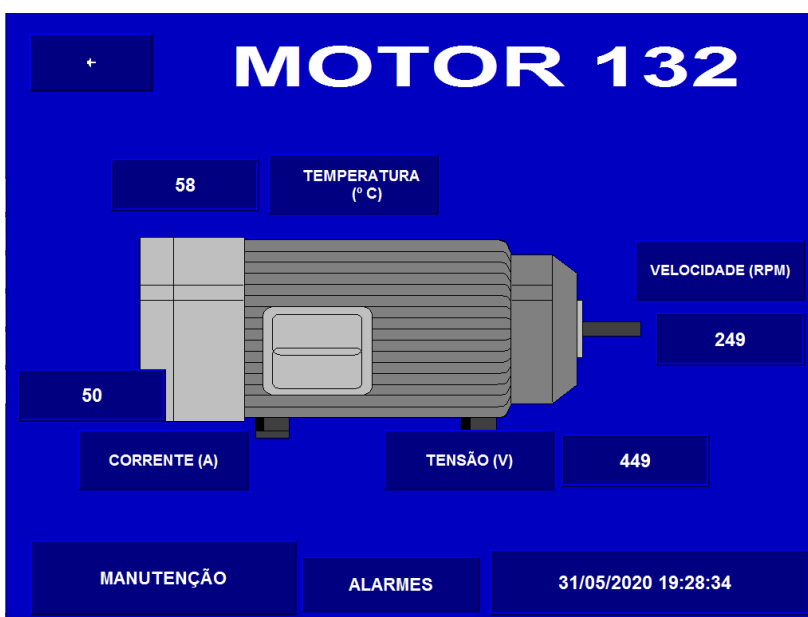


MOTORES

Foi selecionado o motor 1 por ser o primeiro e o último motor que será o 132, para exemplificar, pois os demais possuem a mesma estrutura.

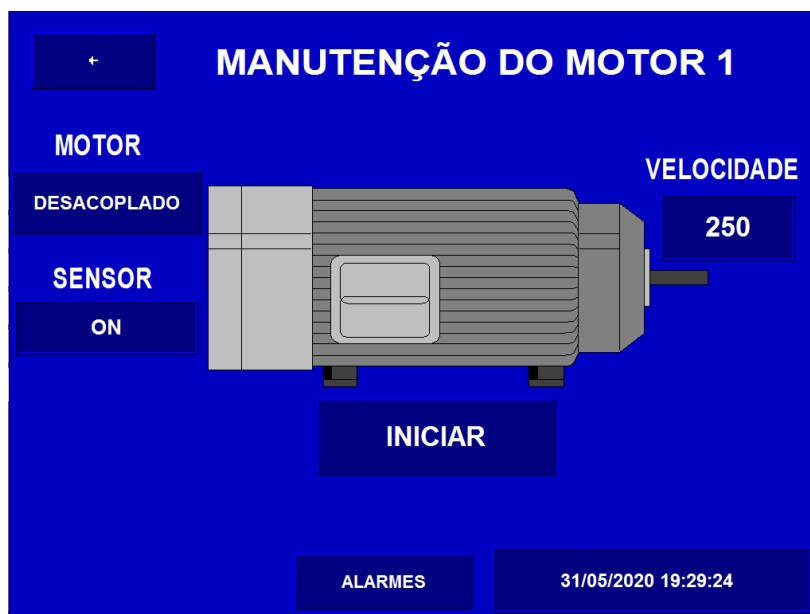


•
•
•



TELAS DE MANUTENÇÃO

Para exemplificar foram selecionados o primeiro e o último motor, pois os demais somente mudam tags e número do motor.



•
•
•

