

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Dânton Giovan Wagner

AUTOMAÇÃO DE CONJUNTO DE ELEVAÇÃO EM  
LINHA DE MONTAGEM

Passo Fundo

2024

Dânton Giovan Wagner

# AUTOMAÇÃO DE CONJUNTO DE ELEVAÇÃO EM LINHA DE MONTAGEM

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, do Instituto de Tecnologia, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, sob orientação do professor Dr. Adriano Luís Toazza.

Passo Fundo

2024

Dânton Giovan Wagner

**Automação de conjunto de elevação em linha de montagem**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, do Instituto de Tecnologia, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, sob orientação do professor Dr. Adriano Luís Toazza.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Orientador Adriano Luís Toazza - UPF

---

Prof. Me. Sérgio Bordignon - UPF

Este trabalho é dedicado aos meus pais Jaime e Luciane, a minha esposa Luísa e aos meus filhos Davi Lucca e Luís Miguel.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela existência e por me permitir chegar até aqui.

A Empresa, por acreditar em mim, e sempre dar todo o suporte necessário.

A minha família que sempre me incentivou e me apoiou. Em especial a minha esposa Luísa e ao meu filho Davi Lucca, pela compreensão nos momentos em que estive ausente.

Agradeço também aos meus colegas de setor pelos ensinamentos, e por sempre terem me incentivado a não desistir.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível”.

Max Weber

## RESUMO

A sociedade atual está imersa em um cenário de constantes inovações tecnológicas, e os efeitos dessas mudanças afetam todas as áreas do conhecimento. No âmbito da automação industrial, busca-se incessantemente melhorar a eficiência, a produtividade e a segurança dos processos, aprimorando gradualmente as máquinas envolvidas. No contexto da indústria brasileira, essa transformação ainda está em seus estágios iniciais e há muito a evoluir em comparação com países mais desenvolvidos. No entanto, essa evolução é crucial para garantir a competitividade e a eficiência do setor. Com base nesse princípio, este projeto consistiu no Retrofit de um conjunto de elevação, visando o perfeito sincronismo de suas talhas para garantir a segurança dos operadores e aumentar a eficiência do processo produtivo. Foi instalado um novo painel elétrico, composto por Controlador Lógico Programável (CLP), além de inversores de frequência para o controle dos motores elétricos. Nas talhas de elevação, foram adicionados encoders incrementais, permitindo a implementação de uma malha de controle de velocidade fechada. Um sensor de inclinação foi instalado no balancim travessão para garantir que a carga suspensa permaneça nivelada. Além disso, foram realizados ajustes mecânicos no conjunto, com o objetivo de facilitar a instalação de sensores indutivos que são utilizados para monitorar a força aplicada na talha de cabo de aço.

Palavras-Chave: Segurança, Automação Industrial, CLP, Inversor de Frequência.

## **ABSTRACT**

Current society is immersed in constant technological innovations, and these changes affect all areas of knowledge. Within the scope of industrial automation, there is a continuous search for improving the efficiency, productivity, and safety of processes, gradually improving the machines involved. In the context of the Brazilian industry, this transformation is still in its early stages, and there is much room for progress compared to more developed countries. However, this evolution is crucial to guarantee the competitiveness and efficiency of the sector. Based on this principle, this project consists of the retrofitting of a lifting assembly, evolving the perfect synchronization of its hoists to guarantee the safety of operators and increase the efficiency of the production process. A new electrical panel was installed, consisting of a Programmable Logic Controller (PLC), in addition to frequency inverters to control the electric motors. Incremental encoders were added to the lifting hoists, allowing the implementation of a closed-loop speed control. A tilt sensor was installed on the beam overhang to ensure the suspended load remained level. Additionally, mechanical configurations were made to the set to facilitate the installation of inductive sensors that monitor the force applied to the wire rope hoist.

**Keywords:** Security, Industrial Automation, PLC, Frequency Inverter.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Comparação modelo OSI x Profinet	19
Figura 2 – Pirâmide da automação industrial	20
Figura 3 – Esquema sensor indutivo (a) e símbolo (b)	21
Figura 4 – Direções de medição sensor JN2201	21
Quadro 1 – Especificações encoder série 58 Hohner	22
Figura 5 – Encoder série 58 Hohner	22
Figura 6 – CLPs da linha S71500 da Siemens	23
Figura 7 – Estrutura básica de um CLP	24
Figura 8 – Topologia simplificada do inversor de frequência	26
Figura 9 – Família de inversores de frequência G120	27
Figura 10 – Estrutura básica de um telegrama	28
Quadro 2 – Abreviações utilizadas nos telegramas	28
Quadro 3 – Telegrama 1	29
Quadro 4 – Telegrama 20	29
Quadro 5 – Telegrama 352	29
Figura 11 – Exemplo de arquitetura de um mestre PROFINET	30
Figura 12 – Mestre de rede PROFINET BNI0092	31
Fotografia 1 – Posicionamento das talhas de corrente e balancim	32
Quadro 6 – Dados motor das talhas de corrente	32
Fotografia 2 – Posicionamento da talha de cabo de aço e balancim	33
Quadro 7 – Dados motor das talhas de cabo de aço	33
Fotografia 3 – Movimentos de translação	34
Figura 13 – Transmissores linha Alpha 612XS	35
Fotografia 4 – Sistema de elevação, com máquina suspensa	37
Quadro 8 – Ordens de manutenção corretiva no conjunto 0097	38
Quadro 9 – Ordens de manutenção corretiva no conjunto 0099	38
Fotografia 5 – Sistema de elevação, com máquina desalinhada	39
Figura 14 – Esquema de potência original das talhas de corrente	40
Figura 15 – Esquema de comando original das talhas de elevação	41
Figura 16 – Esquema de potência e comando da translação dos carros	42
Figura 17 – Esquema de hardware para o novo painel de controle	43

Figura 18 – Visão geral do software EPLAN, e capa do projeto	45
Figura 19 – Esquema de potência projetado para a talha de corrente da esquerda	46
Figura 20 – Esquema da CU250-2PN com a ligação do encoder da talha de cabo de aço	47
Figura 21 – Esquema de potência projetado para a translação dos carros	48
Figura 22 – Esquema de controle projetado para o inversor da translação da ponte	49
Figura 23– Arquitetura de hardware do CLP	50
Figura 24 – Esquema de ligação Master Profinet	51
Figura 25 – Layout 2D de montagem do painel elétrico	52
Quadro 10 – Lista de materiais necessários	52
Fotografia 6 – Vista interna do painel elétrico montado	55
Figura 26 – Fluxograma da lógica a ser desenvolvida	56
Figura 27 – Arquitetura de Hardware no software TIA Portal	57
Figura 28 – Configuração CLP no software TIA Portal	58
Figura 29 – Configuração Mestre IO-Link no software TIA Portal	58
Figura 30 – Comunicação IO-Link sensor JN2201	59
Figura 31 – Declaração variáveis sensor de inclinação JN2201	59
Figura 32 – Telegrama configurado nos inversores das translações	60
Figura 33 – Declaração variáveis inversor da translação dos carros	61
Figura 34 – Declaração variáveis do inversor da talha de cabo de aço	62
Figura 35 – Chamada funções de controle dos carros	63
Fotografia 7 – Posição de fixação do sensor de inclinação	64
Figura 36 – Chamada da função de inclinação do balancim travessão	65
Figura 37 – Chamada da função de controle do inversor da talha de corrente esquerda	68
Figura 38 – Chamada da função de controle da velocidade da talha de cabo	68
Figura 39 – Tipo de Controle para os Inversores dos motores de elevação	69
Figura 40 – Tipos de comando e telegrama	70
Figura 41 – Configurações do Drive	71
Figura 42 – Configuração resistor de frenagem	72
Figura 43 – Configuração parâmetros do motor das talhas de corrente	73
Figura 44 – Configuração parâmetros de velocidade e rampas para a talha de corrente	74
Figura 45 – Configuração parâmetros do encoder	75
Fotografia 8 – Etapa de remoção e instalação do novo sistema	76
Fotografia 9 – Vista superior da instalação do sistema de elevação	77
Fotografia 10 – Vista inferior da instalação do sistema de elevação	77

Fotografia 11 – Sistema de Nivelamento para a talha de segurança	78
Fotografia 12 – Fixação do encoder em uma das talhas de elevação	79
Fotografia 13 – Testes iniciais de funcionamento do sistema	80
Fotografia 14 – Testes iniciais com carga	81
Fotografia 15 – Retirada de produto do dispositivo de montagem	82
Fotografia 16 – Vista lateral da carga suspensa	83
Fotografia 17 – Montagem de componentes no último posto de trabalho	84
Quadro 11 – Ordens de manutenção corretiva, pós entrega do equipamento	85

## LISTA DE SIGLAS

A - Ampere  
CA – Corrente Alternada  
CC – Corrente Contínua  
CLP - Controlador Lógico Programável  
CLT - Consolidação das Leis do Trabalho  
CPU - *Central Processing Unit*  
CU - Unidade de Controle  
CV – Cavalo Vapor  
FBD - *Function block diagram*  
IEC - Comissão Eletrotécnica Internacional  
IGBT - Transistores Bipolares de Porta Isolada  
IL - *Instruction List*  
IO - *Input/Output*  
IP - Protocolo de Internet  
kHz - Kilohertz  
kW - Kilowatt  
LAD – *Ladder*  
mA - Miliampere  
mm - Milímetros  
MTE - Ministério do Trabalho e Emprego  
NR - Normas Regulamentadoras  
NR-10 - Norma Regulamentadora 10  
NR-11 - Norma Regulamentadora 11  
NR-12 - Norma Regulamentadora 12  
OSI - *Open Systems Interconnection*  
PI - Profibus e Profinet  
rpm – Rotações Por Minuto  
SFC - *Sequential function charts*  
ST - *Structured text*  
STO - *Safe Torque Off*  
TIA Portal - Portal de Automação Totalmente Integrado

TCP - Protocolo de Controle de Transmissão

TI - Tecnologia da Informação

UDP - Protocolo de Datagrama do Usuário

USB - *Universal Serial Bus*

V - Volt

VDC - *Voltage Direct Current*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 CONTEXTO.....	13
1.2 OBJETIVO GERAL.....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4 JUSTIFICATIVA .....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 NORMAS REGULAMENTADORAS .....	15
<b>2.1.1 Norma Regulamentadora 10 .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2 Norma Regulamentadora 11 .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.3 Norma Regulamentadora 12 .....</b>	<b>16</b>
2.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL .....	16
2.3 REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL .....	17
<b>2.3.1 Profinet .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2 IO-Link .....</b>	<b>19</b>
2.4 SENSORES .....	20
<b>2.4.1 Sensores indutivos .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2 Sensor de inclinação JN2201 .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.3 Encoder Incremental .....</b>	<b>21</b>
2.5 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS .....	22
<b>2.5.1 Linguagens de Programação .....</b>	<b>24</b>
2.6 INVERSORES DE FREQUÊNCIA .....	25
<b>2.6.1 G120 .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2 CU250S-2PN .....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.3 Principais Telegramas.....</b>	<b>27</b>

2.7 MÓDULO DE REDE PARA PROFINET .....	29
<b>2.7.1 BNI0092 Balluff .....</b>	<b>30</b>
2.8 ELEVAÇÃO DE CARGAS .....	31
<b>2.8.1 Talha de Corrente.....</b>	<b>31</b>
<b>2.8.2 Talha de Cabo de Aço .....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.3 Translações.....</b>	<b>33</b>
2.9 CONTROLE REMOTO INDUSTRIAL .....	34
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>36</b>
3.1 SUGESTÃO DE MELHORIA EM SISTEMA EXISTENTE .....	36
3.2 AVALIAÇÃO REALIZADA.....	37
<b>3.2.1 Número de Solicitações de Manutenção .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2 Desalinhamento do Conjunto .....</b>	<b>39</b>
3.3 ANÁLISE DAS CAUSAS .....	39
3.4 ESTUDO DE SOLUÇÃO E ARQUITETURA DE HARDWARE NECESSÁRIA .....	42
3.5 APRESENTAÇÃO PRÉVIA DA SOLUÇÃO ESTUDADA.....	44
3.6 ELABORAÇÃO DE ESQUEMA ELÉTRICO.....	44
3.7 LEVANTAMENTO DE MATERIAL E COMPRA DE ITENS .....	52
3.8 MONTAGEM DE PAINÉIS ELÉTRICOS .....	54
3.9 PROGRAMAÇÃO DE CLP .....	55
<b>3.9.1 Elaboração de Fluxograma da Lógica.....</b>	<b>55</b>
<b>3.9.2 Programação .....</b>	<b>56</b>
<i>3.9.2.1 Configuração de hardware.....</i>	<i>57</i>
<i>3.9.2.2 Rotina das translações .....</i>	<i>62</i>
<i>3.9.2.3 Rotina da inclinação do balancim.....</i>	<i>63</i>
<i>3.9.2.4 Rotina geral de elevação .....</i>	<i>65</i>
<i>3.9.2.5 Rotina talha de corrente esquerda e direita.....</i>	<i>67</i>
<i>3.9.2.6 Rotina talha de cabo de aço .....</i>	<i>68</i>

3.10 COMISSIONAMENTO DOS INVERSORES .....	69
3.11 REMOÇÃO DO SISTEMA ANTIGO E INSTALAÇÃO DO NOVO.....	75
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>80</b>
4.1 TESTES DE INCLINAÇÃO E SINCRONISMO.....	80
4.2 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO .....	81
4.3 FASE DE SUSTENTAÇÃO E MONITORAMENTO DE POSSÍVEIS FALHAS .....	84
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A – FUNÇÃO MOVIMENTO TRANSLAÇÃO.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE B – FUNÇÃO CONTROLE INVERSOR TRANSLAÇÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE C – FUNÇÃO INCLINAÇÃO DO BALANCIM.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE D – FUNÇÃO CONTROLE VELOCIDADE TALHA CABO.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO A - DETALHAMENTO DA WORD STW1 .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO B - DETALHAMENTO DA WORD ZSW1 .....</b>	<b>103</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os objetivos, a justificativa e o contexto do projeto. Informações estas que são de grande importância para que o projeto possa ser compreendido da melhor maneira.

### 1.1 CONTEXTO

Em um mercado globalizado, as indústrias metais mecânicas brasileiras precisam competir com outras empresas ao redor do mundo. Para se manterem competitivas, é essencial que ofereçam produtos e serviços de alta qualidade, com desempenho superior e disponibilidade constante. Nesse contexto, a eficiência de um sistema de elevação é crucial, pois ele deve permanecer operacional durante toda a jornada de trabalho, garantindo a segurança e o desempenho otimizado de toda a linha produtiva onde está instalado.

Para garantir a produtividade e a segurança dos funcionários envolvidos no processo, a fase de projeto torna-se indispensável. É necessário desenvolver um planejamento estruturado e adequado às particularidades do local de instalação, assegurando que o sistema de elevação seja livre de falhas e atenda aos mais altos padrões de segurança e eficiência.

No entanto, a eficácia de um sistema de elevação vai além de sua simples funcionalidade. Para atender às demandas de um ambiente industrial dinâmico e complexo, é necessário um planejamento cuidadoso e uma abordagem proativa na concepção, instalação e manutenção desses sistemas. A fase de projeto assume, portanto, um papel central nesse processo, pois é nela que se estabelecem os fundamentos para a operação segura, confiável e eficiente do sistema de elevação ao longo de sua vida útil.

Neste contexto, o presente trabalho propõe apresentar o desenvolvimento de um projeto de adequação da estrutura existente, melhorando seu sistema de controle e comando elétrico.

### 1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um projeto de revitalização de um conjunto de elevação utilizado em uma linha de montagem. O desenvolvimento do projeto visa garantir a conformidade com as normas regulamentadoras aplicáveis, assegurando que a carga permaneça nivelada durante sua suspensão e que o sistema de segurança do conjunto esteja plenamente operacional.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o funcionamento do conjunto existente, elencando suas principais falhas e causas;
- b) Projetar esquema elétrico para o novo painel de comando, levando em consideração as principais falhas e causas do conjunto existente;
- c) Montagem de painel elétrico, seguindo o esquema projetado;
- d) Elaborar fluxograma para a lógica de controle;
- e) Programar CLP, seguindo o fluxograma elaborado;
- f) Comissionar inversores de frequência;
- g) Remover painel atual e instalar painéis e sensores novos;
- h) Realizar testes práticos que comprovem que a carga permanece nivelada, e que o sistema de segurança acompanhe o sistema de carga.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho possibilitou simplificar a operação do conjunto, mantendo a carga sempre nivelada, reduzindo o número de paradas do equipamento que exigem intervenção da equipe técnica de manutenção e proporcionando maior segurança aos operadores envolvidos. Além disso, ao aprimorar o sistema de elevação por meio do *Retrofit*, não apenas atende-se às demandas imediatas de eficiência e segurança, mas também se prepara o ambiente industrial para os desafios futuros, garantindo sua competitividade e adaptabilidade às mudanças tecnológicas e de mercado.

### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho divide-se em 5 capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada a introdução que detalha uma visão geral do trabalho, os objetivos que são desejados com a execução dele, bem como a justificativa do porquê da escolha do projeto. O segundo capítulo é a revisão de literatura que é importante para o entendimento do leitor sobre o assunto abordado no trabalho. O terceiro capítulo detalha as etapas do desenvolvimento do projeto, apresentando as causas/problemas encontrados para que se justifique a execução dele, detalhando também as etapas de execução, bem como os componentes elétricos utilizados, e a lógica de programação. Através do quarto capítulo é apresentado os testes, e os resultados obtidos na execução do projeto. Por fim no quinto capítulo, é mostrado uma visão global do projeto executado.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Para que o projeto possa ser compreendido de uma melhor maneira, é fundamental que sejam apresentados alguns conceitos. Em virtude disto, este capítulo irá explicar os principais.

### **2.1 NORMAS REGULAMENTADORAS**

As Normas Regulamentadoras (NR) do Brasil são um conjunto de diretrizes e procedimentos estabelecidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) com o objetivo de assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores em diversas atividades econômicas. Essas normas, obrigatórias em todo o território nacional, abrangem um amplo espectro de setores e situações de trabalho, visando prevenir acidentes e doenças ocupacionais, além de promover condições de trabalho dignas e seguras. (GOV.BR, 2023)

Instituídas pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, as NRs surgiram como resposta à necessidade de regulamentar as condições de trabalho no Brasil, de acordo com os preceitos da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). O objetivo principal das NRs é definir requisitos mínimos para a proteção dos trabalhadores, estipulando padrões que devem ser seguidos por empregadores e empregados para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável. (GOV.BR, 2023)

#### **2.1.1 Norma Regulamentadora 10**

Esta norma estabelece as condições para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. (SOUZA, 2020)

O campo de aplicação da Norma Regulamentadora 10 (NR-10) destina-se a todas as empresas que possuem instalações elétricas ou realizam serviços com eletricidade, incluindo setores industriais, comerciais, de serviços e construção civil. Sua aplicação é obrigatória e fiscalizada pelo MTE, visando a redução de acidentes e a proteção da saúde dos trabalhadores. (REGULAMENTADORA 10, 2019)

#### **2.1.2 Norma Regulamentadora 11**

A Norma Regulamentadora 11 (NR-11) de 1978, intitulada "Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais", estabelece diretrizes de segurança para atividades relacionadas à movimentação de materiais, com o objetivo de proteger a integridade física dos trabalhadores envolvidos nesses processos. Esta norma faz parte do conjunto de regulamentações do MTE do Brasil, cuja finalidade é assegurar condições de trabalho seguras e saudáveis. (REGULAMENTADORA 11, 2016)

Ainda segundo Regulamentadora 11 (2016), a NR-11 é composta por diversas seções que abordam requisitos específicos para o transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais, incluindo: Equipamentos de Movimentação, Operadores de Equipamentos, Armazenagem e Manuseio de Materiais e, por fim, Sinalização e Treinamento. Dessa forma, o trabalho em questão apresenta total correlação com a normativa.

### **2.1.3 Norma Regulamentadora 12**

A Norma Regulamentadora 12 (NR-12) de 1978, intitulada "Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos", é um conjunto de diretrizes estabelecidas pelo MTE do Brasil, que visa garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que operam máquinas e equipamentos, abrangendo todas as suas fases, desde o projeto e fabricação até a utilização, manutenção e eventual descarte. (REGULAMENTADORA 12, 2024)

Partindo desde o projeto e fabricação, passando pela instalação e operação, até a manutenção e sinalização, a NR-12 estabelece um conjunto robusto de diretrizes que visam minimizar riscos e prevenir acidentes. A implementação rigorosa dessas diretrizes é fundamental para promover um ambiente de trabalho seguro e saudável, protegendo a integridade física dos trabalhadores e contribuindo para a eficiência operacional das empresas. (REGULAMENTADORA 12, 2024)

## **2.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Quando se fala de automação industrial refere-se a aplicações que fazem o uso da tecnologia para controlar e monitorar processos produtivos. Buscando aumentar a produtividade, a eficiência e a segurança dos equipamentos.

A automação engloba várias áreas de conhecimento como a mecânica, eletrônica e da Tecnologia da Informação (TI), e estas são responsáveis em desenvolver sistemas e soluções

que possam otimizar e diminuir intervenções manuais no processo produtivo (CNNBRASIL, 2024).

Dentre os principais objetivos da automação industrial a Cnnbrasil (2024) destaca alguns:

- Aumento de produtividade;
- Integração entre áreas na indústria;
- Redução de custos na produção;
- Aumento de qualidade no produto acabado;
- Segurança dos operadores;
- Reduzir o número de falhas do equipamento;
- Simplificar a operação e facilitar a manutenção do equipamento.

### 2.3 REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL

Através das redes industriais é possível que dispositivos transmitam informações entre si de forma confiável e rápida, e com isso conseguir um controle e monitoramento eficiente do processo.

Com o grande número de processos e operações que são realizados constantemente em uma indústria, é necessário um controle preciso e esses processos devem ser gerenciados com eficiência, e para isso as redes industriais são uma alternativa altamente eficiente. (BALLUFF, 2022).

Ainda, segundo Balluff (2022), as redes industriais são um dos pilares da automação industrial, e com isso proporcionam benefícios como:

- Redução em instalações elétricas: a quantidade de cabos que chega ao painel de comando é reduzida, pois promove a ligação diretamente em remotas que estão a campo;
- Equipamentos e máquinas separadas em módulos: facilita quando necessário a movimentação, ou até mesmo instalação;
- Facilidade na ampliação e alterações: permite que as máquinas sejam adequadas ao processo mais facilmente, de acordo com a demanda de produção;
- Diagnóstico em tempo real: permite que a máquina seja monitorada remotamente, o que facilita na identificação de falhas e comportamentos incomuns no processo, diminuindo assim o tempo de máquina parada.

### 2.3.1 Profinet

Baseado em Ethernet, o *Profinet* é uma evolução das redes que eram baseadas em comunicações seriais, como por exemplo o *Profibus*. Ela foi desenvolvida pela associação *Profibus e Profinet* (PI), juntamente com alguns fornecedores. (PEGAIA, 2010)

A rede *Profinet* traz inúmeros benefícios, e “como uma das principais vantagens do uso da rede PROFINET podemos destacar a verticalização das informações sem o uso de interfaces adicionais e a viabilização de tráfego de um grande volume de dados em alta velocidade” (BALLUFF, 2022).

Segundo Fertron (2023), “o protocolo está em conformidade com o padrão Ethernet IEEE 802 na IEC 61158 e IEC 61784”. Isto significa que você pode ter dispositivos diferentes em uma mesma rede, como por exemplo uma impressora e um medidor de vazão

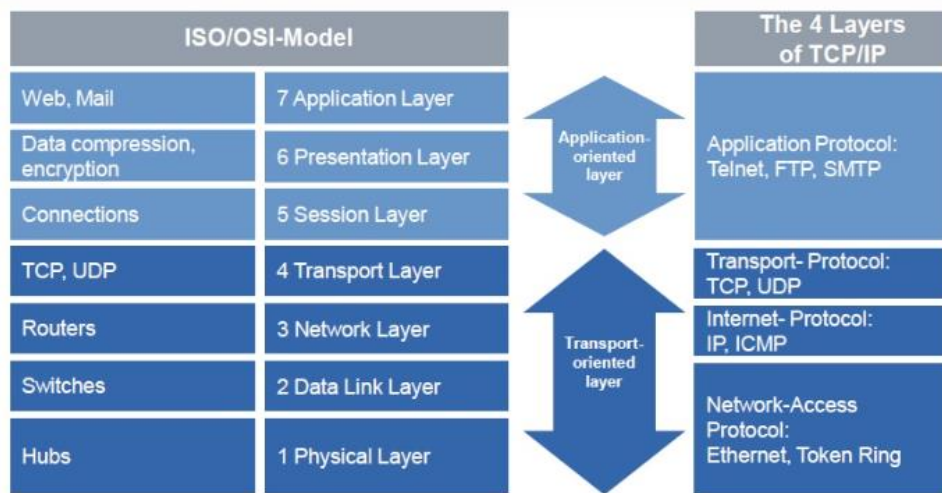
A rede *Profinet* possibilita a comunicação em tempo real, e é facilmente integrada com a *web*, possui segurança integrada e suporta outras tecnologias da TI (FERTRON, 2023).

Ainda conforme Fertron (2023), o *Profinet* é baseado no modelo *Open Systems Interconnection* (OSI) de sete camadas, porém é simplificada para apenas quatro:

- Ethernet = Camadas físicas e de enlace de dados;
- Protocolo de Internet (IP) = Camada de rede;
- Protocolo de Controle de Transmissão (TCP) ou Protocolo de Datagrama do Usuário (UDP) = Camada de transporte;
- Outros protocolos = Camada de aplicação.

Essa comparação de camadas entre o modelo tradicional OSI, e o modelo *Profinet*, pode ser observado através da Figura 1.

Figura 1 – Comparação modelo OSI x Profinet



Fonte: Fertron (2023)

### 2.3.2 IO-Link

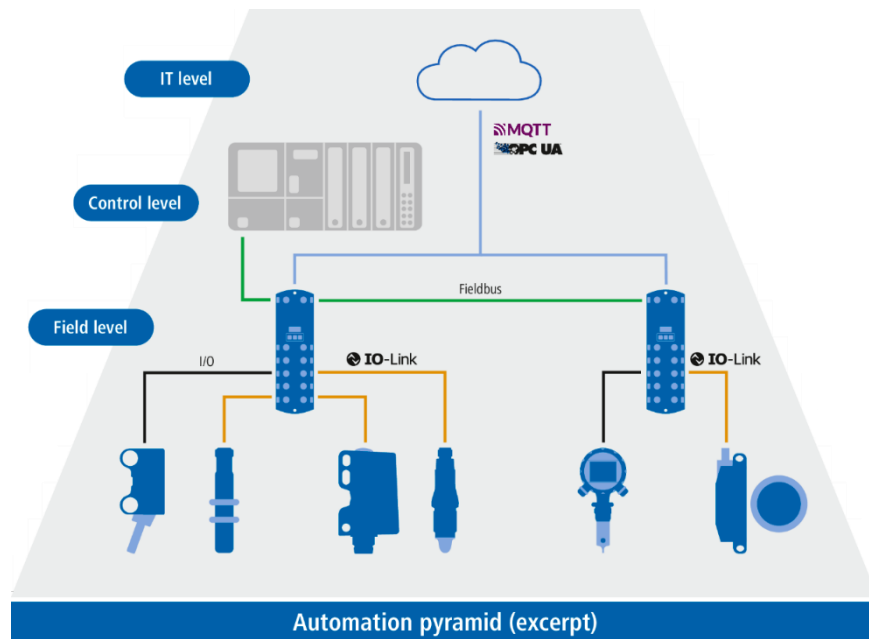
Com o crescente avanço das tecnologias dentro da indústria, surgiu a necessidade do uso de sensores inteligentes, que não iriam mais apenas informar um simples status (ligado/desligado), mas sim transmitir diagnósticos de seu funcionamento, e mais informações referentes ao processo em que ele estiver inserido. E o *IO-link* foi o responsável por fazer essa comunicação entre os sensores/atuadores e os controladores dos equipamentos da indústria.

O protocolo *IO-Link* pode ser facilmente comparado com a inovação trazida pelo *Universal Serial Bus* (USB) na computação, pois ele facilita muito a instalação, e traz uma grande variedade de configurações de parâmetros e diagnósticos. (PIBRASIL, 2024)

Toda a instalação que possuir a tecnologia *IO-Link* para se comunicar com sensores e atuadores vai precisar ter um mestre *IO-Link*, e este vai se comunicar com o controlador do equipamento por uma rede industrial, como por exemplo *Profinet*. A tecnologia foi pensada para ser *plug-and-play*, e poder utilizar o mesmo padrão de cabos de 3 fios que já é normalmente utilizada em sensores e atuadores. (PIBRASIL, 2024)

Através da Figura 2 pode-se observar a arquitetura de automação em uma aplicação que utiliza a tecnologia *IO-Link*.

Figura 2 – Pirâmide da automação industrial



Fonte: Baumer (2024)

## 2.4 SENSORES

Os sensores são itens fundamentais na indústria, pois são eles que informam sobre um evento que ocorre no equipamento, e a partir deste tomam-se decisões para executar determinadas ações no processo envolvido.

### 2.4.1 Sensores indutivos

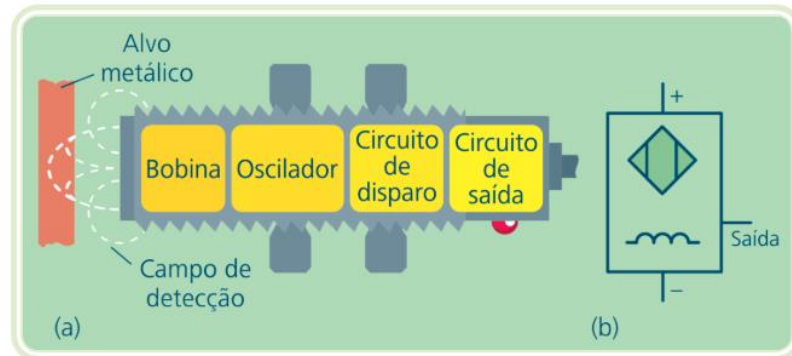
Amplamente utilizados na indústria,

os sensores indutivos são dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de elementos metálicos sem a necessidade de contato. Seu princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo eletromagnético por uma bobina ressonante instalada na face sensora. Quando um metal se aproxima do campo, ele absorve a energia do campo, diminuindo a amplitude do sinal gerado no oscilador. Essa redução do valor original aciona o estágio de saída. (ROGGIA e FUENTES, 2016, p.24).

Um esquema simplificado do seu funcionamento pode ser visualizado na Figura 3(a) e o seu símbolo na Figura 3(b).



Figura 3 – Esquema sensor indutivo (a) e símbolo (b)

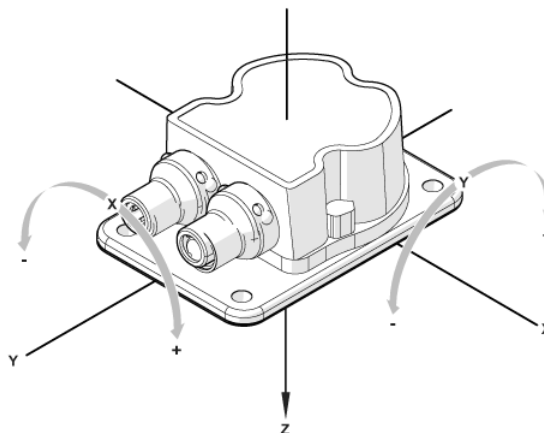


Fonte: Roggia e Fuentes, 2016.

#### 2.4.2 Sensor de inclinação JN2201

O sensor de inclinação JN2201 que está ilustrado na Figura 4 da fabricante IFM, caracteriza-se por ter um alto grau de proteção visando atender os mais rigorosos ambientes industriais. Possui uma alta precisão de medição em toda sua faixa angular que vai de  $-45^\circ$  até  $+45^\circ$  nos seus dois eixos de medição X e Y. Sua tensão de operação é de 9,2 a 30VDC, com um consumo máximo de corrente de 380mA. Além disso, possui interface de comunicação *IO-Link*, que facilita a sua integração e diagnóstico de funcionamento. (IFM, 2024)

Figura 4 – Direções de medição sensor JN2201



Fonte: Ifm (2024)

#### 2.4.3 Encoder Incremental

O encoder incremental é um dispositivo eletromecânico utilizado para medir a posição linear de um objeto em movimento. Esse dispositivo funciona com base na geração de pulsos

elétricos em resposta ao movimento, possuindo um disco rotativo com padrões de marcas opacas e transparentes (ou reflexivas e não reflexivas) distribuídas de forma regular ao longo de sua circunferência. Esse disco é acoplado a um eixo em rotação. (ENGELOGIC, 2024)

À medida que o disco gira, as marcas opacas e transparentes interrompem ou permitem a passagem da luz, gerando pulsos de luz que são convertidos em sinais elétricos pelo detector. Cada interrupção ou permissão de passagem da luz resulta em um pulso elétrico, e a contagem desses pulsos pode ser usada para determinar a posição e a velocidade do movimento. Quanto maior o número de pulsos, maior será a resolução e precisão do encoder. (ENGELOGIC, 2024)

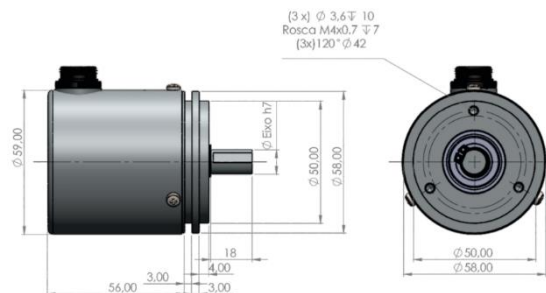
O encoder utilizado neste trabalho é o modelo 5886-0612-1000-Z090-C10M do fabricante Hohner e possui as especificações segundo o Quadro 1 e Figura 5:

Quadro 1 – Especificações encoder série 58 Hohner

MATERIAL	Aço Inoxidável
EIXO	Rígido
DIMENSÃO EIXO	6 x 10 mm
ALIMENTAÇÃO	5 a 28V
NÚMERO CANAIS	6
CABO	10 m
RESOLUÇÃO	1000 pulsos

Fonte: Adaptado de Hohner, 2024.

Figura 5 – Encoder série 58 Hohner



Fonte: Adaptado de Hohner, 2024.

## 2.5 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

O CLP foi desenvolvido por volta de 1968 devido a uma necessidade da indústria automobilística, pois os painéis eletromecânicos que faziam o controle lógico das operações

eram de grande dificuldade de alterações e ajustes em sua lógica de funcionamento, o que acabava demandando muito tempo e dinheiro. (ZANCAN, 2011)

O CLP é um equipamento eletrônico digital projetado para o ambiente industrial, que possui uma memória programável onde são armazenadas lógicas de programação, e através de entradas e saídas, pode controlar vários tipos de máquinas e processos. Desde o seu surgimento ele passou por constantes aperfeiçoamentos, sempre buscando atender aos novos processos que necessitam de automação. (ZANCAN, 2011)

Zancan (2011) destaca, ainda, que os CLPs possuem diversas vantagens em relação aos painéis eletromecânicos, e são as seguintes:

- Grande confiabilidade e flexibilidade;
- Utilizam menos espaço, diminuindo o tamanho dos painéis;
- Consomem menos energia;
- São de fácil programação e são reprogramáveis;
- São reutilizáveis;
- Rapidez na implementação;
- Se comunicam e enviam dados para outros dispositivos.

Através da Figura 6 pode se ver o exemplo de CLPs da linha S7-1500 da Siemens, que é uma linha altamente tecnológica, com uma enorme capacidade de processamento e que oferece grande produtividade e eficiência.

Figura 6 – CLPs da linha S71500 da Siemens

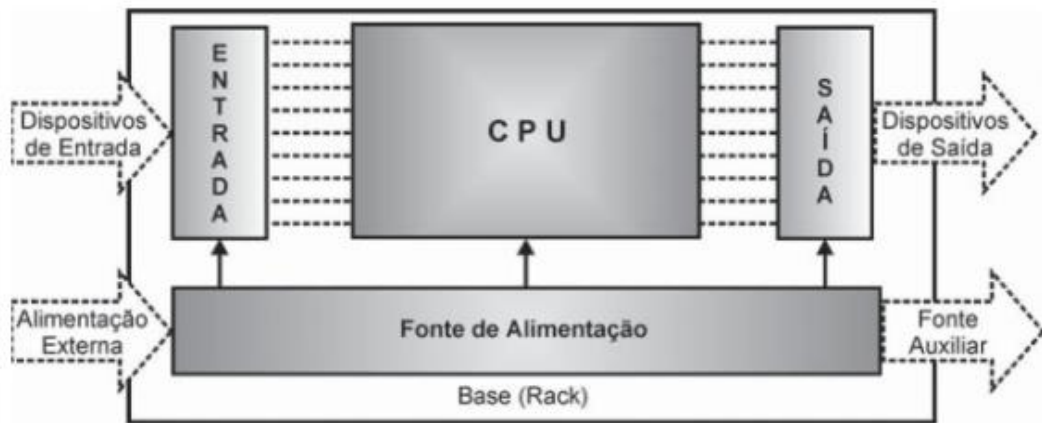


Fonte: <<https://www.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/controladores/simatic-s7-1500/cpus.html>> Acesso em: 24 maio 2024.

Em sua estrutura padrão, o CLP pode ser dividido em blocos para melhor compreensão de seu funcionamento. A *Central Processing Unit* (CPU) engloba o processamento, que pode ser microprocessado, microcontrolado ou via processador dedicado, bem como sistema de memória e circuitos auxiliares de controle. Os Circuitos de *Input/Output* (IO) são compreendidos como discretos (sinais digitais, que podem ser contatos normalmente abertos

ou fechados), assim como analógicos (4 – 20mA, 0 – 10VDC, termopar, etc.). A Fonte de Alimentação é responsável por fornecer a tensão necessária para a CPU e para as saídas digitais e analógicas. Por fim, a base (*Rack*) tem a finalidade de realizar a conexão mecânica entre a CPU, Fonte de Alimentação e os Módulos de IO (que podem ser expandidos, a depender do modelo do CLP utilizado). A Figura 7 ilustra a estrutura citada. Além destes itens, é comum a presença de Circuitos/Módulos Especiais, que podem contemplar itens como contadores rápidos (5kHz, 10kHz ou além), interrupção por *hardware* e módulos de comunicação em rede. (GEORGINI, 2007)

Figura 7 – Estrutura básica de um CLP



Fonte: Georgini (2007)

### 2.5.1 Linguagens de Programação

Devido à evolução dos CLPs ter se dado de modo distinto em cada fabricante, foi criado em 1982, pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) uma normativa que, em sua terceira seção (IEC 61131-3), definiu as linguagens padrão de programação deles. (CONTROL ENGINEERING, 2023). Abaixo elas são listadas:

- *Ladder* (LAD): A lógica desta linguagem de programação foi desenvolvida a partir de desenhos de circuitos elétricos, onde as instruções se assemelham a contatos elétricos e bobinas.
- *Function Block Diagram* (FBD): Desenvolvida a partir da álgebra booleana, onde os operadores AND e OR representam a lógica básica, além de operadores como XOR.

- *Instruction List (IL)*: Linguagem de baixo nível, se equipara à linguagem *Assembly*. É definida em texto e consiste em uma série de instruções. Cada instrução inicia em uma nova linha e contém operador próprio.
- *Structured Text (ST)*: A linguagem de texto estruturado pode ser comparada a linguagens de programação de alto nível, como C. Podem ser utilizadas instruções de repetição (como IF-THEN-ELSE, DO-WHILE, FOR, etc.). Linguagem muito aplicada em tarefas e algoritmos complexos.
- *Sequential Function Charts (SFC)*: Esta linguagem é baseada no modelo de controle sequencial *Grafcet*, desenvolvido na França em 1975. É graficamente orientada, o que permite descrever a ordem cronológica de diferentes ações em um programa.

## 2.6 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Há diversos motivos para utilização de dispositivos de controle de velocidade de motores. Entre eles, destacam-se o ajuste visando rapidez no processo, controle de torque de um conjunto, de acordo com a necessidade, assim como a redução do consumo de energia e aumento de eficiência, a depender da aplicação.

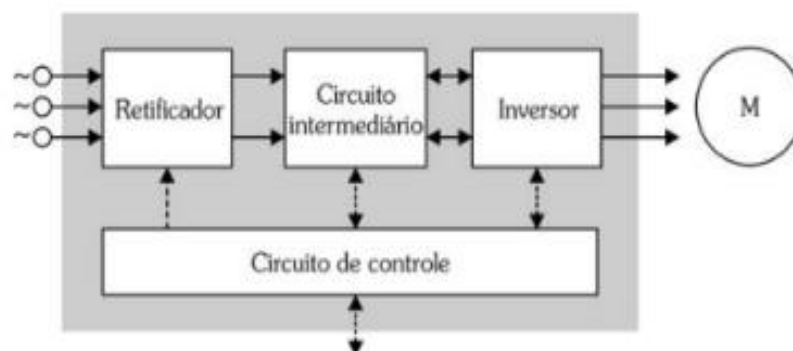
Nesse contexto, os inversores de frequência atuam no controle de motores de indução trifásicos em Corrente Alternada (CA), os quais possuem diversas vantagens de utilização em relação a motores de Corrente Contínua (CC). Entre as principais vantagens destacam-se o custo reduzido em relação ao motor CC, tanto para aquisição quanto para armazenamento em estoques de manutenção, além do tamanho reduzido, se comparados à mesma potência elétrica, e maior disponibilidade de fornecimento por parte de fabricantes, em caso de substituição. (FRANCHI, 2009)

Os inversores de frequência podem ser considerados fontes de tensão alternada com frequência variável e são classificados de acordo com a sua topologia, dividida, de modo geral, em quatro partes.

A primeira se constitui na retificação da alimentação de entrada (tensão alternada). A segunda (circuito intermediário e de controle) é composta de controladores que realizam a leitura da atual velocidade e corrente do motor e das interfaces, que podem incluir ajustes parametrizados pelo usuário, leitura de entradas e saídas (digitais e analógicas) do próprio equipamento, bem como comunicação via rede. Na terceira etapa se localiza o bloco inversor,

caracterizado por Transistores Bipolares de Porta Isolada (IGBT), responsáveis pela inversão da tensão contínua proveniente do barramento CC em sinal alternado, através de chaveamento. (FRANCHI, 2009). A Figura 8 ilustra a topologia citada.

Figura 8 – Topologia simplificada do inversor de frequência



Fonte: Franchi (2009)

Entre os modos de controle de inversores de frequência, os mais utilizados são o vetorial e o escalar. Enquanto o inversor de frequência escalar ajusta apenas a frequência de alimentação, o vetorial realiza o ajuste tanto da frequência de entrada, quanto da corrente e tensão aplicadas ao motor, o que permite controle mais preciso da velocidade e de torque, em uma faixa maior de operação.

### 2.6.1 G120

O inversor de frequência G120, da fabricante Siemens, é caracterizado pelo modo de controle vetorial, tendo variações de modelo e tamanho de acordo com a potência do motor que será empregado e sua aplicação. Possui função certificada de segurança *Safe Torque Off* (STO) integrada como padrão, o que permite operá-lo em segurança sem componentes externos ao inversor. Também possui sistemas de barramento de comunicação de rede, que viabilizam a comunicação via *PROFINET*, *EtherNet/IP*, *Modbus*, entre outros protocolos, além de ser de fácil integração junto ao *software* Portal de Automação Totalmente Integrado (TIA Portal). (SIEMENS, 2024). Na variação do modelo G120C, o módulo de controle já se dá de forma integrada ao módulo de potência, enquanto o modelo G120 necessita de um módulo de controle externo, que é adquirido de acordo com a necessidade da aplicação.

## 2.6.2 CU250S-2PN

A Unidade de Controle CU250S-2PN, da fabricante Siemens, é um módulo utilizado acoplado ao inversor de frequência G120, projetado para controle e monitoramento através do protocolo de comunicação *PROFINET*, possuindo duas portas de comunicação para tal. Ele possui 4 entradas configuráveis como entradas ou saídas, 3 canais de entradas seguras, 5 entradas digitais normais, 3 saídas digitais (sendo uma delas de segurança), 2 entradas analógicas (4 – 20 mA ou 0 – 10V) e 2 saídas analógicas. Uma das principais características é a possibilidade de utilização de técnicas de controle em malha fechada, permitindo a ligação de encoder às suas entradas via terminais. A Figura 9 ilustra algumas das variações do inversor com a Unidade de Controle acoplada, juntamente com uma interface para operação e parametrização local, modelo BOP-2. (SIEMENS, 2024)

Figura 9 – Família de inversores de frequência G120

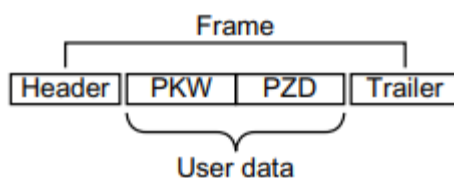


Fonte: Siemens (2024).

## 2.6.3 Principais Telegramas

A comunicação entre a CU250S-2PN e o CLP através do protocolo *PROFINET* é realizada por meio de telegramas, que são pacotes de dados pré-definidos para controle e monitoramento do inversor de frequência. A estrutura de um telegrama é ilustrada na Figura 10, onde *Header* e *Trailer* formam a abertura e fechamento do protocolo e *PKW* e *PZD* são os dados.

Figura 10 – Estrutura básica de um telegrama



Fonte: Siemens (2018).

O Quadro 2 traz uma explanação acerca das principais abreviações utilizadas nos telegramas, que serão explicados na sequência.

Quadro 2 – Abreviações utilizadas nos telegramas

<b>Abreviação</b>	<b>Explicação</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Explicação</b>
<b>PZD</b>	Dados de processo	<b>PKW</b>	Parâmetros de canal
<b>STW</b>	<i>Word</i> de controle	<b>MIST_GLATT</b>	Torque suavizado real
<b>ZSW</b>	<i>Word</i> de status	<b>PIST_GLATT</b>	Potência ativa suavizada real
<b>NSOLL_A</b>	<i>Setpoint</i> de velocidade	<b>M_LIM</b>	Valor de limite de torque
<b>NIST_A</b>	Valor de velocidade atual	<b>FAULT_CODE</b>	Código de falha
<b>NIST_A_GLATT</b>	Valor de velocidade atual suavizada	<b>WARN_CODE</b>	Código de alarme
<b>IAIST_GLATT</b>	Valor de corrente atual suavizada	<b>MELD_NAMUR</b>	Mensagem de acordo com a definição VIK-NAMUR

Fonte: Adaptado de Siemens, 2018.

A seguir, são elencados os principais telegramas utilizados para comunicação. No Quadro 3 é apresentado o telegrama 1, que é um dos mais simples disponíveis. Como pode ser verificado, possui apenas bits de comando e status disponibilizados nas *words* *ZSW* e *STW*, e comando para referência de velocidade e retorno dela. No ANEXO A é apresentado, de forma detalhada, o significado de cada *bit* da *word* de controle *STW1* e, no ANEXO B, o significado de cada *bit* da *word* de status *ZSW1*.



Quadro 3 – Telegrama 1

<b>PZD01</b>	<b>PZD02</b>
STW1	NSOLL_A
ZSW1	NIST_A

Fonte: Adaptado de Siemens, 2018.

No Telegrama 20 são trazidas outras informações, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Telegrama 20

<b>PZD01</b>	<b>PZD02</b>	<b>PZD03</b>	<b>PZD04</b>	<b>PZD05</b>	<b>PZD06</b>
STW1	NSOLL_A				
ZSW1	NIST_A_GLATT	IAIST_GLATT	MIST_GLATT	PIST_GLATT	MELD_NAMUR

Fonte: Adaptado de Siemens, 2018.

Outro telegrama amplamente utilizado é o Telegrama 352, que pode ser visto no Quadro 5.

Quadro 5 – Telegrama 352

<b>PZD01</b>	<b>PZD02</b>	<b>PZD03</b>	<b>PZD04</b>	<b>PZD05</b>	<b>PZD06</b>
STW1	NSOLL_A				
ZSW1	NIST_A_GLATT	IAIST_GLATT	MIST_GLATT	WARN_CODE	FAULT_CODE

Fonte: Adaptado de Siemens, 2018.

Além dos telegramas citados, é possível também a utilização de telegrama livre, ou seja, pode-se colocar *words* nos pacotes conforme a necessidade, não limitando-se aos telegramas pré-definidos.

## 2.7 MÓDULO DE REDE PARA PROFINET

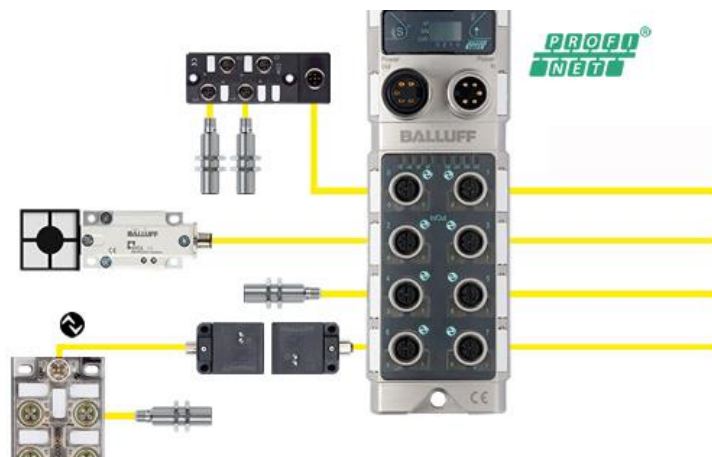
Os módulos de rede para *PROFINET* são componentes essenciais que permitem a integração de dispositivos, que podem ser desde sensores até mestres de rede. Nesse contexto, a tecnologia *PROFINET* pode atuar em conjunto com outros protocolos, como *IO-Link*, em alta

performance, servindo como uma espécie de ponte e gerenciando sensores, *hubs* (para ligação de sensores digitais), bem como demais atuadores que atuam com tal tecnologia.

Assim como os inversores de frequência que atuam via *PROFINET*, os mestres de rede também podem se comunicar diretamente ao CLP, bastando serem configurados no *software* de Engenharia ao qual o CLP está sendo programado. Para isto, é informado, conforme manual de cada sensor e/ou dispositivo *IO-Link*, via *datasheet*, a quantidade de *bytes* de entrada e saída de cada componente.

Na Figura 11 pode-se verificar um exemplo de arquitetura de um mestre *PROFINET*, em que ele atua gerenciando dispositivos *IO-Link* dos mais diversos segmentos. O CLP, portanto, troca dados com o mestre de rede, que por sua vez disponibiliza uma série de informações, tanto dos sensores e/ou dispositivos conectados via *IO-Link*, quanto dele próprio (status de alimentação, sobrecorrente, curto-circuito entre pinos, etc.). (UNIVERSITY, 2024)

Figura 11 – Exemplo de arquitetura de um mestre PROFINET



Fonte: University (2024).

### 2.7.1 BNI0092 Balluff

O mestre de rede *PROFINET* BNI0092, da fabricante Balluff, possui 2 portas de comunicação do tipo M12x1 (4 polos, D-codificado), utilizadas para comunicação via rede *PROFINET*, tensão de alimentação 18-30VDC, através de conector 7/8" (5 polos), além de 4 portas de comunicação do tipo M12x1 (5 polos, A-codificado), que podem ser configuradas tanto para utilização de dispositivos *IO-Link* quanto para utilização como entradas/saídas digitais. Cada porta possui capacidade máxima de corrente de 2A. Possui grau de proteção IP67 e suporta temperaturas de -40°C a 70°C, o que lhe permite ser utilizado a campo. Suas

dimensões são de 37 mm de largura, 224 mm de altura e 32.6 mm de profundidade. (BALLUFF, 2024). A Figura 12 ilustra o mesmo.

Figura 12 – Mestre de rede PROFINET BNI0092



Fonte: Balluff (2024).

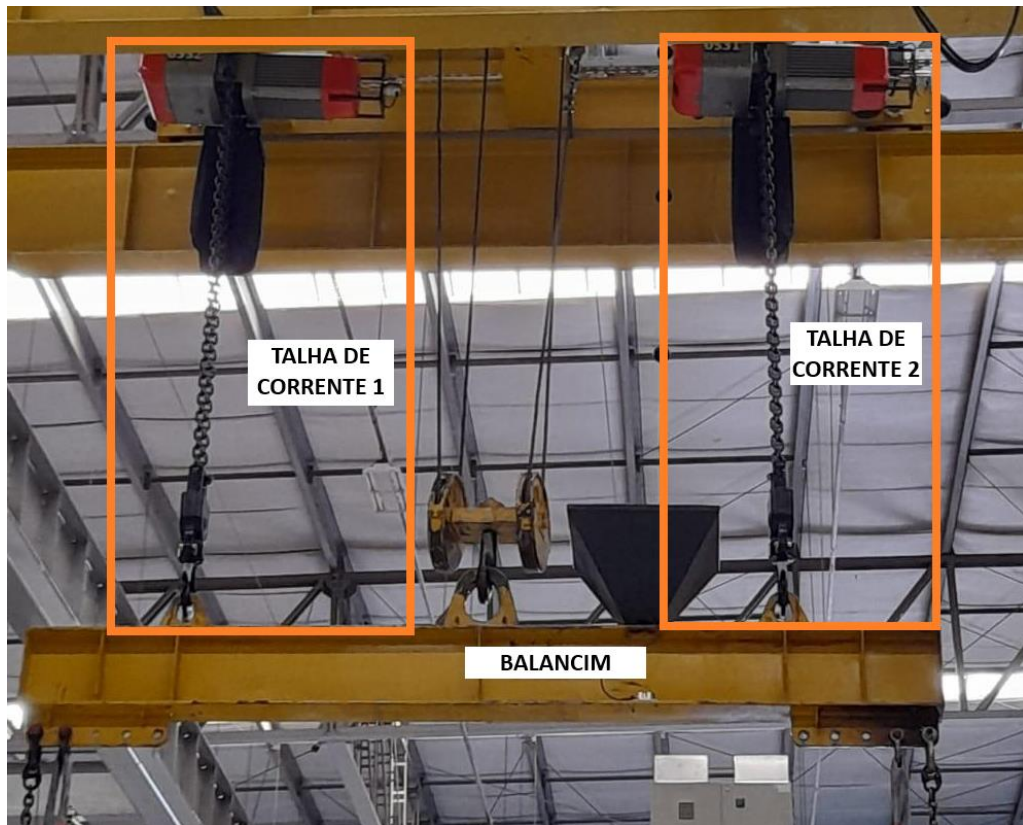
## 2.8 ELEVAÇÃO DE CARGAS

Para a movimentação e sustentação de cargas, o conjunto de elevação conta com talhas elétricas, que consistem basicamente em mecanismos acionados por motor elétrico, projetados para levantar, baixar e deslocar cargas pesadas com eficiência e segurança. Além do motor elétrico, responsável por converter energia elétrica em força mecânica, o elemento de elevação requer um dispositivo de conexão para suspender a carga, podendo ser uma corrente ou cabo de aço, conforme será detalhado nos tópicos.

### 2.8.1 Talha de Corrente

As talhas de corrente desempenham o papel principal na sustentação da carga e são posicionadas nas extremidades do mecanismo de balancim, conforme mostrado na Fotografia 1. Portanto, ao empregar duas talhas por balancim, o conjunto é composto por um total de quatro mecanismos com especificações idênticas.

Fotografia 1 – Posicionamento das talhas de corrente e balancim



Fonte: O autor (2024)

Cada talha de corrente possui uma capacidade individual de 5 toneladas e com uma corrente de 10 metros de comprimento. A especificação do motor elétrico que constitui a talha é dada no Quadro 6.

Quadro 6 – Dados motor das talhas de corrente

Tensão	380 V
Potência	4,32 kW
Corrente	13 A
Rotação	1750 rpm

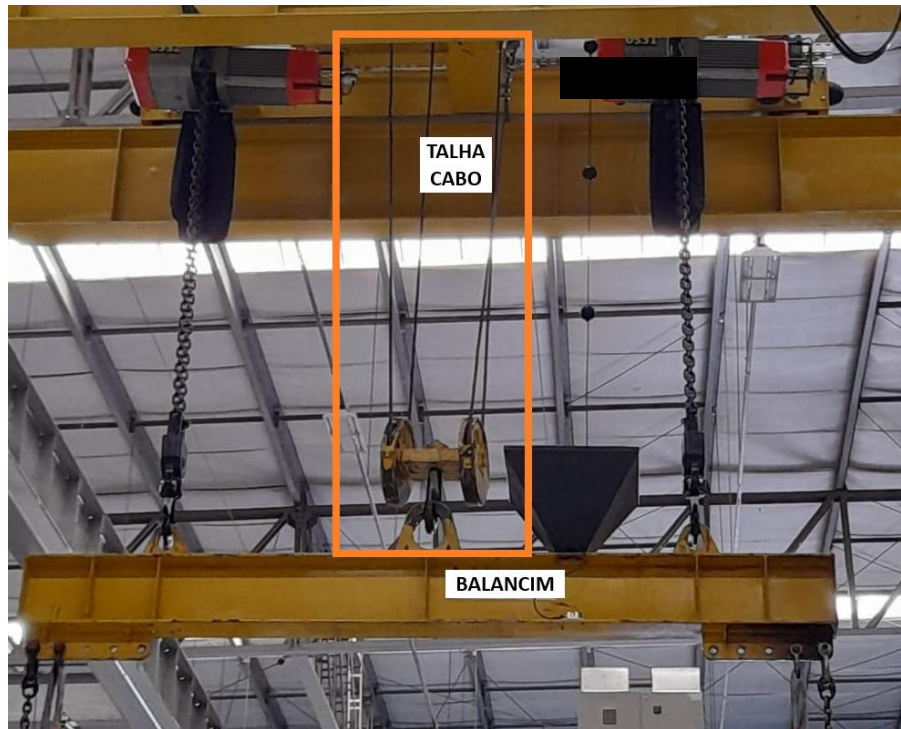
Fonte: O autor (2024)

### 2.8.2 Talha de Cabo de Aço

As talhas de cabo de aço movem-se em sincronia com as talhas de corrente, porém, ao contrário destas últimas, as talhas de cabo de aço desempenham uma função redundante na sustentação da carga. Em cada balancim, é empregada apenas uma talha de cabo de aço, cuja

capacidade individual deve ser a capacidade de carga máxima do conjunto. Conforme ilustrado na Fotografia 2.

Fotografia 2 – Posicionamento da talha de cabo de aço e balancim



Fonte: O autor (2024)

Cada talha de cabo de aço possui uma capacidade individual de 8 toneladas. A especificação do motor elétrico que constitui a talha é dada no Quadro 7.

Quadro 7 – Dados motor das talhas de cabo de aço

Tensão	380 V
Potência	7,5 kW
Corrente	16,16 A
Rotação	1755 rpm

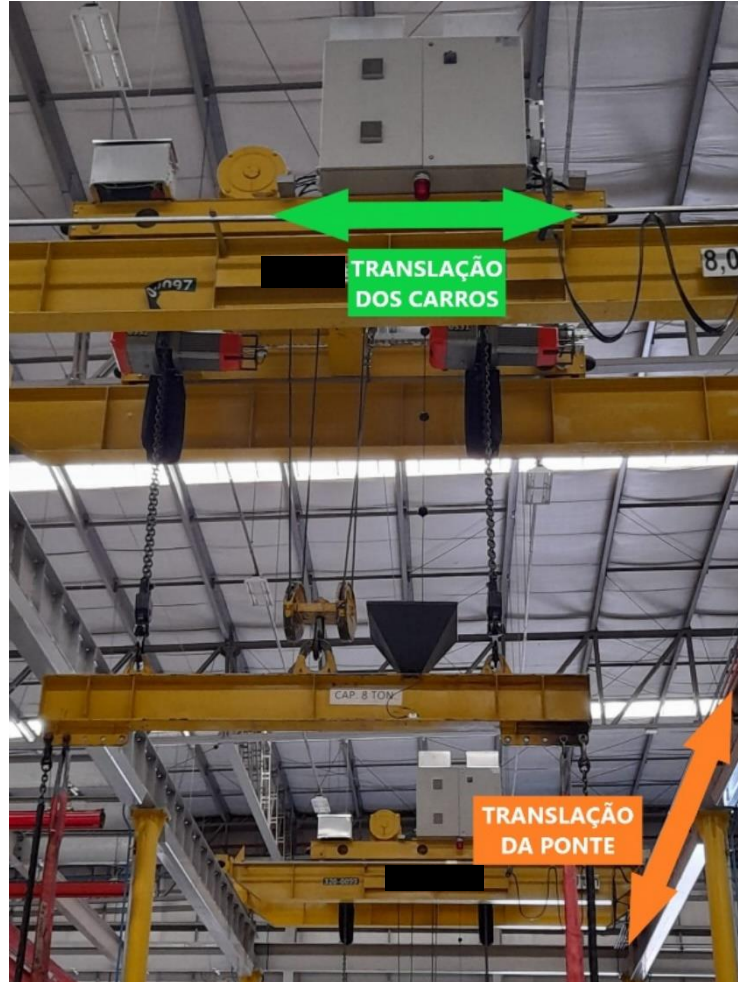
Fonte: O autor (2024)

### 2.8.3 Translações

Os movimentos de translação são responsáveis por deslocar a carga de um ponto A até um ponto B. O movimento de translação da ponte é o deslocamento das cabeceiras da ponte rolante no sentido longitudinal, e o movimento de translação dos carros é o deslocamento no

sentido transversal ao movimento da ponte. Esses dois movimentos estão representados na Fotografia 3.

Fotografia 3 – Movimentos de translação



Fonte: O autor (2024)

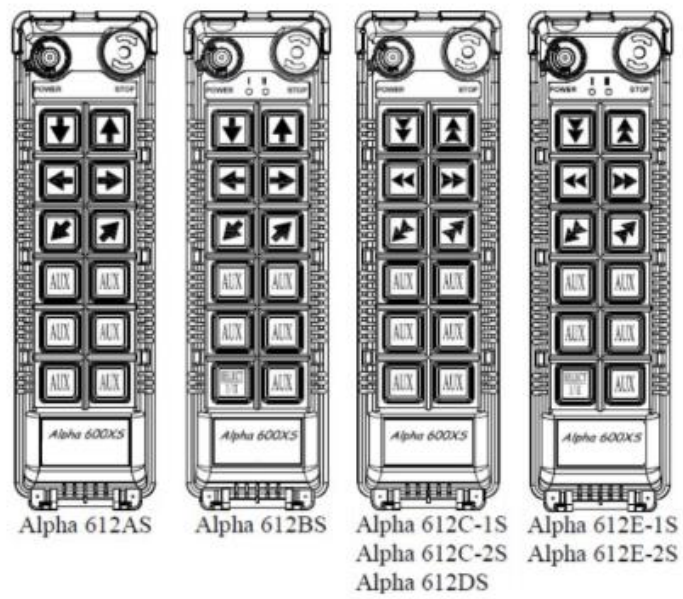
## 2.9 CONTROLE REMOTO INDUSTRIAL

Os controles remotos industriais possuem uma grande durabilidade e confiabilidade, e podem ser utilizados em pontes rolantes, guias equipamentos de mineração entre outros. O conjunto é composto por receptor e transmissor. O transmissor é o equipamento com botões, e possui uma placa eletrônica que envia comandos para o receptor através de ondas de rádio frequência, conforme os botões são pressionados. Já o receptor fica instalado no painel, e recebe esses sinais convertendo-os em pulsos elétricos para acionamento de seus relés. (SEYCONEL, 2022)

A Figura 13 ilustra os transmissores da linha Alpha 612XS.



Figura 13 – Transmissores linha Alpha 612XS



Fonte: Seyconel (2022)

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O propósito desse capítulo é apresentar a origem da demanda do projeto, definindo o seu escopo e detalhando o funcionamento de cada etapa conduzida ao longo da execução. No decorrer do capítulo são mostradas algumas fotografias, onde que por sigilo empresarial se fez necessário diminuir a nitidez da carga que é suspensa no sistema de elevação, por se tratar de um produto da empresa.

#### 3.1 SUGESTÃO DE MELHORIA EM SISTEMA EXISTENTE

A proposta do projeto parte de uma avaliação e melhoria em um conjunto de elevação já existente em uma linha de montagem de uma indústria metal mecânica.

O produto fabricado nessa linha é montado sobre um dispositivo que é empurrado manualmente pelos operadores, percorrendo os postos de trabalho na linha de montagem. No entanto, a operação do penúltimo posto de montagem necessita da elevação da máquina para que esse dispositivo seja retirado. Devido a essa necessidade, a empresa adotou o mecanismo de elevação em questão.

O sistema de elevação foi implementado no ano de 2018 e vêm apresentando com recorrência os pontos abaixo relatados pela área produtiva da empresa:

- Desalinhamento do conjunto montado no momento da suspensão da carga, o que acarreta em atrasos na operação de montagem;
- Talha de segurança operando de maneira defasada das demais talhas do conjunto.

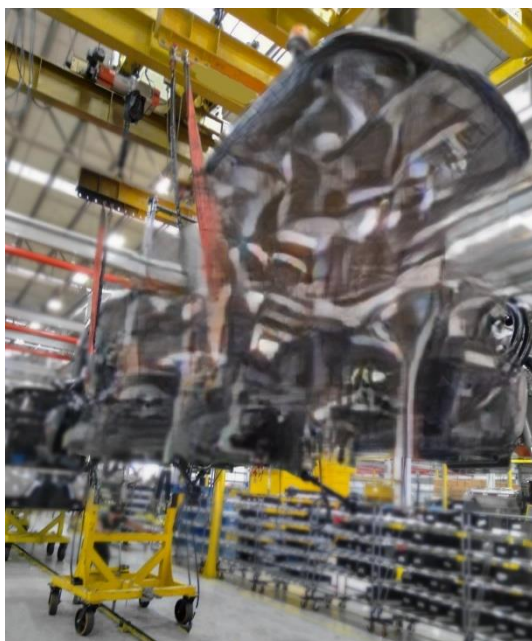
O conjunto de elevação é composto por dois mecanismos enumerados 0097 e 0099, de acordo com as particularidades de cadastro da empresa. O conjunto final 97 suspende a traseira do produto e o 99 sua parte dianteira. Ambos os conjuntos não necessitam sincronização entre si e devido a isso tem operação independente. No entanto, a sincronização individual dos conjuntos é fundamental para a operação do sistema.

Além do movimento de elevação necessário no penúltimo posto de montagem, é preciso também deslocar a carga deste posto até o último, onde são inseridos os últimos componentes no produto, ou seja, efetuar o movimento de translação dos conjuntos com o produto suspenso.

Através da Fotografia 4, é possível ter uma visão geral da aplicação do sistema de elevação na linha de montagem.



Fotografia 4 – Sistema de elevação, com máquina suspensa



Fonte: O autor (2024)

## 3.2 AVALIAÇÃO REALIZADA

Esta área do trabalho destina-se a apresentar os principais problemas levantados e como foi realizada a avaliação do conjunto de elevação, tendo como base alguns pontos informados pela produção.

### 3.2.1 Número de Solicitações de Manutenção

O primeiro passo da análise consistiu na verificação sistêmica do histórico de abertura de notas de manutenção, desde o ano de 2020 até a data de início do projeto. Essa solicitação de manutenção geralmente tem como base a ocorrência de falha, pane ou identificação de uma oportunidade de melhoria.

Foi possível identificar um considerável número de solicitações de manutenção para ambos os conjuntos. Os principais problemas relatados se correlacionam com os relatados pela área produtiva, sendo eles cabo de aço solto ou enrolado e o desalinhamento do conjunto.

Através do Quadro 8 pode se verificar o problema relatado na abertura de algumas das ordens para o conjunto 0097 que é o conjunto que sustenta a traseira da máquina, e através do Quadro 9 as do conjunto 0099 que é o conjunto que sustenta a dianteira da máquina.

Quadro 8 – Ordens de manutenção corretiva no conjunto 0097

<b>DATA</b>	<b>PROBLEMA RELATADO</b>
22/01/2020	Roldana Desenganchou
07/02/2020	Espia Travada, não sobe nem desce
06/08/2020	Consertar espia enrolada
22/09/2020	Espia solta
05/11/2020	Equipamento travado, não sobe nem desce
20/05/2021	Parou de funcionar
08/12/2021	Parou de funcionar
07/12/2021	Ponte Rolante parou de funcionar
31/01/2023	Talha não desce nem sobe
15/02/2023	Talha parou de funcionar
16/02/2023	Parou
20/02/2023	Talha Parada
28/02/2023	Cabo de aço enrolado

Fonte: O autor (2024)

Quadro 9 – Ordens de manutenção corretiva no conjunto 0099

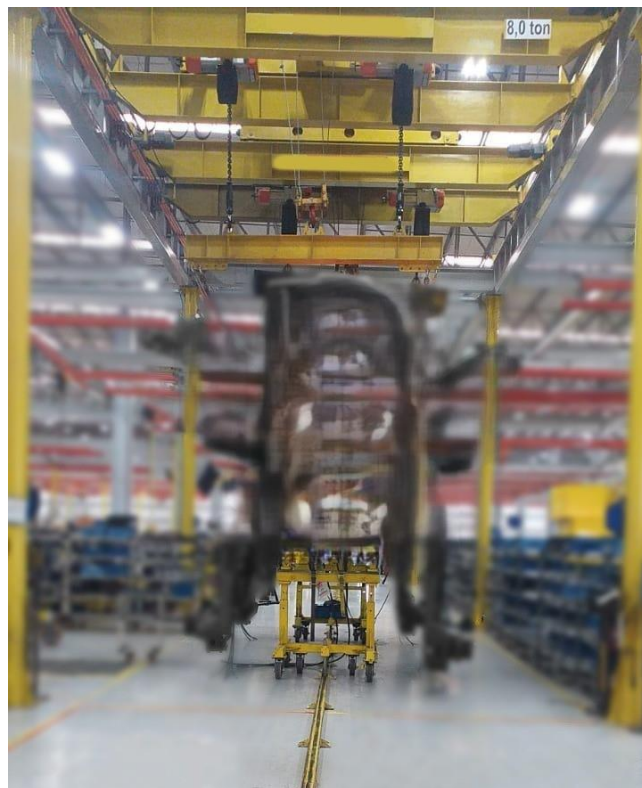
<b>DATA</b>	<b>PROBLEMA RELATADO</b>
13/05/2020	Não está funcionando
22/09/2020	Consertar ponte rolante, espia solta
12/02/2021	Não está funcionando
01/06/2021	Talha Parou de funcionar
22/06/2021	Barulho estranho no motor
11/10/2021	Está travando
07/10/2022	Parou
01/12/2022	Talha com problema
05/12/2022	Talha parada
07/12/2022	Parou de funcionar
22/02/2023	Motor talha com problema
23/02/2023	Talha com problema e atravessada
08/02/2023	A talha está levantando mais de um lado

Fonte: O autor (2024)

### 3.2.2 Desalinhamento do Conjunto

Após a verificação sistêmica foi realizado uma análise na linha de produção, e foi possível observar que quando a carga era suspensa, após alguns movimentos ela ficava desalinhada, a talha de corrente da direita e a da esquerda não trabalhavam em sincronismo. Então, com a carga desalinhada dessa forma, dificultava muito a montagem dos componentes do último posto de trabalho. Esse desalinhamento pode ser observado através da Fotografia 5.

Fotografia 5 – Sistema de elevação, com máquina desalinhada



Fonte: O autor (2024)

### 3.3 ANÁLISE DAS CAUSAS

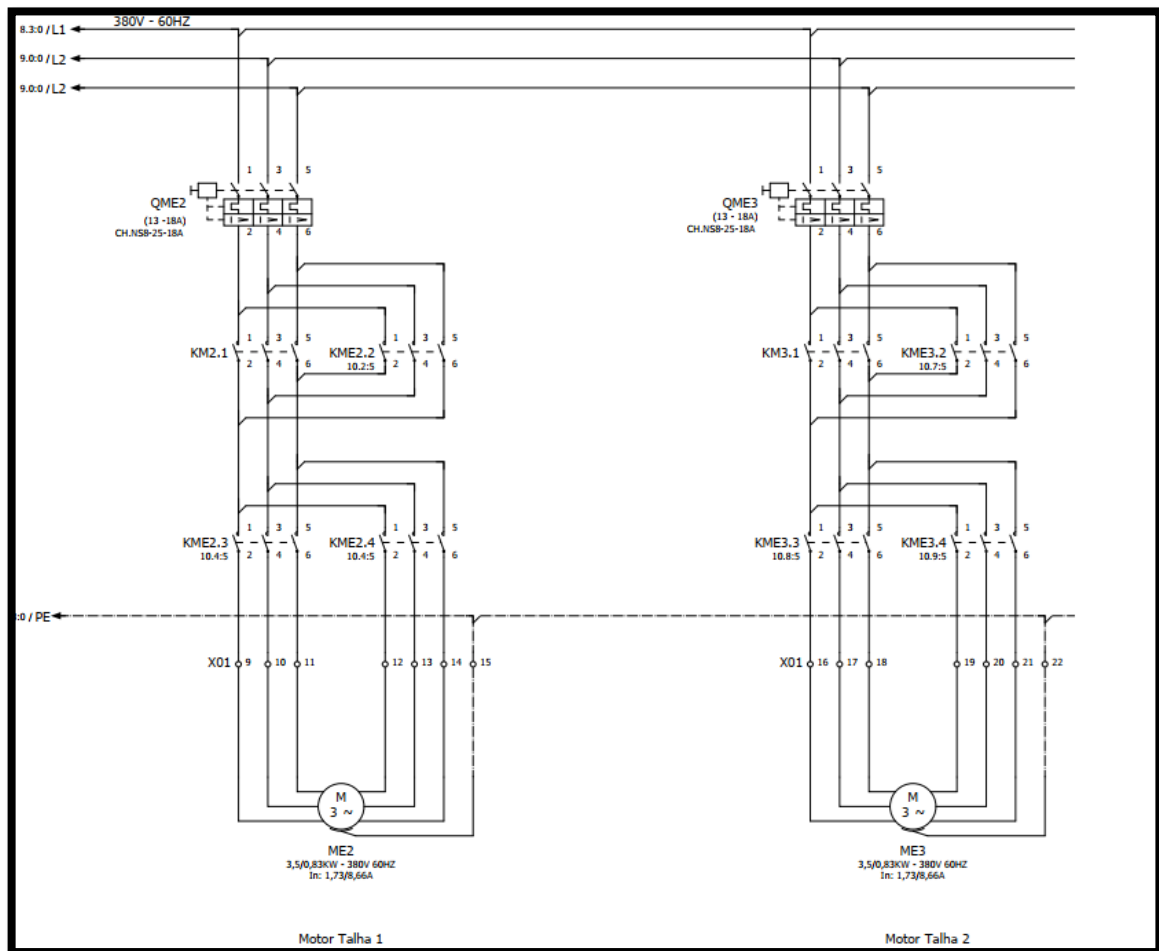
Após a constatação dos principais problemas levantados na seção anterior, o desenvolvimento do trabalho se deu com a análise do processo e do *hardware* original do sistema. Essa avaliação, teve como objetivo identificar as principais causas que estavam levando as ocorrências das falhas.

Como um dos principais problemas era o desalinhamento do conjunto, foi analisado o esquema elétrico do *hardware* original, e com isso foi possível perceber que os motores das

talhas de elevação eram acionados através de partida direta e não possuíam nenhum monitoramento para verificar se as talhas estavam operando de forma sincronizada. O painel de comando também não possuía CLP, o que dificultaria a implementação de algum tipo de controle mais avançado no *hardware* original.

A Figura 14 mostra o esquema de potência das partidas das talhas de elevação do painel original.

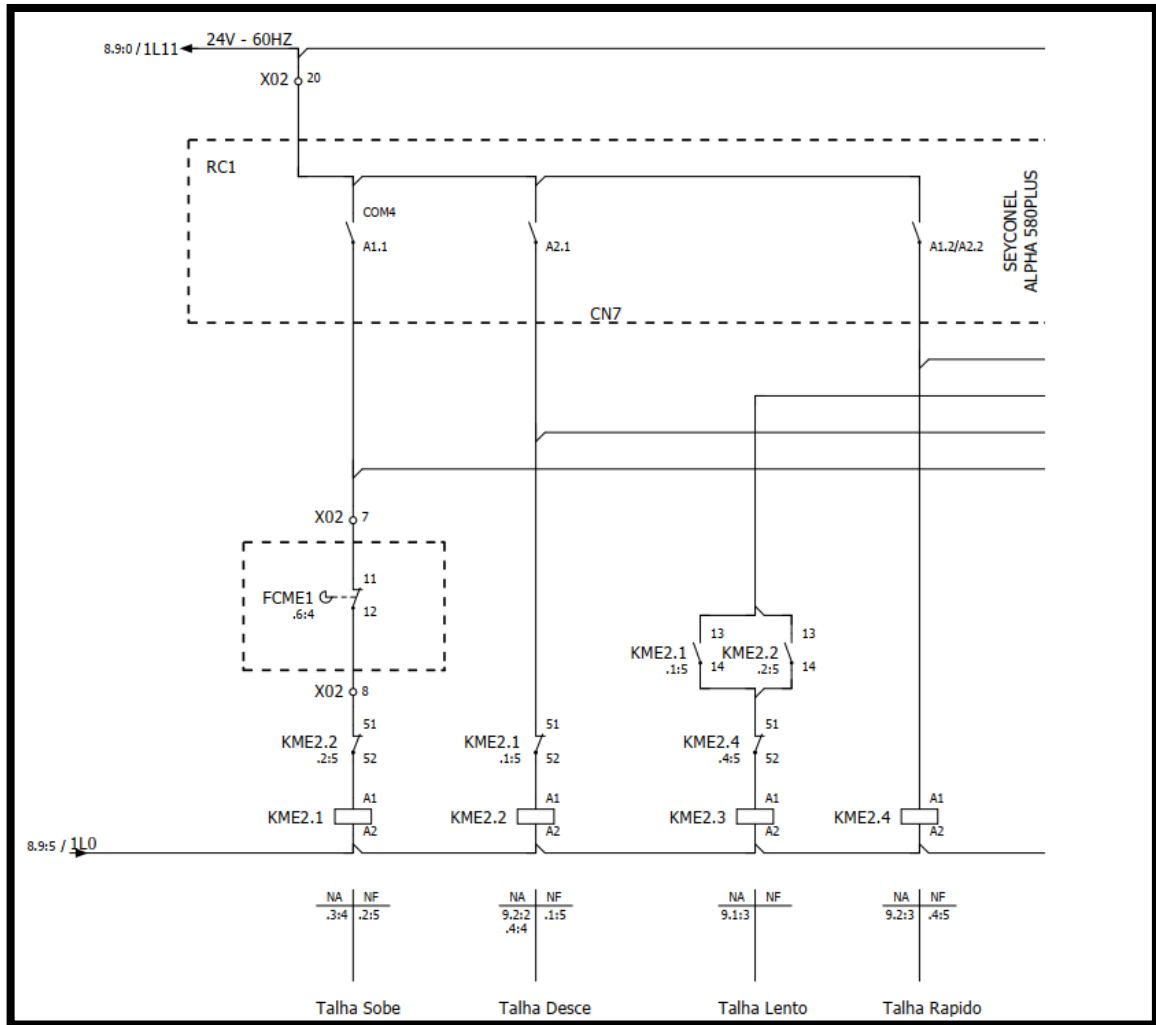
Figura 14 – Esquema de potência original das talhas de corrente



Fonte: O autor (2024)

Através da Figura 15 observa-se que o painel não possuía CLP de controle, e os comandos do controle remoto acionavam diretamente os contadores de potência, o que caracterizava o painel como eletromecânico.

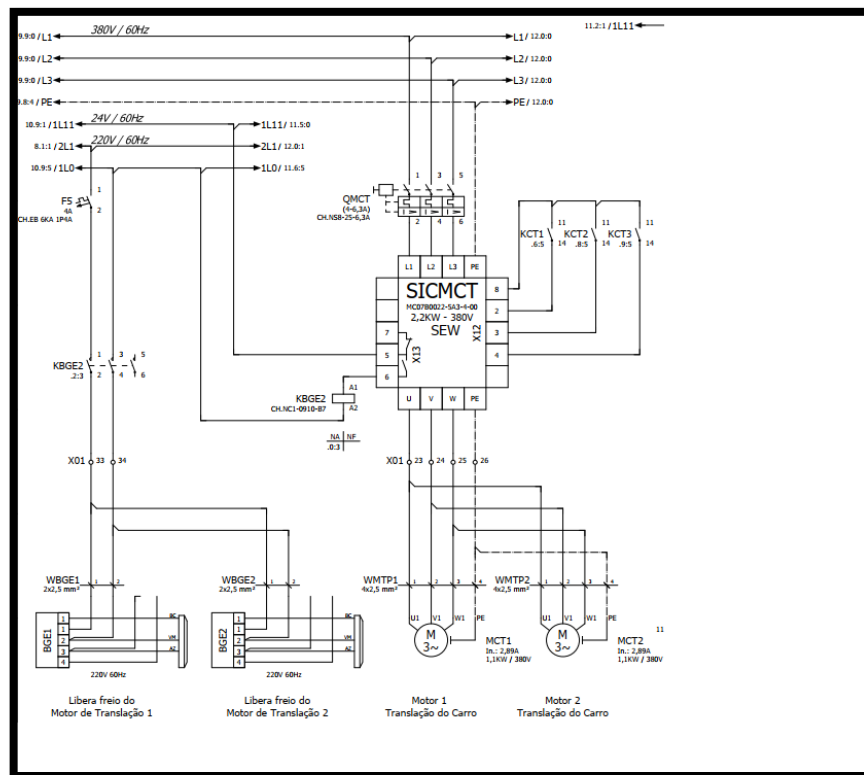
Figura 15 – Esquema de comando original das talhas de elevação



Fonte: O autor (2024)

Os movimentos de translação dos conjuntos, tanto da ponte rolante quanto dos carros, eram controlados por inversores de frequência conforme ilustrado na Figura 16, para possibilitar a alternância entre velocidades baixas e altas de deslocamento, e não estavam ocasionando maiores problemas no conjunto. Desta forma o controle das translações poderia ser mantido da mesma maneira.

Figura 16 – Esquema de potência e comando da translação dos carros



Fonte: O autor (2024)

Porém para evitar paradas da linha de produção, e atrasos na entrega do projeto, foi possível perceber que a melhor solução seria projetar e montar um painel elétrico totalmente novo. Assim o sistema que estava instalado continuaria operando até a parada estratégica da produção. E desta forma, no momento da intervenção o *hardware* original foi retirado e realizado a instalação do novo sistema. Com isso os componentes elétricos que poderiam ter sido reaproveitados, serão destinados a outros projetos futuros da empresa.

### 3.4 ESTUDO DE SOLUÇÃO E ARQUITETURA DE HARDWARE NECESSÁRIA

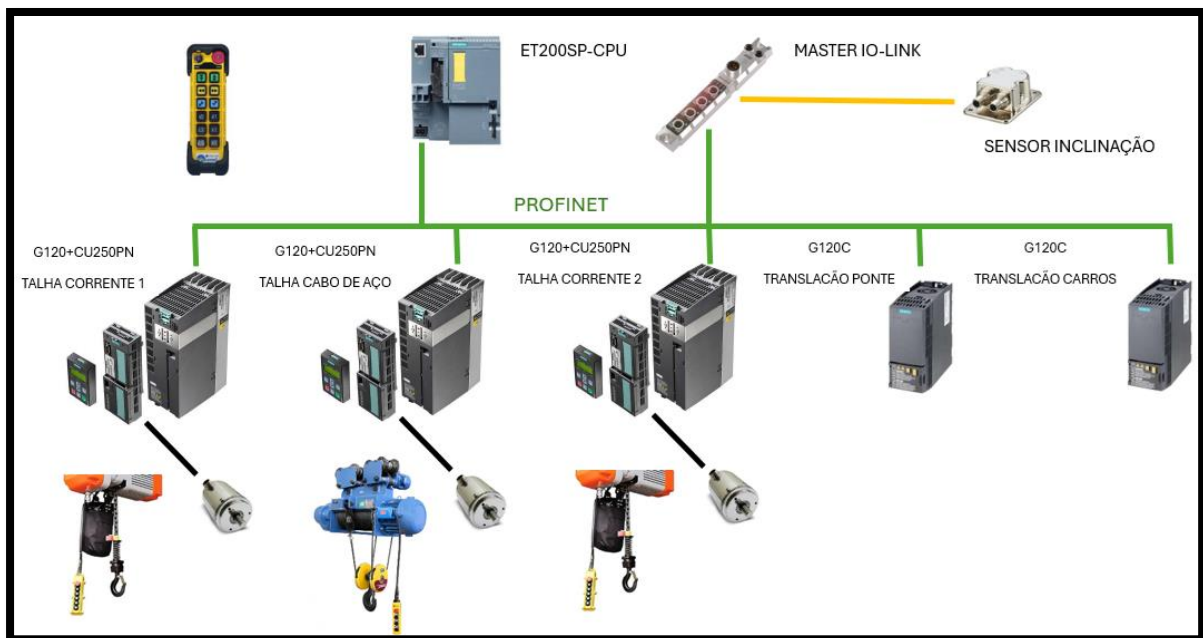
Com o estudo das principais causas finalizado, foi possível definir alguns pontos importantes para serem implementados no novo sistema, estes estão listados abaixo:

- Uso de CLP, para elaborar uma lógica de controle funcional e confiável;
- Colocar inversores em todos os motores, para que seja possível sincronizar a velocidade entre eles;
- Utilizar encoder nos motores de elevação, com a finalidade de implementar uma malha de controle fechada de velocidade nos inversores;

- Implementar um sensor de inclinação no balancim travessão para que seja possível verificar frequentemente como está o alinhamento do conjunto suspenso, e alinhar se for necessário;
- Elaborar esquema simples e de fácil entendimento para apresentar a supervisão e gerência a sugestão de melhoria.

Através do esquema da Figura 17, pode-se obter uma compreensão mais clara do que foi concebido para o projeto em questão.

Figura 17 – Esquema de hardware para o novo painel de controle



Fonte: O autor (2024)

Foi colocado um CLP, para receber os sinais de comando do controle remoto, *feedback* de disjuntores motores, status de sensores, entre outros. Nele são feitas rotinas de programação que são responsáveis por todo o controle do sistema em questão.

Foram colocados cinco inversores de frequência, onde destes, três são para o sistema de elevação e dois para as translações. Estes inversores comunicam com o CLP através do protocolo de comunicação *PROFINET*, com o intuito de diminuir o número de entradas e saídas necessárias no CLP, diminuindo significativamente o cabeamento necessário e aumentando o número de informações transmitidas entre os componentes.

Os dados operacionais, como corrente, torque e velocidade, podem ser facilmente adquiridos em tempo real de cada motor por meio do inversor, que por sua vez comunica-se

com o CLP. Essas informações oferecem a base para a implementação de alarmes do sistema, permitindo o monitoramento contínuo da operação e garantindo uma maior confiabilidade do conjunto. Isso significa que o sistema pode detectar variações anormais nos parâmetros operacionais e responder rapidamente para evitar falhas ou danos, contribuindo para uma operação mais segura e eficiente.

Nas três talhas de elevação foi adicionado um encoder incremental nos motores elétricos, estes são ligados diretamente na Unidade de Controle (CU) dos inversores, para dessa forma na hora do comissionamento ser possível implementar uma malha de controle fechada de velocidade, e com isso obter uma maior confiabilidade e precisão em relação a Velocidade Solicitada x Velocidade Real.

Para medir a inclinação do balancim travessão é utilizado um sensor de inclinação *IO-Link*, que permite uma fácil implementação e uma grande variedade de diagnósticos. Portanto, para isso se faz necessária a utilização de um módulo mestre *IO-Link*, que se comunica com o CLP através de *Profinet* e com o sensor por *IO-Link*.

### 3.5 APRESENTAÇÃO PRÉVIA DA SOLUÇÃO ESTUDADA

Após a definição de como seria o novo painel elétrico, e o controle do sistema de elevação, foi apresentado para os supervisores e para a gerência, uma previsão de investimento e como seria o novo sistema.

O investimento foi aprovado pela gestão da empresa, e assim, foi possível avançar para o detalhamento do projeto em um *software* de engenharia para diagramas elétricos.

### 3.6 ELABORAÇÃO DE ESQUEMA ELÉTRICO

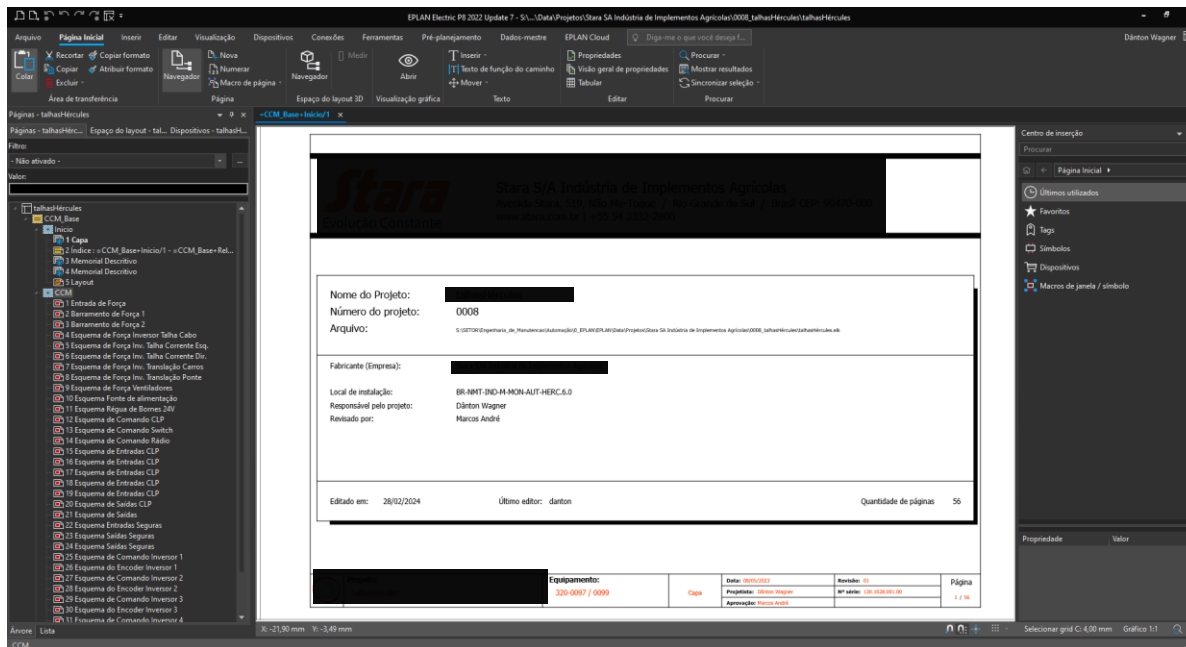
Com o modelo de solução, e o investimento aprovado, foi dado início na elaboração do esquema elétrico do painel de controle do sistema de elevação. Desse modo, como o sistema é composto por dois conjuntos de elevação exatamente idênticos, um que suspende a dianteira da máquina e outro que suspende a traseira da máquina, foi projetado apenas um esquema elétrico, e para posterior compra dos componentes, se fez necessário duplicar a quantidade dos componentes.

O projeto elétrico foi desenvolvido no *EPLAN Electric P8*, que é um *software* de engenharia para esquemas de desenho e diagrama de circuitos. Na Figura 18 tem-se uma visão



geral do EPLAN, e pode se ver a capa que mostra informações importantes referentes ao projeto em questão.

Figura 18 – Visão geral do software EPLAN, e capa do projeto



Fonte: O autor (2024)

Os dados de placa das talhas de corrente são os seguintes:

- Potência: 4,32kw
- Rotação: 1750 rpm
- Tensão: 380 V

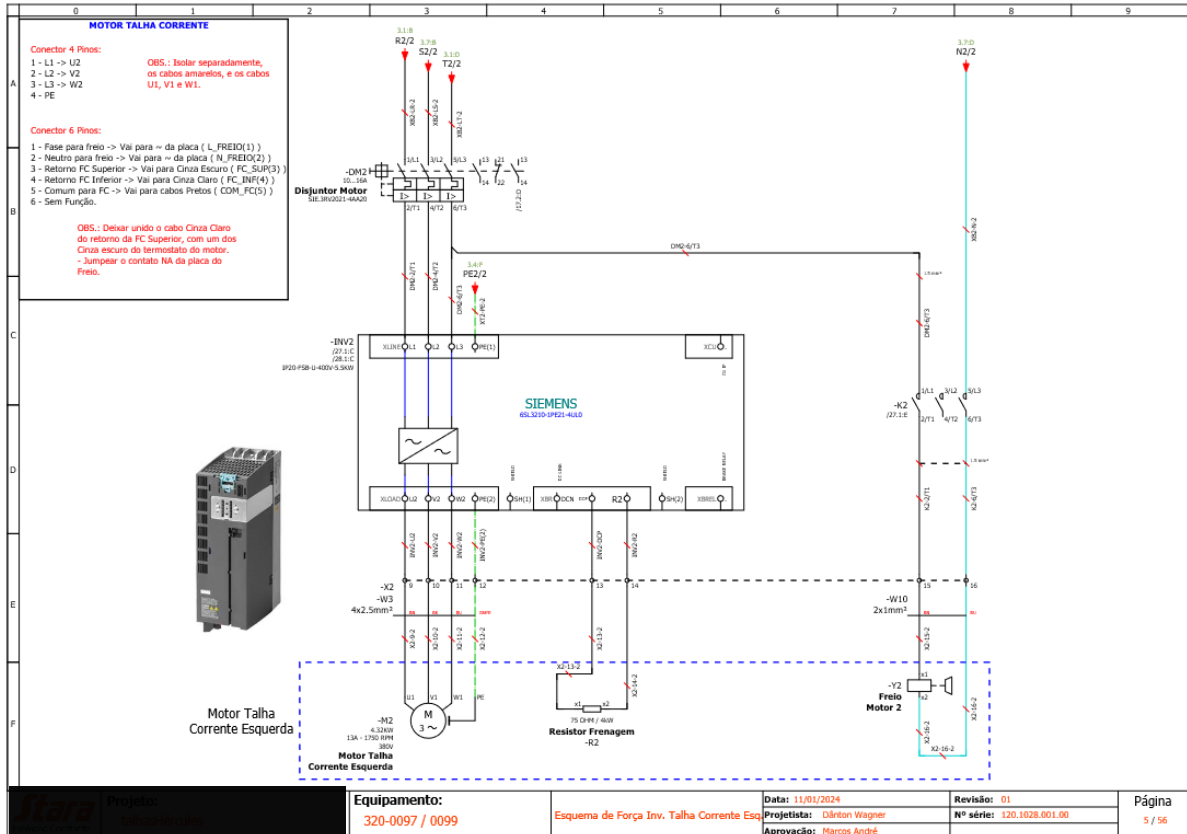
Com estes dados conhecidos, optou se pela unidade de potência PM240-2 de código 6SL3210-1PE21-4UL0 da linha G120 da Siemens, com as seguintes características:

- Potência: 5,5 kW
- Tensão: 380V – 480V

Como essa linha de inversores da Siemens é uma linha modular, necessita de um módulo de potência e de uma CU. Para essa aplicação onde é necessário ligar os encoders diretamente no inversor, a CU escolhida foi a CU250-2 PN de código 6SL3246-0BA22-1FA0. Ela possui as entradas para o encoder, e com isso possibilita implementar uma malha de controle fechada de velocidade diretamente nela, além disso possui a comunicação *PROFINET* que é necessário para comunicar com o CLP.

A Figura 19 mostra o esquema de potência projetado para a talha de corrente da esquerda. Esquema este que é idêntico para a talha de corrente da direita, pois os motores são iguais.

Figura 19 – Esquema de potência projetado para a talha de corrente da esquerda



Fonte: O autor (2024)

Os dados de placa da talha de cabo de aço são os seguintes:

- Potência: 7,5kw
- Rotação: 1755 rpm
- Tensão: 380 V

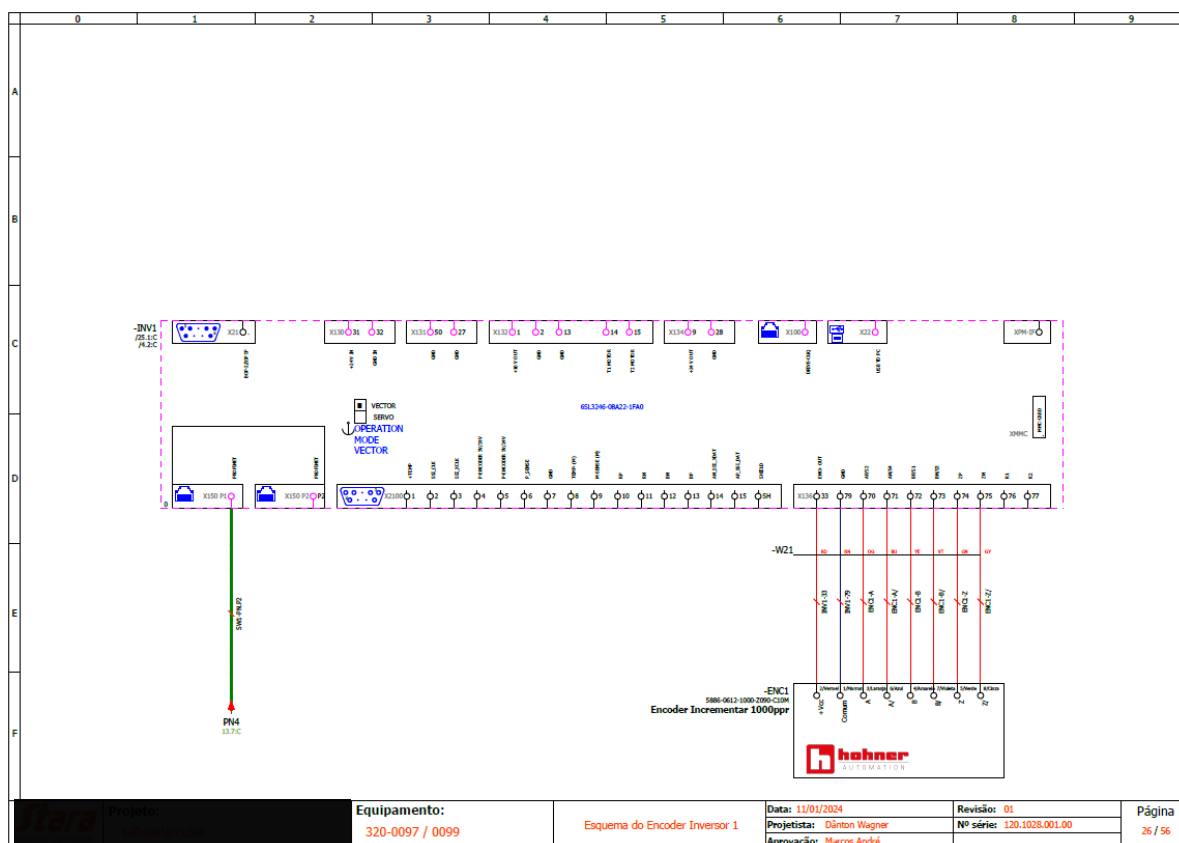
Com estes dados conhecidos, optou se pela unidade de potência PM240-2 de código 6SL3210-1PE22-7UL0 da linha G120 da Siemens, com as seguintes características:

- Potência: 11 kW
- Tensão: 380V – 480V

A unidade de potência foi dimensionada um pouco maior pois a empresa já possui mais unidades dessa de mesmo código, o que facilita para o controle de estoque de itens de reposição.

Já a CU é a mesma utilizada para as talhas de corrente. Na Figura 20 é mostrado o esquema dela com a ligação do encoder.

Figura 20 – Esquema da CU250-2PN com a ligação do encoder da talha de cabo de aço



Fonte: O autor (2024)

Para a movimentação dos carros, são dois motores idênticos ligados em paralelo, portanto para dimensionamento do inversor fez-se necessário somar a potência de ambos. Os dados de placa, são os seguintes:

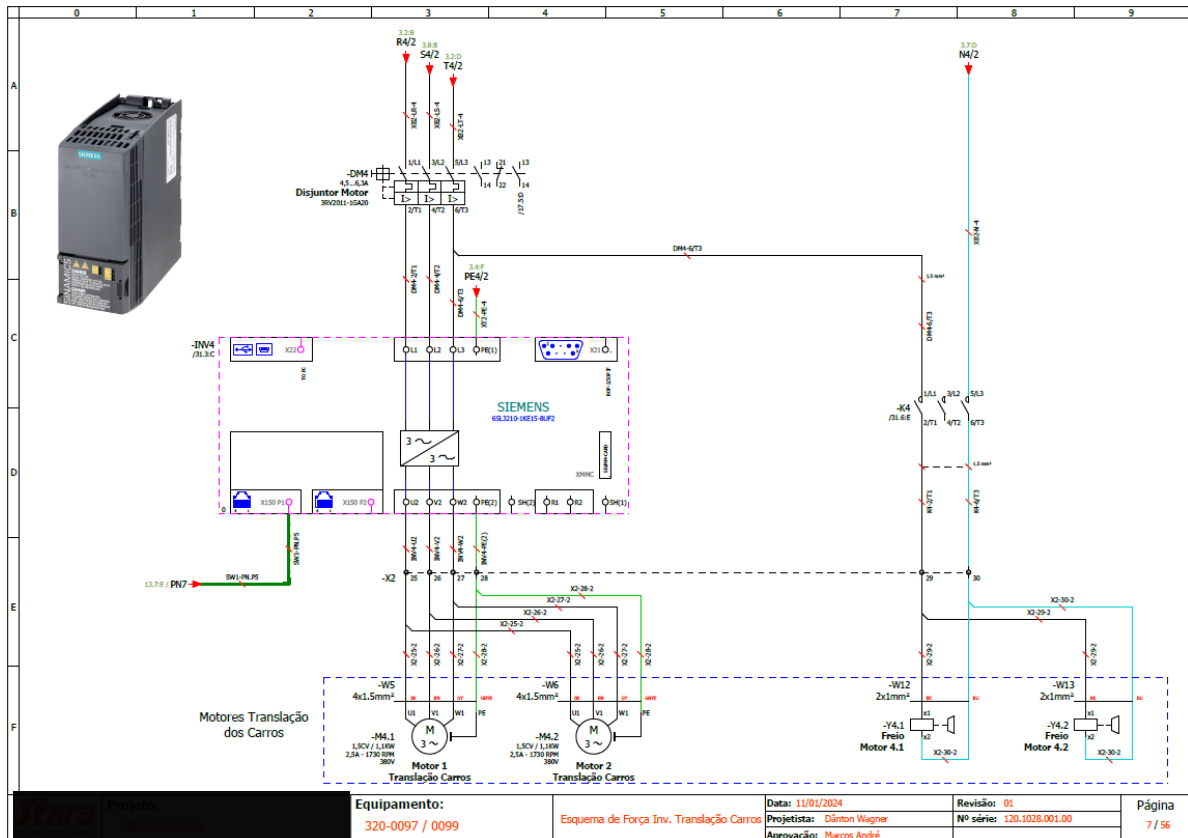
- Potência: 1,1kw
- Rotação: 1730 rpm
- Tensão: 380 V

Com estes dados conhecidos, optou-se pelo inversor de código 6SL3210-1KE15-8UF2 da linha G120C da Siemens, que é a linha compacta e já possui a parte de potência e controle no mesmo item. Suas características são as seguintes:

- Potência: 2,2 kW
- Tensão: 380V – 480V

Na Figura 21 é mostrado o esquema de potência de ligação desses motores.

Figura 21 – Esquema de potência projetado para a translação dos carros



Fonte: O autor (2024)

Para a movimentação da ponte são dois motores idênticos ligados em paralelo, portanto para dimensionamento do inversor se fez necessário somar a potência de ambos. Os dados de placa, são os seguintes:

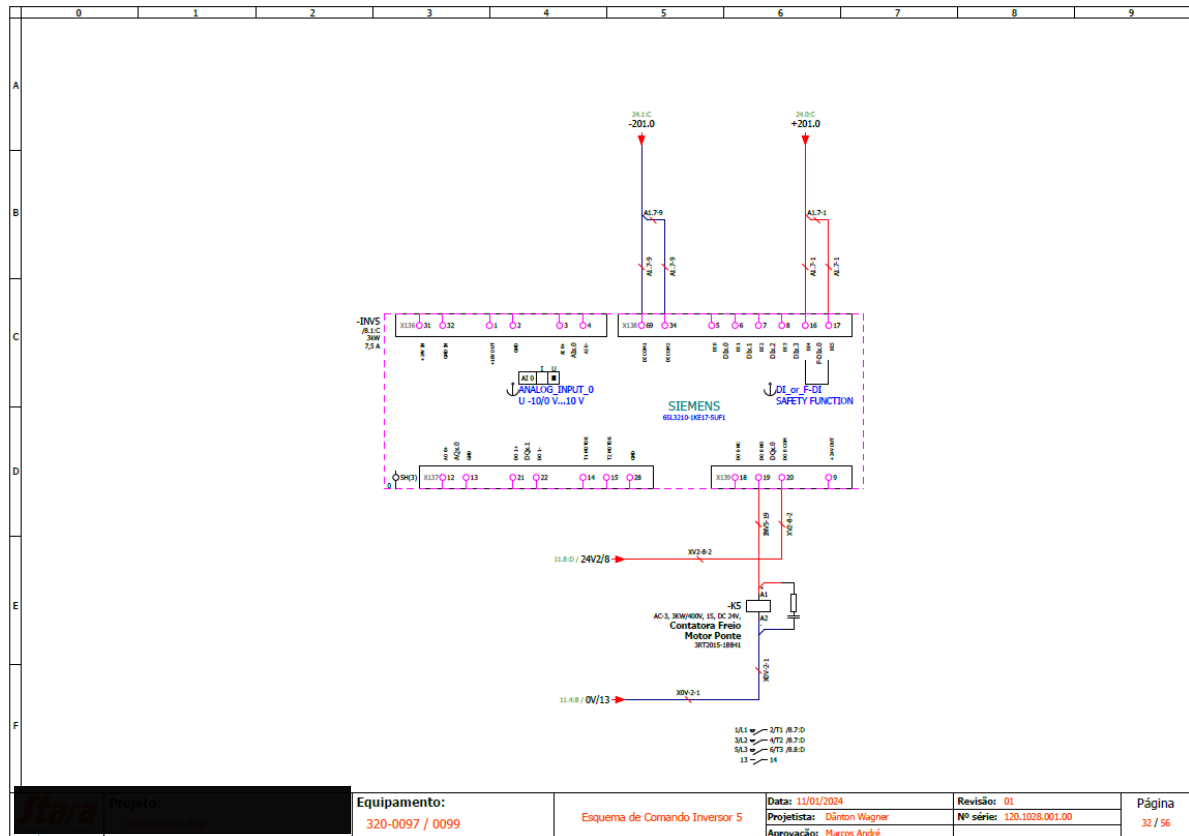
- Potência: 1,5kw
- Rotação: 1710 rpm
- Tensão: 380 V

Com estes dados conhecidos, optou se pelo inversor de código 6SL3210-1KE17-5UF1 da linha G120C da siemens, suas características são as seguintes:

- Potência: 3 kW
- Tensão: 380V – 480V

Na Figura 22 é mostrado o esquema de ligação da parte de controle deste inversor. Nela estão ligados em uma das suas saídas o acionamento da contatora de freio, para que o inversor libere o freio dos motores. É mostrado também a ligação dos cabos que vem da saída segura do CLP, e fazem a liberação de segurança do inversor.

Figura 22 – Esquema de controle projetado para o inversor da translação da ponte



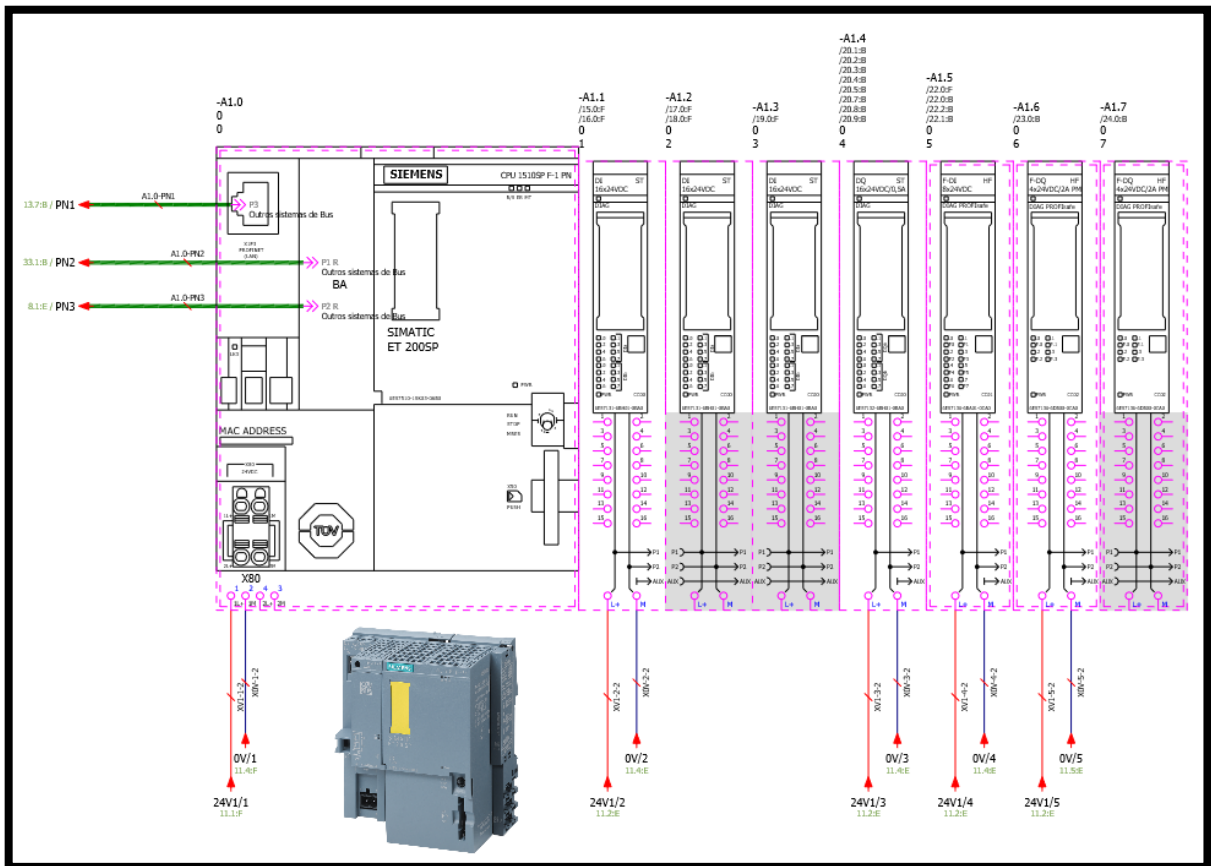
Fonte: O autor (2024)

O CLP utilizado, foi uma CPU1510SP F-1 PN da linha ET200SP da Siemens, de código 6ES7510-1SK03-0AB0. Essa linha de CLPs é modular e adicionam se cartões de expansão conforme necessidade de projeto.

Para o projeto em questão foram necessários 3 cartões de entradas digitais, onde cada cartão conta com 16 entradas, totalizando 48 entradas digitais. Nelas são ligados os comandos dos botões do controle remoto, bem como sensores de final de curso e *feedback* dos disjuntores motores. Foi necessário também 1 cartão de saída digital, com 16 saídas para ligar o sinalizador de falha e operação manual.

Para a parte de segurança foi colocado 1 cartão de entrada segura, que é ligado o botão de emergência do controle remoto e 2 cartões de saída segura, onde cada cartão possui 4 saídas. Estas são utilizadas para liberar a operação segura do inversor através da sua entrada de segurança. A arquitetura de *hardware* do CLP é mostrada através da Figura 23.

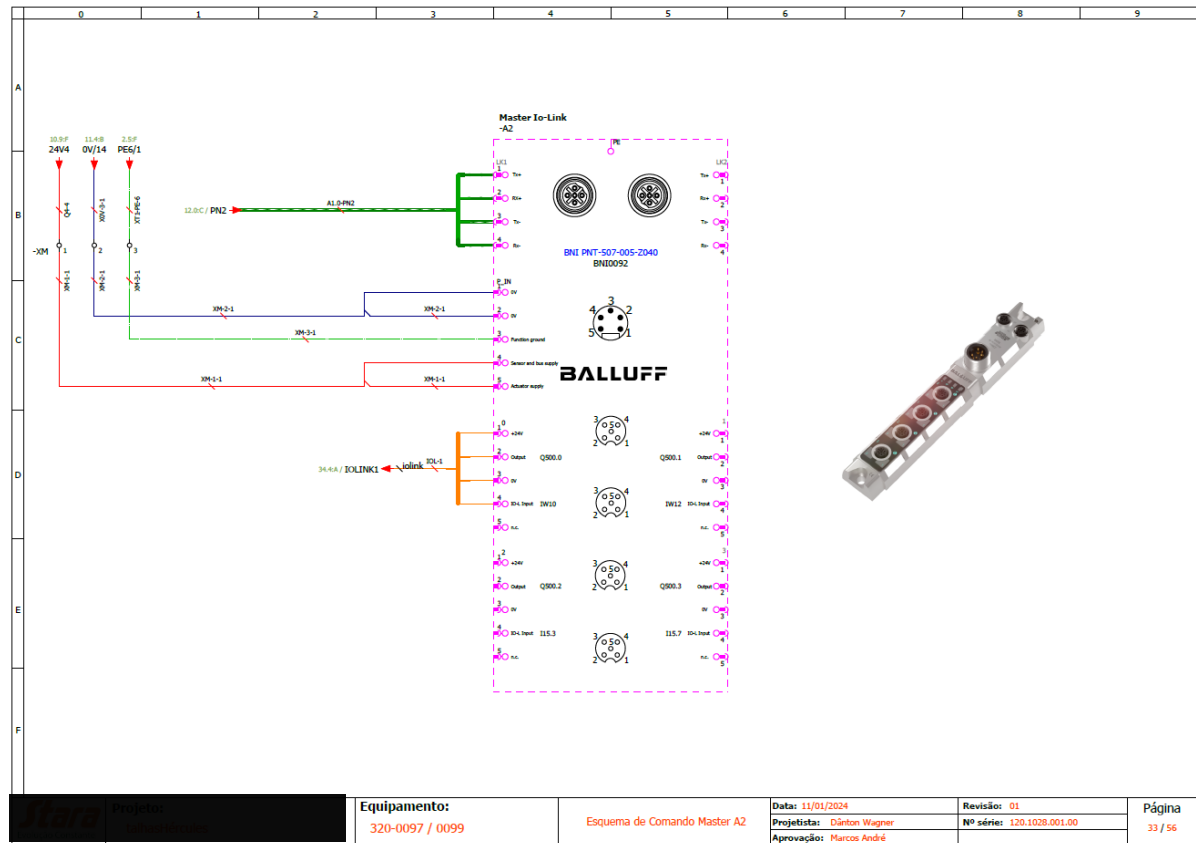
Figura 23 – Arquitetura de hardware do CLP



Fonte: O autor (2024)

Para que fosse possível utilizar o sensor de inclinação JN2201 da fabricante IFM, fez-se necessária a utilização de um Master *PROFINET*, o qual é conectado o sensor *IO-Link* em uma de suas portas através de um cabo 4 vias com conexão M12 padrão. Ele envia para o CLP através de *Profinet* os dados referentes ao sensor conectado. O Master utilizado foi o BNI0092 da balluff, ele é um item de ótimo custo benefício, e de fácil integração, além disso já é aplicado em inúmeros lugares dentro da empresa. Seu esquema de ligação é mostrado através da Figura 24.

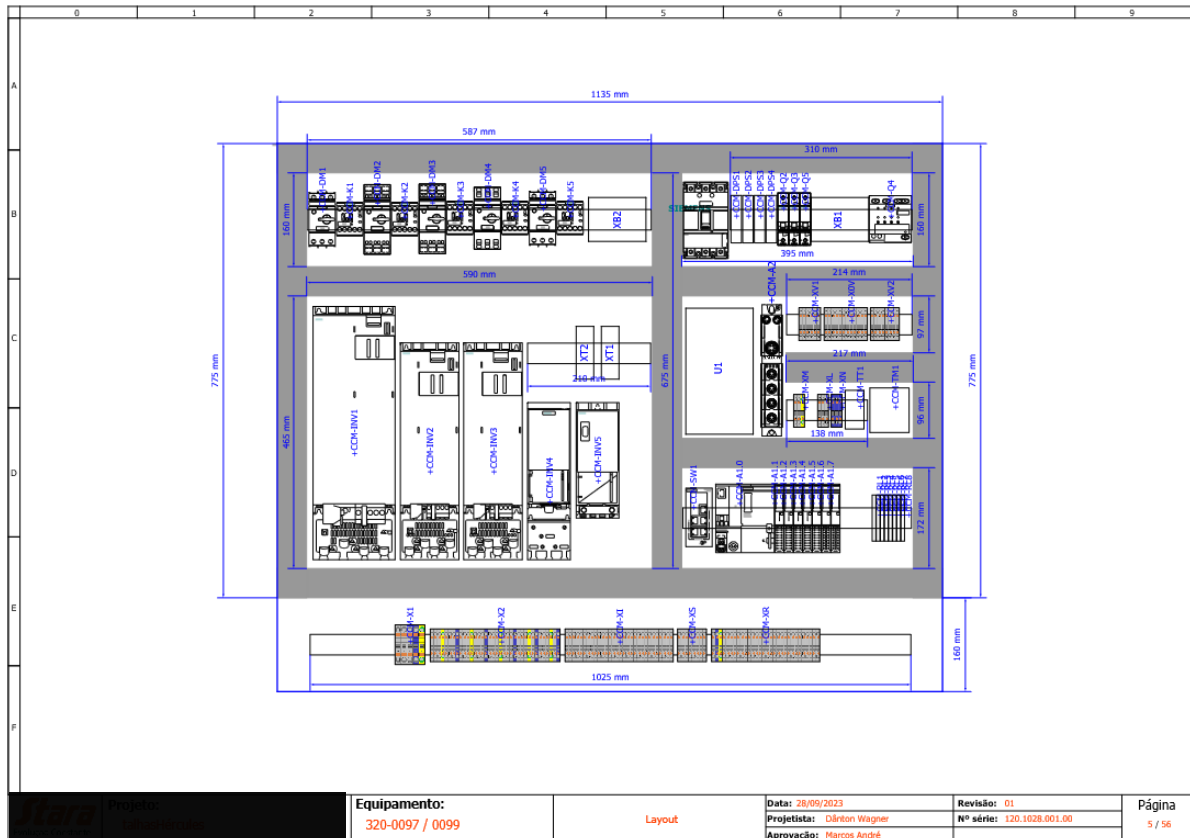
Figura 24 – Esquema de ligação Master Profinet



Fonte: O autor (2024)

Através do *software* é possível fazer uma montagem em 2D do painel elétrico, com a finalidade de ajustar o *layout* e definir o seu tamanho. Isso está representado na Figura 25, que mostra a disposição dos componentes e as principais medidas para facilitar e agilizar na hora da montagem.

Figura 25 – Layout 2D de montagem do painel elétrico



Fonte: O autor (2024)

Percebe-se que para uma perfeita organização do painel elétrico foi necessária uma chapa de montagem nas dimensões de 1135mm de largura e 935mm de altura. Com base nisso, devido as dimensões do painel, já foi possível definir que seria necessário um painel com porta bipartida, para facilitar em manutenções futuras.

### 3.7 LEVANTAMENTO DE MATERIAL E COMPRA DE ITENS

Após a elaboração e aprovação do esquema elétrico, levantou-se se a lista de materiais necessários, onde através do Quadro 10 pode-se verificar os principais componentes com o código e quantidade de cada item.

Quadro 10 – Lista de materiais necessários

DESCRIÇÃO	CÓDIGO	QUANTIDADE
Disjuntor caixa moldada 63A Siemens	3VM11633EE320AA0	1
Mecanismo com Trava para disjuntor	3VM91170FK21	1



DPS 275V 20KA	14295	4
Termostato para painel	TLZ530	1
Bloco de barramento 4P 125A	5ST2502	2
Barramento de terra 80A	SBT10T	2
Disjuntor Motor 3P 10-16A	3RV20214AA20	2
Disjuntor Motor 3P 11-16A	3RV20114AA10	1
Disjuntor Motor 3P 4,5-6,3A	3RV20111GA20	1
Disjuntor Motor 3P 5,5-8A	3RV20111HA10	1
Contato aux para disjuntor motor	3RV29011E	5
Inversor G120 15CV/26A	6SL32101PE227UL0	1
Inversor G120 7,5CV/13,2A	6SL32101PE214UL0	2
Unidade de controle CU250S-2 PN	6SL32460BA221FA0	3
Inversor G120C 3CV/5,6A	6SL32101KE158UF2	1
Inversor G120C 4CV/7,3A	6SL32101KE175UF1	1
Contator 3P 7A/24Vcc	3RT20151BB41	5
Filtro supressor	3RT29161CB00	5
Resistor de Frenagem 75ohm/4kW		2
Resistor de Frenagem 30ohm/6kW		1
Disjuntor Monopolar 6A	5SL3106-7MB	1
Disjuntor Monopolar 10A	5SL6110-7MB	2
Ventilador para painel 220V Tasco	996110	2
Fonte chaveada 24Vcc/10,5A	ABL2REM24100K	1
Disjuntor eletrônico 4 canais	6EP19612BA21	1
CLP et200sp 1510sp	6ES75101SK030AB0	1
Adaptador Profinet para clp	6ES71936AR000AA0	1
Cartão de memória 12MB para clp	6ES79548LE030AA0	1
Base para ET200SP	6ES71936BP000DA0	4
Base para ET200SP	6ES71936BP000BA0	3
Módulo 16 entradas digitais	6ES71316BH010BA0	3
Módulo 16 saídas digitais	6ES71326BH010BA0	1
Módulo 8 entradas seguras	6ES71366BA000CA0	1
Módulo 4 saídas seguras	6ES71366DB000CA0	2
Switch 5 portas	6GK50050BA001AB2	1

Relé de interface	RSL1PVBU	16
Sinaleiro Vermelho 24Vcc	TWLB10L7R	1
Módulo de rede Mestre IO-Link	BNI0092	1
Sensor de inclinação IO-Link	JN2201	1
Quadro de comando 1000x1200x350 mm	BSE0555	1
Conector de passagem 4mm cinza	3211757	200
Conector de passagem 4mm azul	3211760	100
Conector de passagem 4mm vd/am	3211766	50
Controle Remoto Tandem	ALPHA 612C-2S	1
Encoder Incremental 1000ppr	588606121000Z090-C10M	3

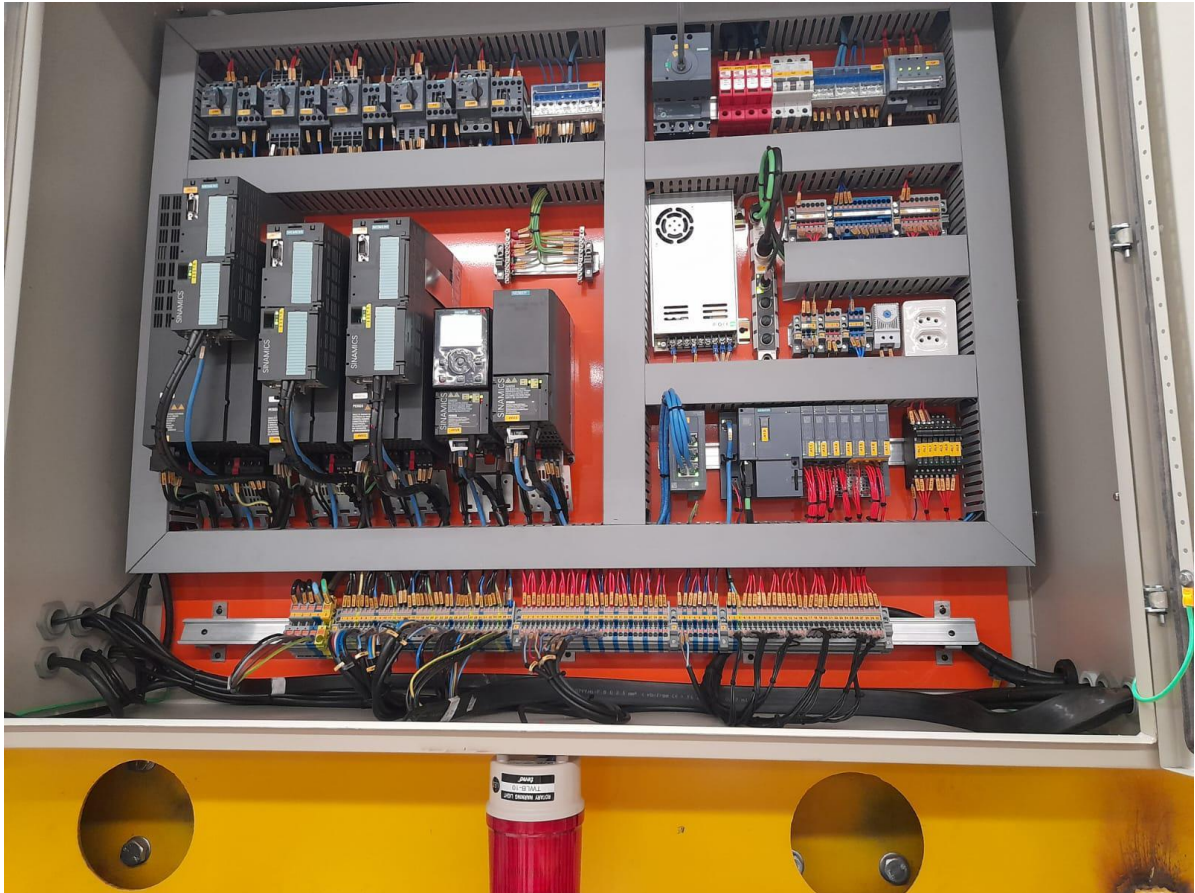
Fonte: O autor (2024)

Por padrão foi feita a solicitação de orçamento para 3 empresas fornecedoras de materiais elétricos, e após o recebimento dos mesmos, feitos alguns pequenos ajustes pontuais a fim de evitar atrasos na entrega do projeto.

### 3.8 MONTAGEM DE PAINÉIS ELÉTRICOS

Com a chegada dos componentes iniciou-se a montagem do painel elétrico. Como já citado anteriormente são dois conjuntos de elevação, desta forma foram montados dois painéis exatamente idênticos. Na Fotografia 6 é mostrado o painel elétrico montado, e se percebe que ele seguiu fielmente o *layout* projetado em 2D no EPLAN, o que tornou a execução muito mais rápida e assertiva.

Fotografia 6 – Vista interna do painel elétrico montado



Fonte: O autor (2024)

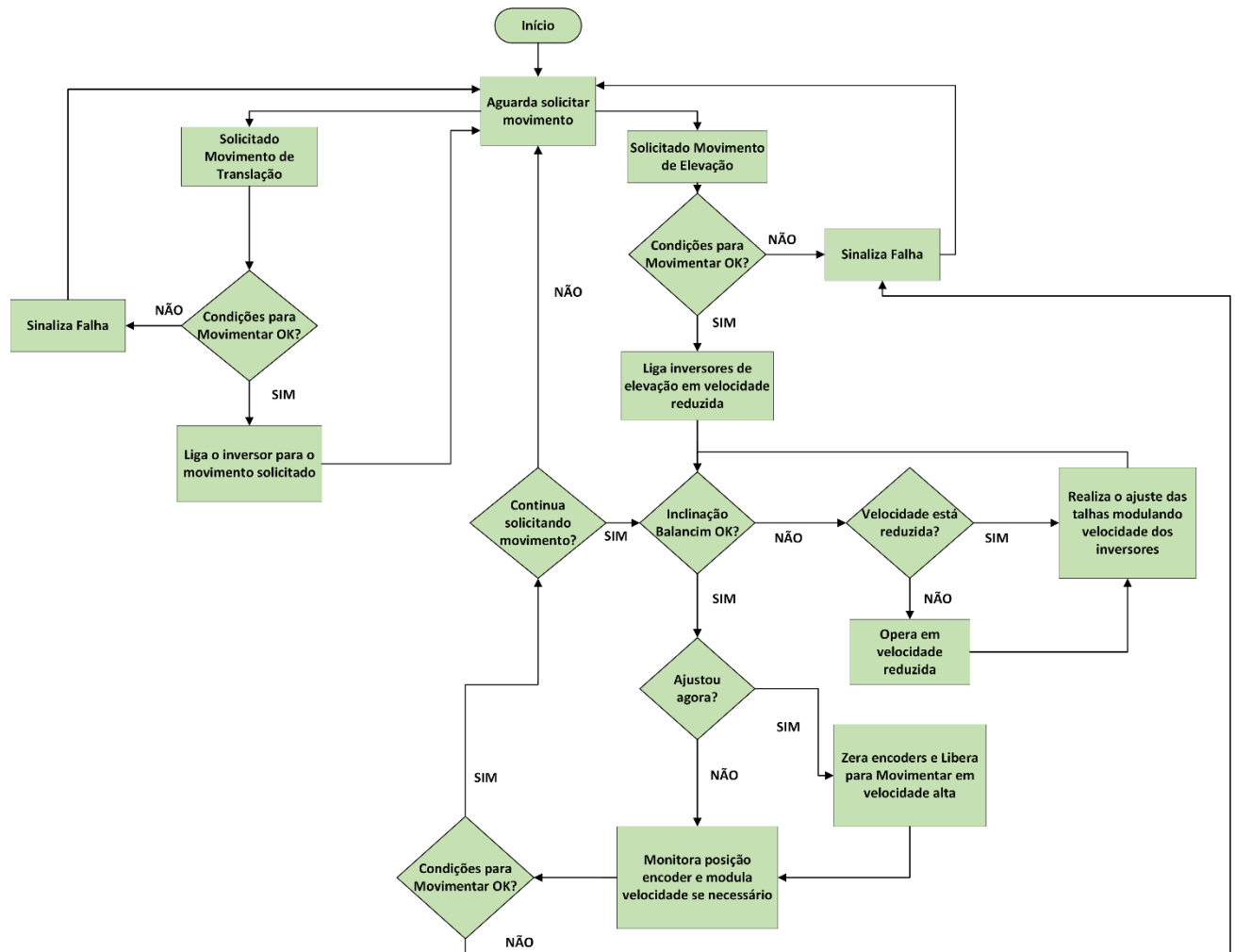
### 3.9 PROGRAMAÇÃO DE CLP

Esta área do trabalho destina-se a apresentar a parametrização do sistema de automação, bem como a sua lógica de funcionamento e trechos da programação desenvolvida.

#### 3.9.1 Elaboração de Fluxograma da Lógica

Visando um melhor entendimento e para facilitar na hora de programar o CLP, foi elaborado um fluxograma que mostra como deve ser o funcionamento da lógica a ser desenvolvida. Esse fluxograma está mostrado na Figura 26.

Figura 26 – Fluxograma da lógica a ser desenvolvida



Fonte: O autor (2024)

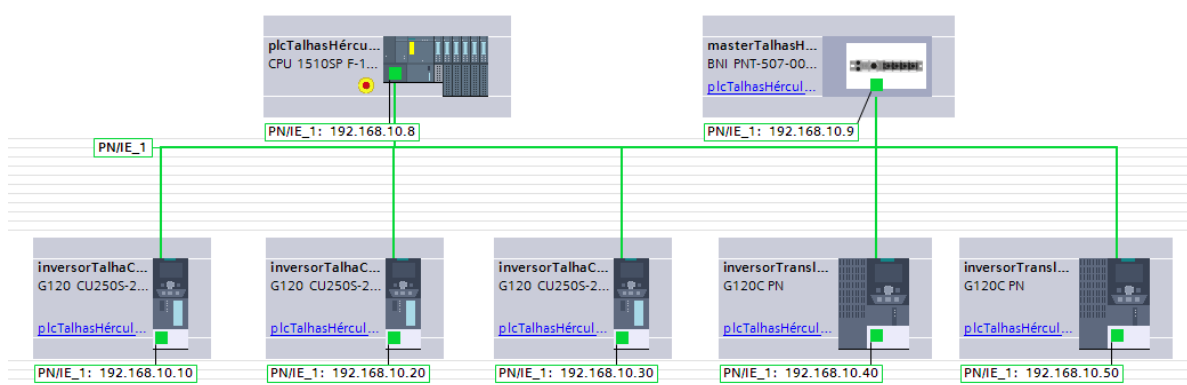
### 3.9.2 Programação

O programa do CLP é responsável pela execução das rotinas do processo e foi desenvolvido utilizando o *software* TIA Portal da Siemens. Inicialmente, é necessária a configuração do *hardware*, seguida pela programação. Para facilitar o entendimento, foram criadas funções que são chamadas no programa conforme necessário. Essas funções segmentam o código em partes mais gerenciáveis e reutilizáveis, contribuindo para uma programação mais organizada e eficiente. Além disso, a utilização do TIA Portal oferece uma interface intuitiva e integrada para o desenvolvimento de projetos de automação, otimizando o processo de programação e configuração do CLP.

### 3.9.2.1 Configuração de hardware

No *software* TIA Portal, primeiro se fez necessário a configuração de *hardware* de todo o sistema de automação. Através da Figura 27 pode-se ver que são adicionados todos os inversores, o CLP e o Mestre *IO-Link*. Entre eles é formado uma rede de comunicação, atribuído um IP, e um nome *PROFINET* para cada dispositivo, desta forma eles se enxergam e trocam informações entre si.

Figura 27 – Arquitetura de Hardware no software TIA Portal



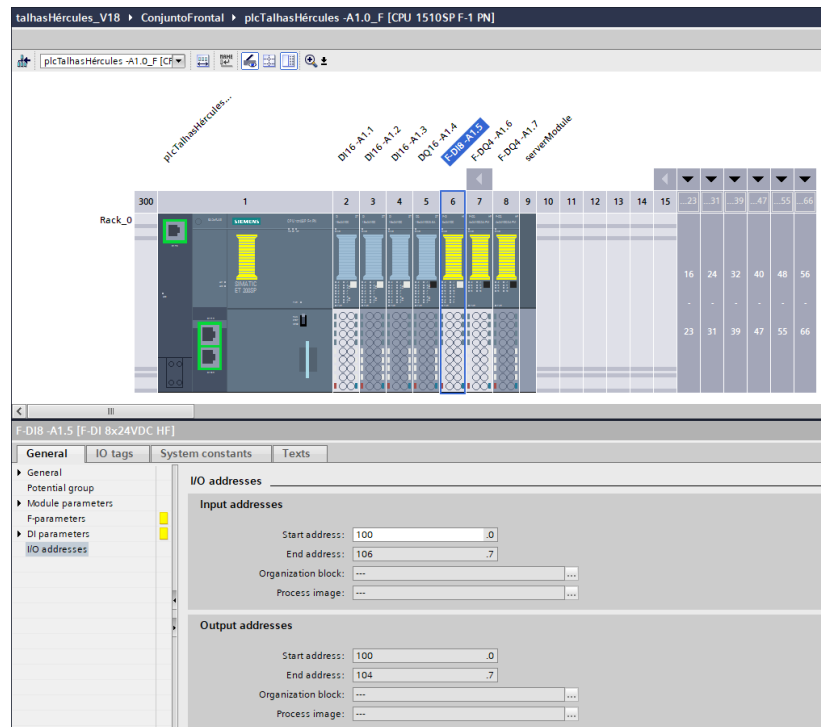
Fonte: O autor (2024)

No CLP são necessárias algumas configurações simples, como adicionar todos os cartões que estão acoplados nele e definir qual o endereço inicial de cada um. Ressaltando que o código do cartão deve estar exatamente igual ao cartão físico, para que este seja reconhecido. Foram adicionados os seguintes cartões:

- 3 cartões DI 16x24VDC ST;
- 1 cartão DQ 16x24VDC/0.5A ST;
- 1 cartão F-DI 8x24VDC HF;
- 2 cartões F-DQ 4x24VDC/2A PM HF.

Essa configuração pode ser observada na Figura 28.

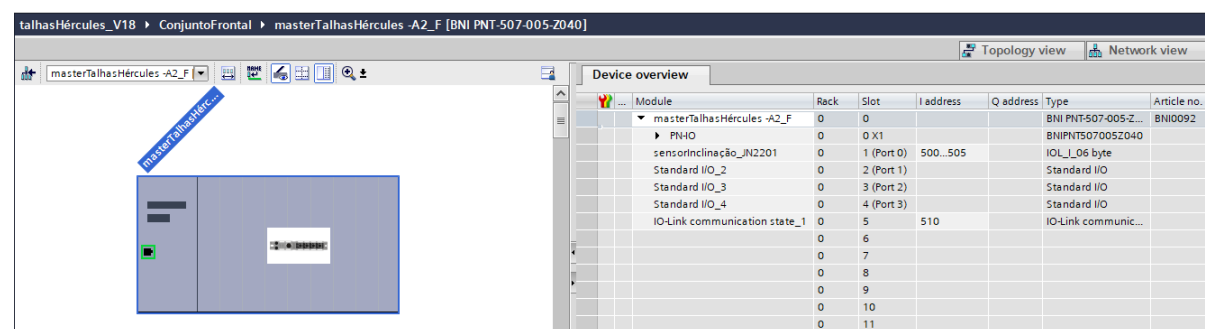
Figura 28 – Configuração CLP no software TIA Portal



Fonte: O autor (2024)

No Mestre *IO-Link* que está ilustrado na Figura 29, foi configurado a porta 0 em que está ligado o sensor de inclinação, e adicionado o endereço de status da comunicação com o dispositivo.

Figura 29 – Configuração Mestre IO-Link no software TIA Portal



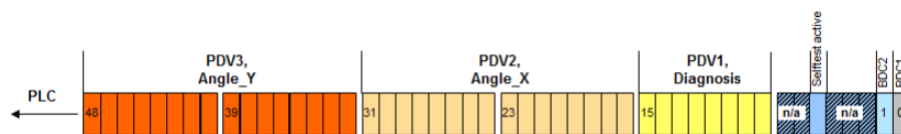
Fonte: O autor (2024)

Para ser possível configurar a porta em que o sensor será ligado, é necessária a informação de quantos *bytes* é a comunicação *IO-Link* do sensor em questão. Essa informação é encontrada no manual do fabricante, e para o Sensor JN2201 são 6 *bytes* de entrada como mostrado na Figura 30.

Figura 30 – Comunicação IO-Link sensor JN2201

**Dados do processo** Comprimento total de bits = 48  
(Entrada de dados do processo)

Nome	Descrição	Tipo de dados	Offset de bits	Comprimento de bits	Faixa de valores	Gradiente	Offset	Unidade
Ângulo Y	Ângulo atual eixo Y	IntegerT	32	16	-32768 to 32767	0.01	0	°
Ângulo X	Ângulo atual eixo X	IntegerT	16	16	-32768 to 32767	0.01	0	°
Diagnóstico	Estado atual do aparelho, uma cópia da variável [Estado do aparelho] no canal de dados do processo	UIntegerT	8	8	0 to 4			
Selftest running	Estado atual [Selftest]	BooleanT	5		(false) inativo (true) ativo			
OUT2	Estado dependente de [OU2]	BooleanT	1		(false) inativo (true) ativo			
OUT1	Estado dependente de [OU1]	BooleanT	0		(false) inativo (true) ativo			



Fonte: < [https://www.ifm.com/download/files/ifm-JN2201-20170802-IODD11-pt/\\$file/ifm-JN2201-20170802-IODD11-pt.pdf](https://www.ifm.com/download/files/ifm-JN2201-20170802-IODD11-pt/$file/ifm-JN2201-20170802-IODD11-pt.pdf) > Acesso em: 27 maio 2024.

A declaração das variáveis do sensor de inclinação no CLP pode ser visualizada através da Figura 31.

Figura 31 – Declaração variáveis sensor de inclinação JN2201

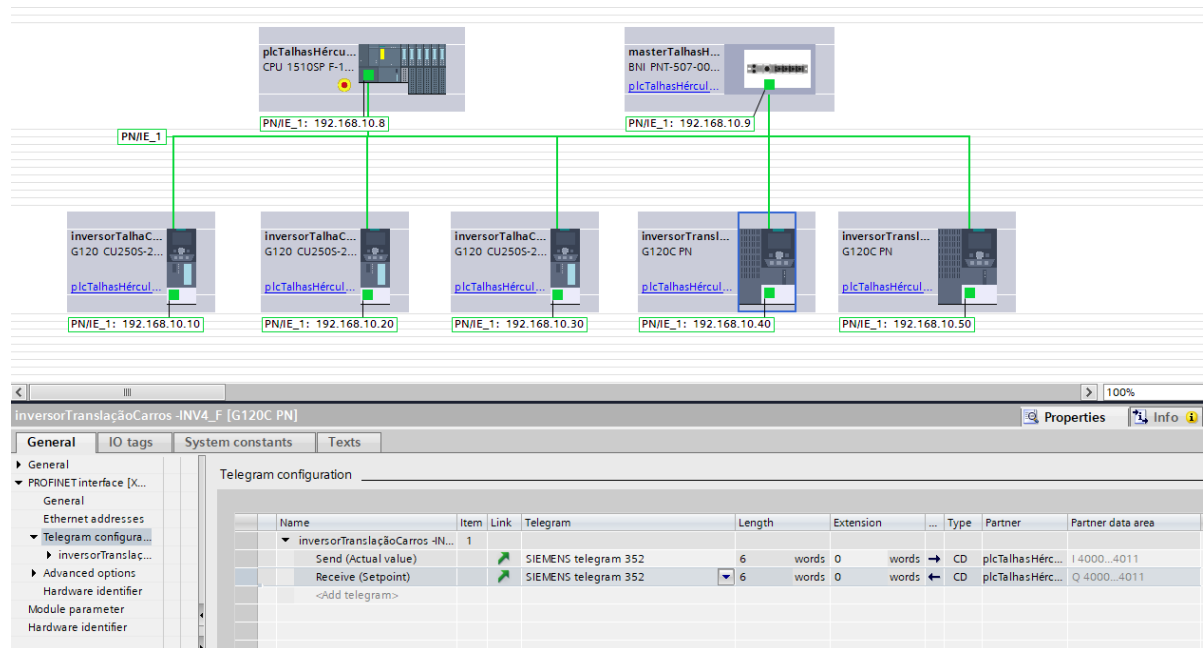
talhasHércules\_V18 ▶ ConjuntoFrontal ▶ plcTalhasHércules -A1.0\_F [CPU 1510SP F-1 PN] ▶ PLC tags ▶ -A2 ▶ master [2]

master									
Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Com	
1	JN2201	*type:JN2201*	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	ânguloEixoY	Int	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	ânguloEixoX	Int	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	diagnóstico	Byte	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
5	status Comunicação IO-Link JN2201	Bool	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
6	<Add new>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

Fonte: O autor (2024)

Para os Inversores é necessário configurar o telegrama que ele vai utilizar para se comunicar com o CLP, sendo que a Siemens já possui alguns por padrão. Para os dois inversores das translações, por ser algo relativamente simples, o telegrama utilizado foi o 352, que possui 6 words de envio e 6 words de recepção, conforme pode ser visto na Figura 32.

Figura 32 – Telegrama configurado nos inversores das translações



Fonte: O autor (2024)

As variáveis que o inversor envia para o CLP através do telegrama 352, são as seguintes:

- *Word* com *bits* de status;
- Velocidade Atual do motor;
- Corrente Atual do motor;
- Torque Atual do motor;
- Alarme ativo;
- Falha ativa.

Já as variáveis que o inversor recebe do CLP através do telegrama 352, são as seguintes:

- *Word* com *bits* de controle;
- *Setpoint* de velocidade desejada;
- Reserva;
- Reserva;
- Reserva;
- Reserva.

A declaração dessas variáveis no CLP pode ser visualizada na Figura 33.



Figura 33 – Declaração variáveis inversor da translação dos carros

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
1	inInv4	*typeInDrive352Telegram*	%I4000.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Iw_statusWord	Int	%IW4000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Iw_velocidadeAtual	Int	%IW4002		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Iw_correnteAtual	Int	%IW4004		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Iw_torqueAtual	Int	%IW4006		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Iw_alarmeAtual	Int	%IW4008		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	Iw_falhaAtual	Int	%IW4010		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	outInv4	*typeOutDrive352Telegram*	%Q4000.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Qw_controlWord	Int	%QW4000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Qw_setpointVelocidade	Int	%QW4002		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Fonte: O autor (2024)

Porém, para os inversores de elevação, como são necessárias também informações referentes ao encoder, optou-se pela utilização do telegrama livre, onde o usuário define quantas serão as *words* de envio e de recebimento, e quais serão as variáveis utilizadas. Foram necessárias 14 *words* que o Inversor envia para o CLP:

- *Word* com *bits* de status;
- Velocidade Atual do motor;
- Corrente Atual do motor;
- Torque Atual do motor;
- Falha Ativa;
- Alarme Ativo;
- *Word* com *bits* de status do encoder;
- *Double Word* de posição do encoder;
- *Double Word* de posição do encoder;
- Fator de potência atual.

Já as variáveis que o CLP envia para o Inversor foram necessárias 6 *words*, e são as seguintes:

- *Word* com *bits* de controle;
- *Setpoint* de velocidade desejada;
- *Word* de controle do encoder;
- Reserva;
- Reserva;
- Reserva.

A declaração dessas variáveis no CLP pode ser vista na Figura 34.

Figura 34 – Declaração variáveis do inversor da talha de cabo de aço

talhaCabo								
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision
1	inInv1	*typeInDriveFreeTelegram*	%I1000.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	lw_statusWord	Int	%IW1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	lw_velocidadeAtual	Int	%IW1002		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	lw_correnteAtual	Int	%IW1004		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	lw_torqueAtual	Int	%IW1006		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	lw_falhaAtual	Int	%IW1008		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	lw_alarmeAtual	Int	%IW1010		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	lw_statusEncoder	Int	%IW1012		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Id_xist1	DInt	%ID1014		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Id_xist2	DInt	%ID1018		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	lw_fatorPotencia	Int	%IW1022		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	outInv1	*typeOutDriveFreeTelegram*	%Q1000.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Qw_controlWord	Int	%QW1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Qw_setpointVelocidade	Int	%QW1002		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Qw_setpointEncoder	Int	%QW1004		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fonte: O autor (2024)

Com a configuração de *hardware* de todos os dispositivos de automação concluída, pode-se dar início ao desenvolvimento das rotinas do programa, cujo funcionamento é baseado no Fluxograma da lógica já apresentado.

### 3.9.2.2 Rotina das translações

A rotina das translações foi basicamente dividida em duas funções. A primeira verifica o status das finais de curso se necessário, do botão de emergência, *feedback* do disjuntor motor, e monitora quando um botão das translações é pressionado, se as condições forem satisfeitas ela liga um *bit* liberando a movimentação para o sentido solicitado, e outro *bit* que indica se é para movimentar em velocidade alta ou baixa, e caso alguma condição não for satisfeita liga um *bit* de falha, essa função é mostrada no Apêndice A.

Já a segunda função, recebe esses sinais da primeira e monta as *words* de controle e de velocidade para enviar ao inversor. Essa função também recebe as informações do inversor, faz as conversões necessárias, e disponibiliza em saídas os valores reais de corrente, torque e velocidade do motor, para caso seja necessário utilizar em outras regiões do programa. Mais detalhes dessa função estão mostrados no Apêndice B.

Estas são funções chamadas reutilizáveis o que permite que sejam chamadas mais de uma vez no mesmo programa. Com isso, tanto para a translação dos carros quanto para a

translação da ponte, as funções são exatamente as mesmas, porém, chamadas em pontos diferentes do programa e com variáveis de entrada, saída e parâmetros distintos.

Na Figura 35 está ilustrado a chamada das duas funções que fazem o controle da translação dos carros.

Figura 35 – Chamada funções de controle dos carros

```

Network 1: ***** TRANSLAÇÃO CARROS *****
Comment
1 REGION TRANSLAÇÃO DOS CARROS
2
3 // Chamada da Função
4 "IDB_movimentaçãoCarros"(IQudt_movimentação:="IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação);
5
6 // Entradas
7 //
8 //***** COMANDOS *****
9 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Comandos._btAvança := "inPlc".Ix_btDireitaCarros;
10 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Comandos._btRecua := "inPlc".Ix_btEsquerdaCarros;
11 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Comandos._btRápido := "inPlc".Ix_btRápidoCarros;
12 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Comandos._reset := TRUE; // Colocar o bit de reset se desejado
13 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Comandos._bloqueio := "IDB_manual".manual; // Se em manual, não opera as translações
14 //***** STATUS *****
15 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Status._emergência := "Main_Safety_RTGI_DB".emergênciaOk;
16 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Status._djMotor := "inPlc".Ix_feedbackDisjuntorMotor4;
17 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Status._fcAvançado := FALSE; //Se tiver FC, colocar o bit aqui
18 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Entradas.Status._fcRecuado := FALSE; //Se tiver FC, colocar o bit aqui
19
20 // Parâmetros
21 "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Parâmetros._resetAuto := TRUE;
22
23 END_REGION
24
25 REGION INVERSOR DA TRANSLAÇÃO DOS CARROS
26
27 // Chamada da Função
28 "IDB_inversorCarros"(Iudt_telegrama:="inInv4",
29 Qudt_telegrama=>"outInv4",
30 IQudt_inversor:="IDB_inversorCarros".Iudt_inversor);
31
32 // Comandos
33 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Comandos._avança := "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Saídas._avança;
34 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Comandos._recua := "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Saídas._recua;
35 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Comandos._rápido := "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Saídas._rápido;
36 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Comandos._para := "Main_Safety_RTGI_DB".emergênciaPressionada OR
37 (NOT "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Saídas._avança AND
38 NOT "IDB_movimentaçãoCarros".Iudt_movimentação.Saídas._recua);
39 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Comandos._reset := "inPlc".Ix_btAux4 AND "inPlc".Ix_btAux2; // Reset de falha do inversor
40
41 // Parâmetros
42 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Parâmetros._fatorRpm := (16384.0 / (INT_TO_REAL("IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Parâmetros._rpmReferência) * 10.0));
43 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Parâmetros._correnteF305 := 5.0; // Soma das correntes dos dois motores
44 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Parâmetros._rpmReferência := 1730; // rpm nominal dos motores
45 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Parâmetros._rpmAlta := 1730;
46 "IDB_inversorCarros".Iudt_inversor.Parâmetros._rpmBaixa := 870;
47
48 END_REGION

```

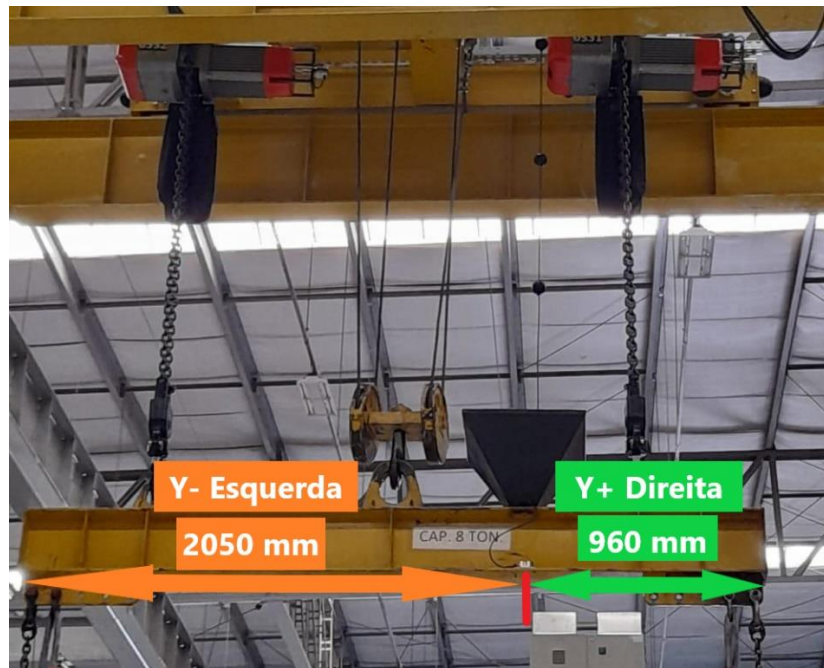
Fonte: O autor (2024)

### 3.9.2.3 Rotina da inclinação do balancim

O sensor JN2201 traz o valor da inclinação no eixo x em uma *word* e o valor da inclinação em y em outra *word*. Para obter o valor real dos ângulos em graus, basta multiplicar o valor lido pelo gradiente 0,01. Esta é a primeira ação executada na função de inclinação do balancim que é mostrada no Apêndice C.

A posição de instalação do sensor e a distância em que ele está fixado em relação as extremidades do balancim, estão mostradas na Fotografia 7.

Fotografia 7 – Posição de fixação do sensor de inclinação



Fonte: O autor (2024)

Agora, já com os valores reais da inclinação em graus, e a distância do ponto de medição até as extremidades do balancim conhecidos, deseja-se saber quanto um lado está mais baixo em milímetros (mm) do que se o balancim estivesse nivelado. Para isso foram feitos alguns cálculos com a finalidade de se obter esse valor.

Por trigonometria temos que:

$$\tan \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} \quad (1)$$

Como é desejado saber o valor do cateto oposto, e já é conhecido o valor do ângulo e o valor do cateto adjacente deduz-se o seguinte:

$$\text{cateto oposto} = \tan \theta \times \text{cateto adjacente} \quad (2)$$

De modo que o TIA Portal executa os cálculos em radianos e o valor do ângulo está em graus, tem-se a seguinte equação:

$$\text{cateto oposto} = \left( \tan \left( \theta \times \frac{\pi}{180} \right) \right) \times \text{cateto adjacente} \quad (3)$$

Para a aplicação em questão, é necessário monitorar apenas um dos eixos, pois se deseja saber apenas se um dos lados está mais baixo que o outro e identificar qual é este lado. Porém, como uma boa prática recomendada em programação é criar funções reutilizáveis que possam ser aplicadas em outros projetos, todos os cálculos são realizados para ambos os eixos. Isso proporciona flexibilidade e facilidade de adaptação para futuras aplicações que possam exigir o monitoramento de ambos os eixos.

Com o valor da inclinação em milímetros já calculada, são realizadas algumas comparações com a finalidade de indicar se um dos lados está mais baixo, utilizando uma tolerância a ser definida em testes práticos. Na saída da função tem-se uma variável do tipo *int* que indica como está a inclinação, sendo que seus valores são o seguinte:

- 1 = Lado direito está mais baixo que a tolerância permitida.
- 2 = Lado esquerdo está mais baixo que a tolerância permitida.
- 3 = Balancim travessão nivelado dentro da tolerância permitida.

Essa variável é utilizada em outras regiões do programa para definir se uma talha deve acelerar ou diminuir a sua velocidade durante a operação.

A função também verifica se a comunicação com o sensor está conforme e indica falha caso não esteja, além de outros diagnósticos do sensor, que são igualmente importantes, pois indicam que seu funcionamento está de acordo com o esperado. A chamada da função com seus devidos parâmetros está mostrada na Figura 36.

Figura 36 – Chamada da função de inclinação do balancim travessão

```

Network 2: Chama a função que analisa a inclinação do balancim
Comment
1 REGION Análise da inclinação DO balancim
2
3 "IDB_inclinação"(Iudt_sensor := "JN2201",
4   inComunicaçãoIoLink := "statusComunicaçãoIoLinkJN2201",
5   IQudt_inclinação := "IDB_inclinação".Iudt_inclinação);
6
7 // Parâmetros
8 //
9 "IDB_inclinação".Iudt_inclinação.Parâmetros."tolerânciaInclinação+" := 10.0; //Colocar a máxima medida em mm que o balancim pode inclinar
10 "IDB_inclinação".Iudt_inclinação.Parâmetros."tolerânciaInclinação-" := -10.0; //Colocar a máxima medida em mm que o balancim pode inclinar
11
12 "IDB_inclinação".Iudt_inclinação.Parâmetros."centroX+" := 35.0; //Colocar a distancia do centro do sensor até a ponta do balancim no sentido Y+
13 "IDB_inclinação".Iudt_inclinação.Parâmetros."centroX-" := 130.0; //Colocar a distancia do centro do sensor até a ponta do balancim no sentido X-
14 "IDB_inclinação".Iudt_inclinação.Parâmetros."centroY+" := 960.0; //Colocar a distancia do centro do sensor até a ponta do balancim no sentido Y+
15 "IDB_inclinação".Iudt_inclinação.Parâmetros."centroY-" := 2050.0; //Colocar a distancia do centro do sensor até a ponta do balancim no sentido Y-
16
17 END_REGION
18

```

Fonte: O autor (2024)

### 3.9.2.4 Rotina geral de elevação

Essa função do programa destina-se principalmente a alternar o valor do *setpoint* de velocidade dos inversores das talhas de corrente de acordo com a inclinação do balancim

travessão e o deslocamento medido por meio de cada encoder instalado nos motores. Além disso, ela envia o comando de subida ou descida para as funções de controle dos três inversores de elevação. Este processo de ajuste dinâmico da velocidade de acordo com a inclinação do balancim e o deslocamento dos motores contribui para um controle preciso e eficiente da operação de elevação das cargas.

A função verifica constantemente as principais condições para que o conjunto funcione, são elas:

- Status do botão de emergência;
- Condição de falha em um dos três inversores;
- Condição de inversor pronto para operar;
- Comunicação e status do sensor de inclinação;
- *Feedback* dos disjuntores motores dos três inversores;
- Final de curso Superior e Inferior das três talhas.

Se todas essas condições forem satisfeitas o conjunto está apto a subir ou descer quando solicitado. No caso de um final de curso superior ser acionado, apenas o movimento de subida é bloqueado; se um final de curso inferior for acionado, apenas o movimento de descida é bloqueado. Ambos os finais de curso não podem ser acionados simultaneamente; caso isso ocorra, um alerta de falha é emitido. Se uma das outras condições não for satisfeita, o sistema detecta uma falha e não libera o movimento para subir ou descer.

Quando um movimento de Sobe ou Desce é solicitado através do controle remoto e as condições acima forem satisfeitas, o sistema começa a movimentar em velocidade reduzida e verifica a inclinação do balancim, caso esteja com a talha da esquerda mais baixa executa a seguinte ação:

- No movimento de subir, vai diminuindo gradualmente a velocidade da talha da direita, até que o balancim fique nivelado;
- No movimento de descer, vai diminuindo gradualmente a velocidade da talha da esquerda, até que o balancim fique nivelado.

Caso a talha da direita esteja mais baixa, executa a seguinte ação:

- No movimento de subir, vai diminuindo gradualmente a velocidade da talha da esquerda, até que o balancim fique nivelado;
- No movimento de descer, vai diminuindo gradualmente a velocidade da talha da direita, até que o balancim fique nivelado.

Quando o balancim estiver nivelado dentro da tolerância permitida, as talhas dão uma rápida parada menor do que 1 segundo, apenas para o operador ver que o sistema está nivelado. Nesse momento, a posição lida dos encoders é zerada para que o sistema passe a monitorar o deslocamento das talhas de corrente, além da inclinação do balancim.

Caso o operador continue pressionando apenas o primeiro estágio do botão do controle, a operação segue o deslocamento em velocidade baixa e caso ele esteja pressionando o botão até o segundo estágio o sistema começa a operar em velocidade alta.

A partir desse momento em todo ciclo de varredura do CLP, ele verifica quanto cada talha de corrente deslocou, através do valor da posição do encoder que o inversor envia para o CLP. Caso uma das talhas comece a deslocar mais que a outra, e o sistema permanecer nivelado dentro da tolerância permitida, o *setpoint* de velocidade da que estiver deslocando mais é diminuído gradualmente, até que o deslocamento de ambas permaneça novamente similar.

Se em algum momento a inclinação do balancim sair fora do permitido, a velocidade de movimentação é reduzida e o processo de ajuste repete o já executado anteriormente.

Estes *setpoint* de velocidade e os *bits* de comando para os inversores, são disponibilizados em variáveis de saída da função e são utilizados nas chamadas das funções de controle dos inversores da elevação.

#### 3.9.2.5 Rotina talha de corrente esquerda e direita

Essa função recebe os sinais provenientes da rotina geral de elevação, monta a *word* de controle do inversor e a de controle do encoder, bem como a de velocidade para enviar ao inversor. Essa função também recebe as informações do inversor, faz as conversões necessárias, e disponibiliza em saídas os valores reais de corrente, torque, velocidade e posição do motor, para caso seja necessário utilizar em outras regiões do programa. Como exemplo, a posição do encoder é utilizada na função geral de elevação.

Na Figura 37 pode-se ver a chamada da função que faz o controle da talha de corrente do lado esquerdo.

Figura 37 – Chamada da função de controle do inversor da talha de corrente esquerda

```

Network 3: Chama função que controla a talha.
Comment
1 // Parâmetros
2 "db_talha_esquerda".Driver."Parâmetro do Driver"."Reference speed" := 1650;
3 "db_talha_esquerda".Driver."Parâmetro do Driver"."Reference torque" := 41.67;
4 "db_talha_esquerda".Driver."Parâmetro do Driver"."Reference current" := 13;
5
6 // Leitura Inversor
7 "db_talha_esquerda".Driver."Leitura<< Driver".Status := "inInv2".Iw_statusWord;
8 "db_talha_esquerda".Driver."Leitura<< Driver"."Speed Atual" := "inInv2".Iw_velocidadeAtual;
9 "db_talha_esquerda".Driver."Leitura<< Driver"."Torque Atual" := "inInv2".Iw_torqueAtual;
10 "db_talha_esquerda".Driver."Leitura<< Driver"."Corrente Atual" := "inInv2".Iw_correnteAtual;
11 "db_talha_esquerda".Driver."Leitura<< Driver"."Falha Atual" := "inInv2".Iw_falhaAtual;
12 "db_talha_esquerda".Driver."Leitura<< Driver"."Encoder Gn_XIST1" := "inInv2".Id_xist1;
13
14 // Chama função idb_controle_driver_dir
15 □ "IDB_controleDriveEsquerdo"(Inverter:= FALSE,
16 |                               "UDT Driver":="db_talha_esquerda".Driver,
17 |                               UDT:="db_talha_esquerda".Elevação);
18
19 // Comando para o driver
20 "outInv2".Qw_controlWord := "db_talha_esquerda".Driver."Escrita>> Driver".Comandos;
21
22 // Setpoint para o driver
23 "outInv2".Qw_setpointVelocidade := "db_talha_esquerda".Driver."Escrita>> Driver".Setpoint;
24
25 "db_talha_esquerda".Elevação.Saidas."Out Velocit" := "db_talha_esquerda".force_setpoint;

```

Fonte: O autor (2024)

### 3.9.2.6 Rotina talha de cabo de aço

A rotina da talha de cabo de aço é basicamente dividida em duas funções. A primeira, verifica o status do sistema de nivelamento da talha de segurança, e diminui ou aumenta o *setpoint* de velocidade que será enviado ao inversor da talha de cabo de aço, conforme a ação solicitada, esticar ou soltar. O funcionamento desse sistema de nivelamento será explanado mais à frente.

Essa função é mostrada no Apêndice D e sua chamada no programa está representada na Figura 38.

Figura 38 – Chamada da função de controle da velocidade da talha de cabo

```

Network 5: Controle de velocidade e ação da talha.
Comment
1 □ "IDB_controleVelocidadeCabo"(sn_cima:="inPlc".Ix_snSupPinoTalha,
2 |                               sn_baixo:="inPlc".Ix_snInfPinoTalha,
3 |                               in_velocit:="db_talha_cabo_aço".force_setpoint,
4 |                               sobe:="db_talha_cabo_aço".force_sobe,
5 |                               desce:="db_talha_cabo_aço".force_desce,
6 |                               manual:="IDB_manual".manual);
7

```

Fonte: O autor (2024)



Já a segunda função é a mesma que é utilizada na rotina da talha de corrente esquerda e direita, para fazer o controle do inversor.

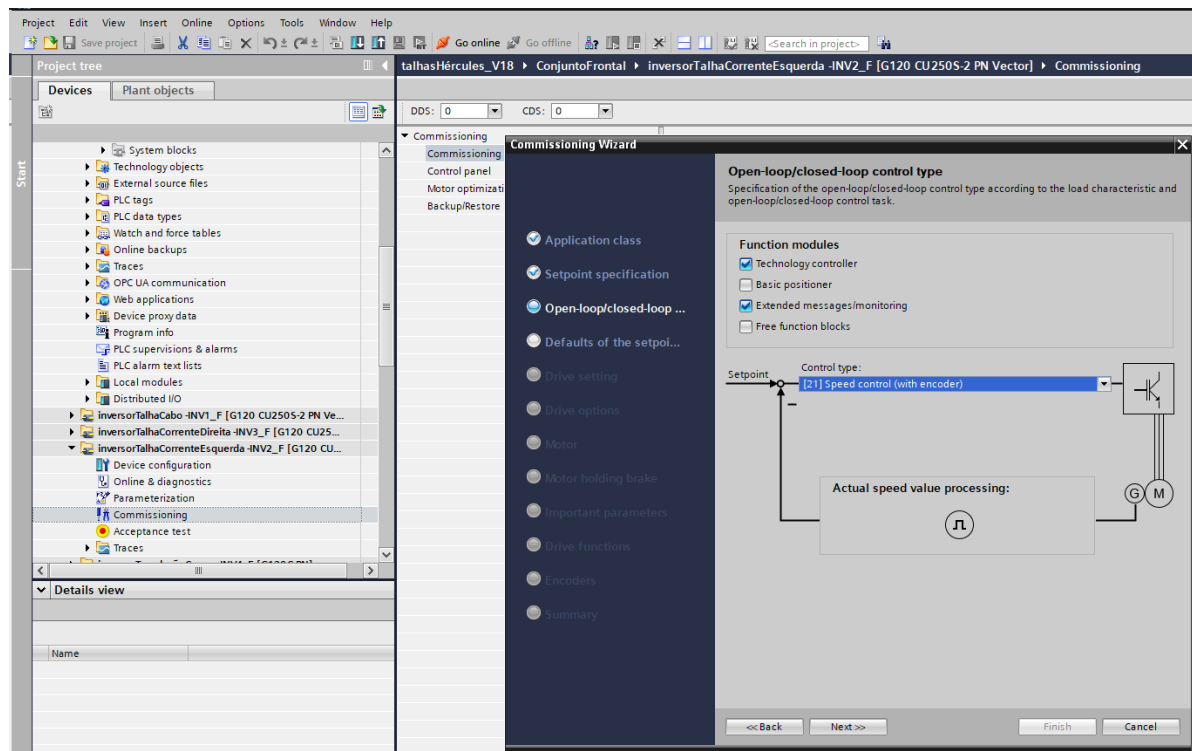
### 3.10 COMISSIONAMENTO DOS INVERSORES

A parte de comissionamento dos inversores é basicamente a parametrização dele, onde são inseridos o tipo de controle, dados de placa do motor, rampas de aceleração e desaceleração, funções das entradas e saídas dele, se o seu acionamento será por algum tipo de protocolo de comunicação, entre vários outros.

Para os inversores Siemens, existe uma interface de comissionamento bem intuitiva que é dentro do próprio TIA Portal, sendo que ela vai passo a passo solicitando as principais informações. Ao finalizar esse comissionamento tem-se acesso a todos os parâmetros do inversor que podem ser ajustados conforme necessidade da aplicação.

Para os 3 inversores de elevação, o tipo de controle selecionado foi o Controle de velocidade com encoder, que é a malha fechada de velocidade e isso pode ser visualizado na Figura 39.

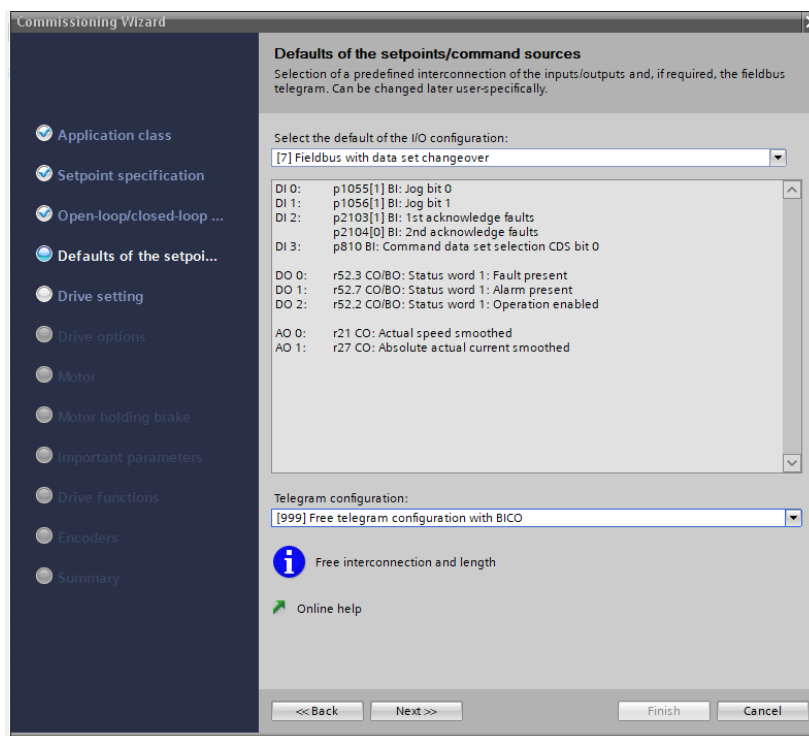
Figura 39 – Tipo de Controle para os Inversores dos motores de elevação



Fonte: O autor (2024)

Após selecionar o tipo de controle é necessário informar como serão enviados os comandos para o inversor. No projeto, todos os inversores recebem os comandos através do protocolo *Profinet* e nessa etapa também deve-se selecionar qual o telegrama que será utilizado para trocar informações com o CLP, que para o caso dos inversores de elevação foi utilizado o telegrama 999, e para os inversores das translações é utilizado o telegrama 352. A Figura 40 mostra essa configuração utilizando o telegrama 999 que foi utilizado nos inversores de elevação.

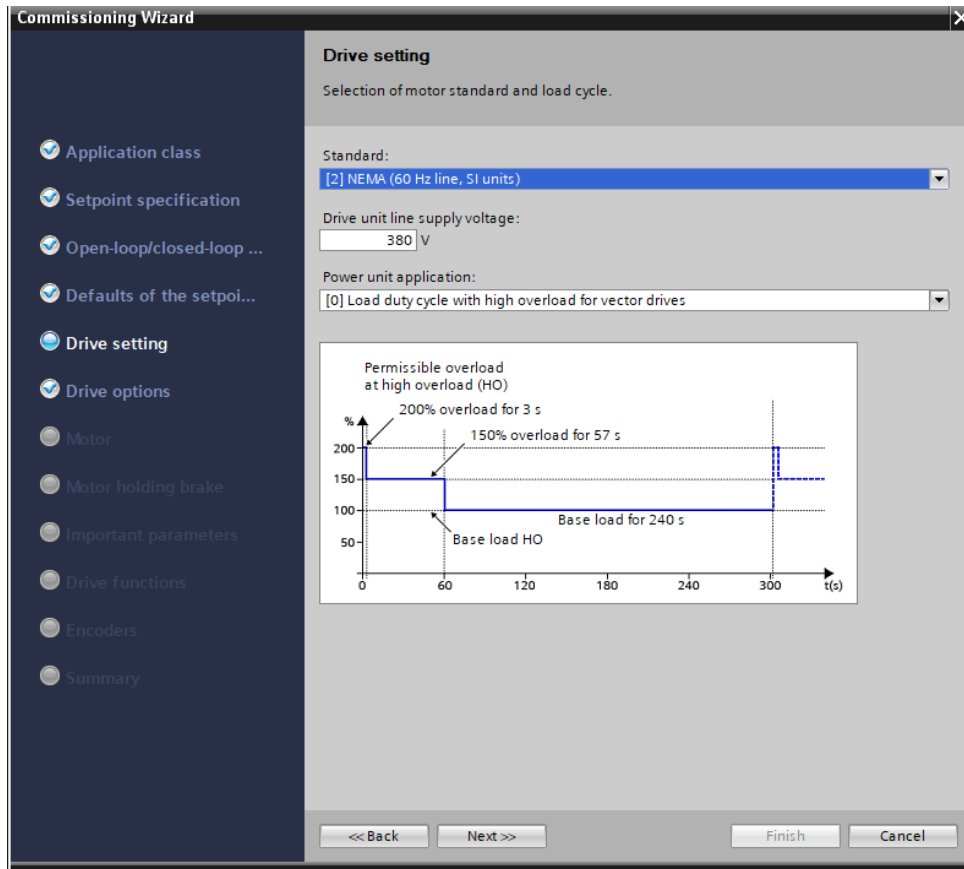
Figura 40 – Tipos de comando e telegrama



Fonte: O autor (2024)

No próximo passo deve-se selecionar a frequência da rede e qual a tensão de alimentação da potência do inversor, como mostrado na Figura 41.

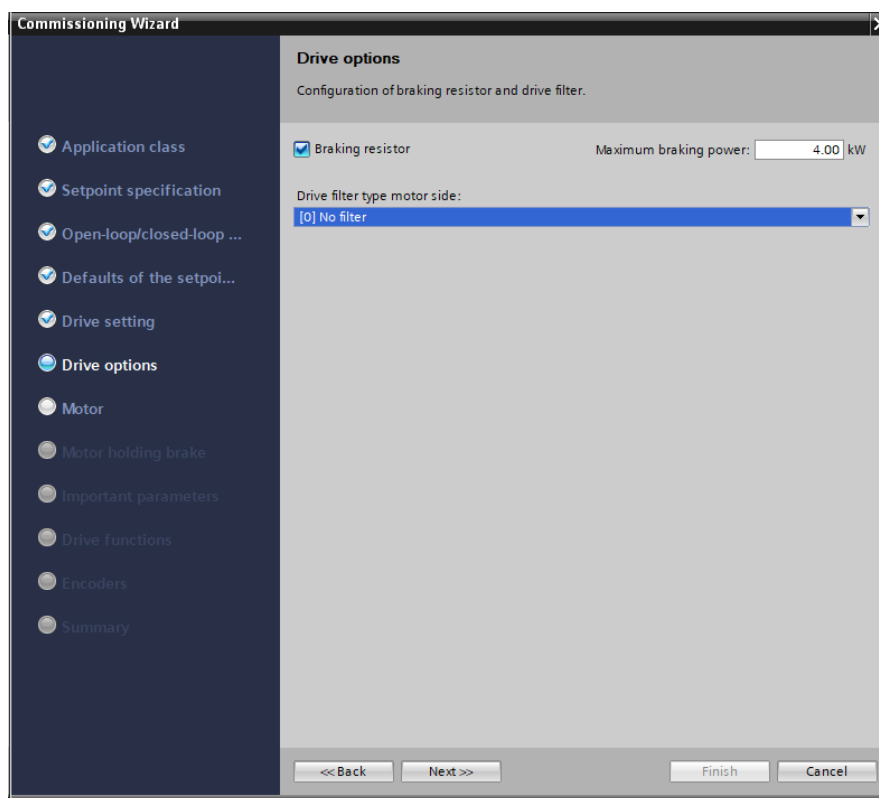
Figura 41 – Configurações do Drive



Fonte: O autor (2024)

No passo seguinte deve-se indicar se é utilizado resistor de frenagem, e qual a sua potência máxima. Para o projeto se fez necessário utilizar resistor de frenagem nos três inversores de elevação, pois no momento que os motores são desacelerados ele dissipa rapidamente em forma de energia térmica a energia cinética do motor, fazendo com que a carga pare de maneira mais eficiente. A potência máxima do resistor de frenagem utilizado, é encontrada no manual do inversor. Para o da talha de cabo de aço o resistor utilizado foi o de 6 kW e para os inversores das talhas de corrente foi utilizado de 4 kW. A Figura 42 mostra essa configuração.

Figura 42 – Configuração resistor de frenagem



Fonte: O autor (2024)

Na próxima etapa do comissionamento são informados os principais dados de placa do motor. Foram preenchidos esses dados de acordo com o motor que estava sendo comissionado. Na Figura 43 é possível ver as informações preenchidas com os dados dos motores das talhas de corrente.

Figura 43 – Configuração parâmetros do motor das talhas de corrente

**Commissioning Wizard**

**Motor**  
Specification of motor type and motor data.

Motor configuration  
Enter motor data

Select motor type  
[1] Induction motor

Select the connection type for your motor and 87 Hz operation:  
Star

Parameter	Parameter text	Value	Unit
p304[0]	Rated motor voltage	380	Vrms
p305[0]	Rated motor current	13.00	Arms
p307[0]	Rated motor power	4.32	kW
p308[0]	Rated motor power factor	0.820	
p310[0]	Rated motor frequency	60.00	Hz
p311[0]	Rated motor speed	1750.0	rpm
p335[0]	Motor cooling type	[0] Natural ve...	

Parallel motor connection      Number: 1

Temperature sensor:  
[0] No sensor

<< Back    Next >>    Finish    Cancel

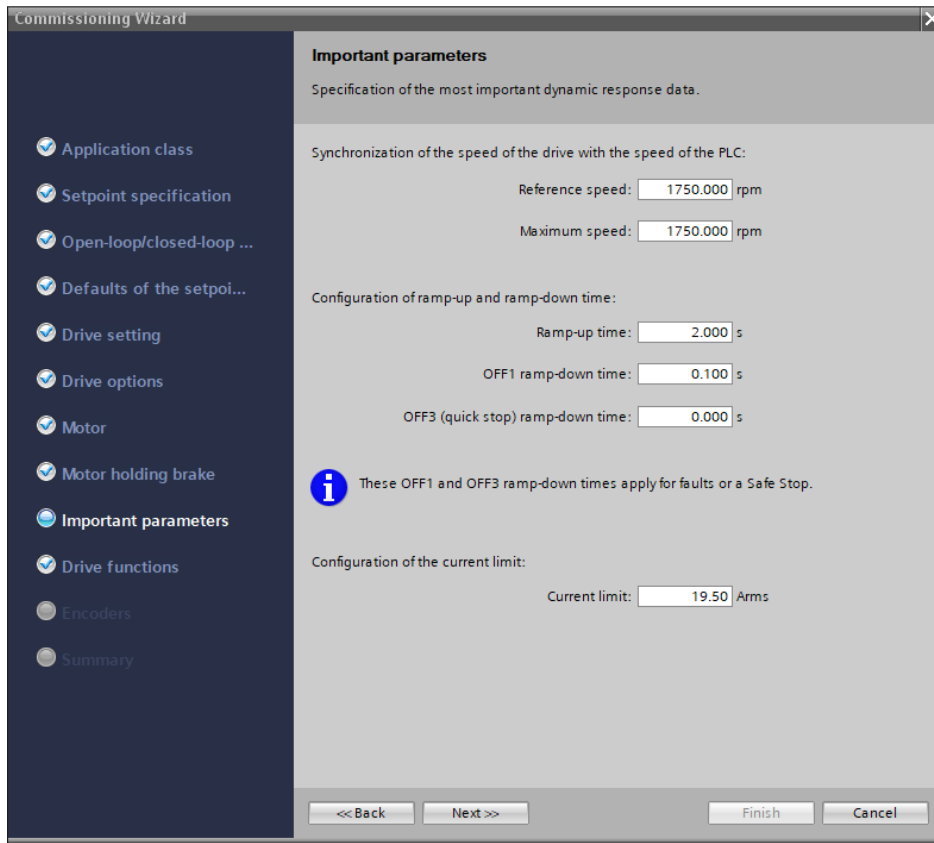
Fonte: O autor (2024)

Seguindo o comissionamento, deve-se indicar se o motor possui freio, e se sim como será o acionamento para liberar ele, bem como o tempo para abertura e para o seu fechamento. Como todos os motores do projeto fazem uso de freio, esse controle do momento em que ele deve ser aberto ou fechado, é todo feito pelo próprio inversor, de acordo com o tempo definido.

Após isso, foram informados alguns parâmetros referentes a velocidade, as rampas de aceleração e desaceleração e o limite máximo de corrente. Para a velocidade máxima e de referência, coloca-se os valores da rotação nominal de cada motor, visto que não se faz necessário na aplicação operar em velocidade superior a essa.

Quando o operador para de enviar o comando que estava solicitando, o movimento deve ser interrompido o mais rápido possível sem que a carga balance demasiadamente. Com isso, os valores de desaceleração foram ajustados próximos a zero segundos. Já os de aceleração para que o movimento inicie de forma suave, o tempo de rampa para todos os motores foi ajustado em torno de dois segundos. Essa configuração para a talha de corrente, pode ser visualizada na Figura 44.

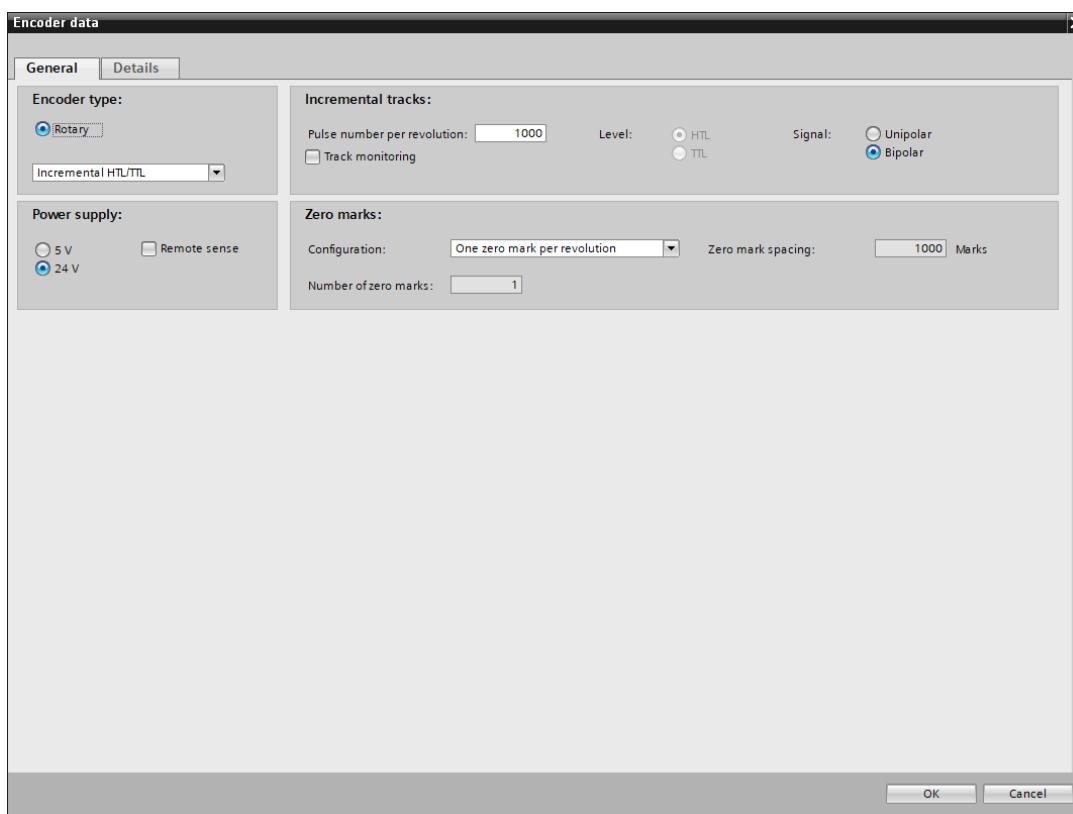
Figura 44 – Configuração parâmetros de velocidade e rampas para a talha de corrente



Fonte: O autor (2024)

O próximo passo é colocar as informações referente ao encoder. Para as translações como não é utilizado, nessa etapa o comissionamento está finalizado. Já para a elevação se fez necessário colocar essas informações, e como os três encoders são idênticos, os valores foram os mesmos. Os valores parametrizados estão mostrados na Figura 45, e colocados conforme dados do encoder utilizado.

Figura 45 – Configuração parâmetros do encoder



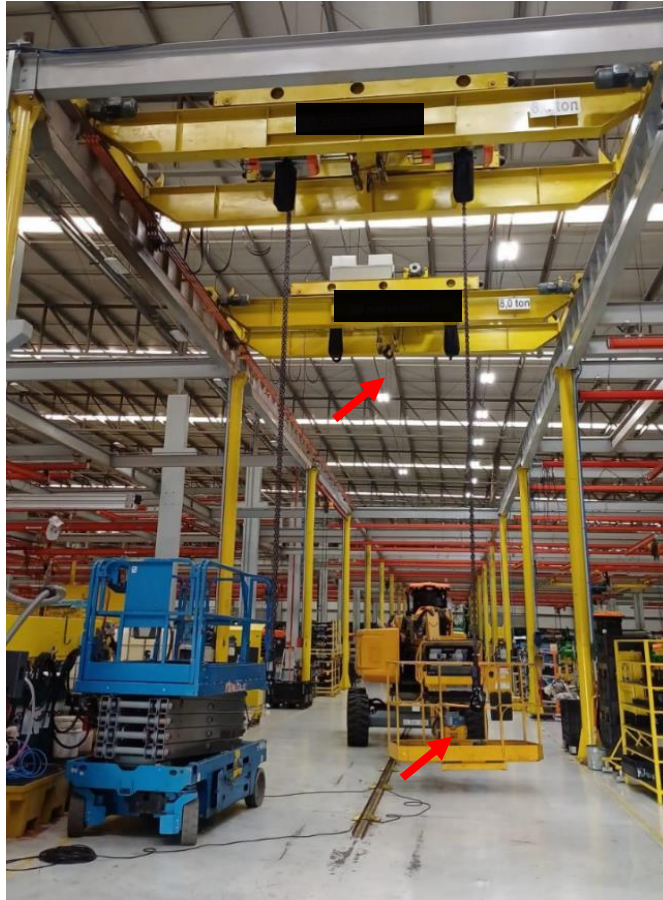
Fonte: O autor (2024)

Feito isso, uma tela com os principais dados do comissionamento realizado foi mostrada para que fosse possível conferir antes de finalizar. Com todos os dados corretos, o processo pode ser finalizado e todas as informações salvas na memória do inversor configurado.

### 3.11 REMOÇÃO DO SISTEMA ANTIGO E INSTALAÇÃO DO NOVO

Após os testes em laboratório, aguardou-se a parada estratégica da produção para que fosse feita a intervenção sem que prejudicasse a linha de montagem. O painel elétrico antigo foi removido, feita a infraestrutura necessária para a passagem de cabos e a instalação do novo sistema. Na Fotografia 8 tem-se uma imagem durante esta etapa, onde é possível ver que o balancim de ambos os conjuntos não estava instalado.

Fotografia 8 – Etapa de remoção e instalação do novo sistema

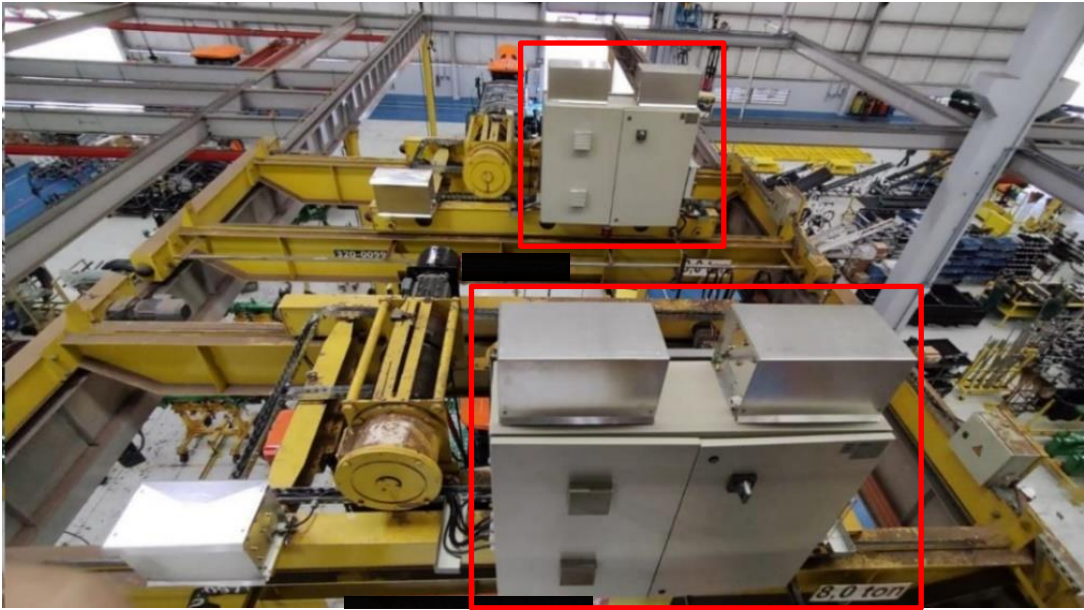


Fonte: O autor (2024)

Após o sistema antigo ter sido todo removido e a infraestrutura ter sido feita, foi realizada a instalação dos novos painéis elétricos e a ligação dos motores, sensores e encoders. Na Fotografia 9 pode-se ver a vista superior da nova instalação concluída de ambos os conjuntos de elevação e na Fotografia 10 uma vista inferior, onde é possível ver o ponto de fixação do sensor de inclinação no balancim.



Fotografia 9 – Vista superior da instalação do sistema de elevação



Fonte: O autor (2024)

Fotografia 10 – Vista inferior da instalação do sistema de elevação

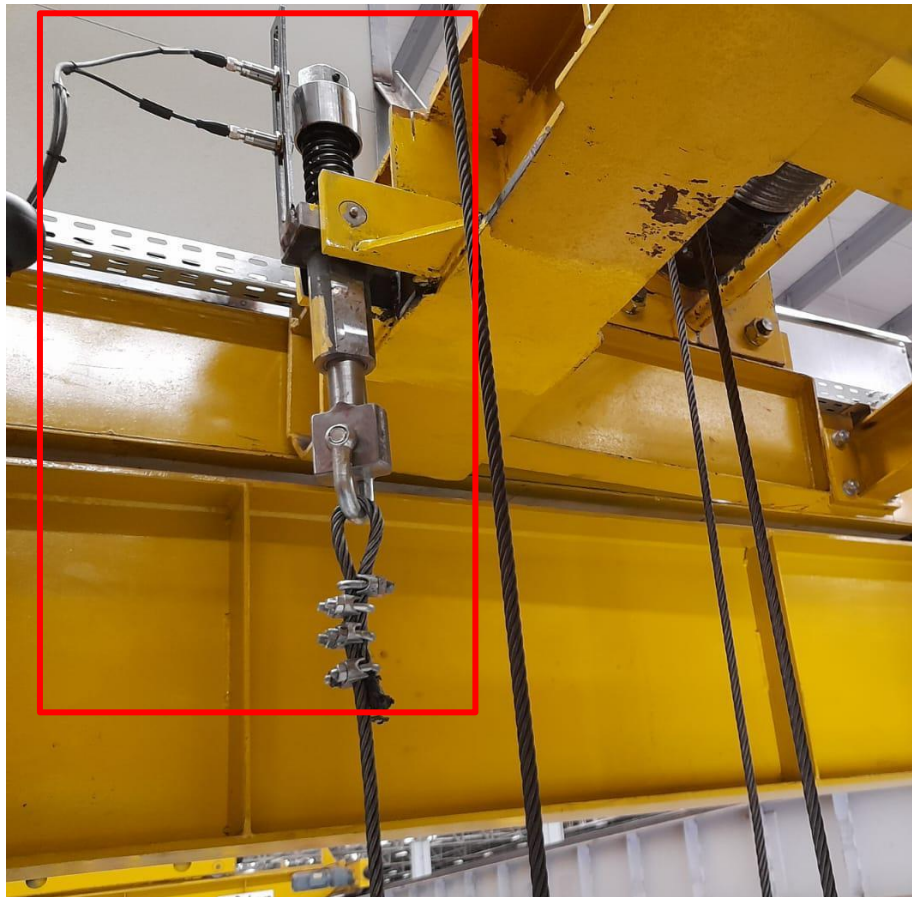


Fonte: O autor (2024)

Cada um dos conjuntos possui o sistema de talha de cabo de aço, onde que sua principal função não é a elevação da carga, mas sim uma talha de segurança para que se ocorrer uma falha nas talhas de corrente, ela suporte a carga e evite acidentes mais graves. Seu funcionamento é similar aos das talhas de corrente, porém, ela está fixada ao centro do balancim travessão, e deve realizar todos os movimentos do equipamento, sem ter esforços diretamente, e sem desenrolar demasiadamente o cabo de aço.

Com base nisso, tornou-se necessário desenvolver um sistema de nivelamento para a talha de cabo, a fim de garantir que ela sempre permaneça operando da forma ideal. Esse sistema é basicamente um pino com uma mola, presos na parte fixa do cabo de aço, onde essa mola é monitorada por dois sensores indutivos, como pode ser visualizado na Fotografia 11.

Fotografia 11 – Sistema de Nivelamento para a talha de segurança



Fonte: O autor (2024)

Caso o sensor superior acione, significa que o cabo de aço está muito solto. E se o sensor inferior acionar, o cabo de aço está muito tensionado e exercendo força no balancim travessão.

Para se ter uma maior precisão e confiabilidade na velocidade solicitada x velocidade real dos motores de elevação, foi necessário realizar a instalação de encoders incrementais nos mesmos. Para isso foram feitos suportes, com a finalidade de garantir uma correta fixação do encoder no eixo do motor. Essa fixação pode ser observada através da Fotografia 12.

Fotografia 12 – Fixação do encoder em uma das talhas de elevação



Fonte: O autor (2024)



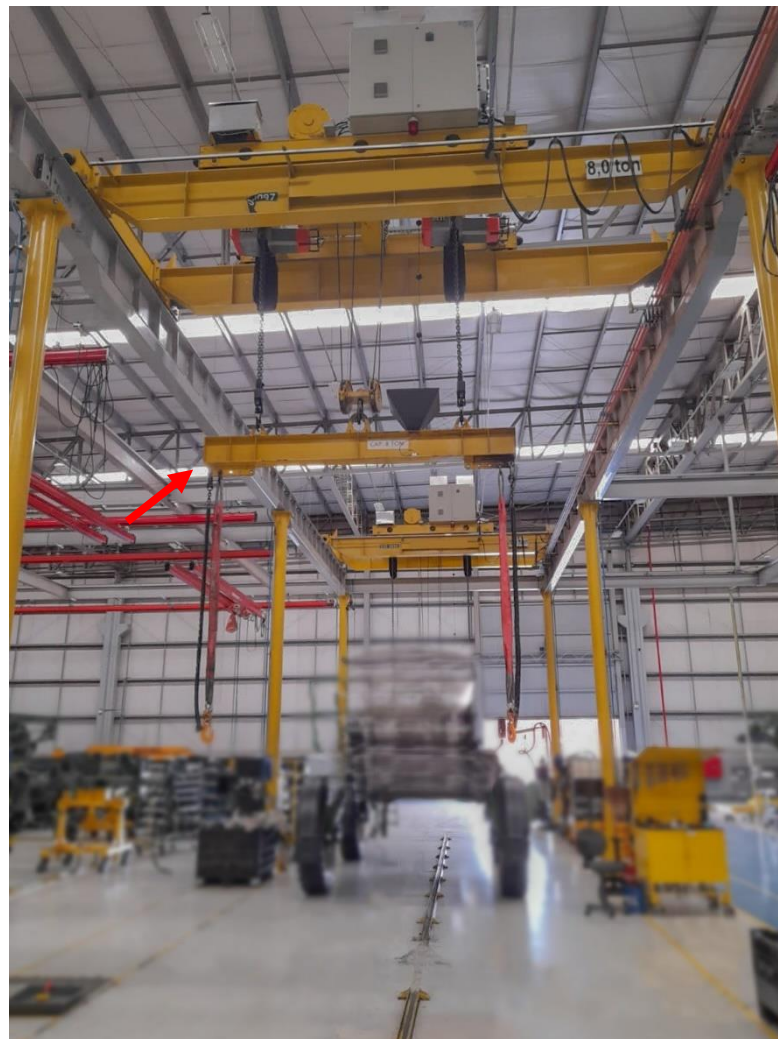
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a implementação do novo sistema de elevação, na linha de montagem.

### 4.1 TESTES DE INCLINAÇÃO E SINCRONISMO

Após a instalação ter sido concluída, realizaram-se alguns testes. Primeiramente, ainda no período de parada da produção, foram feitos alguns testes sem carga, com a finalidade de comprovar que o sistema estava funcionando da maneira pretendida. Na Fotografia 13 pode se ver o balancim Travessão do conjunto traseiro já acoplado as talhas, porém ainda sem suspender a carga.

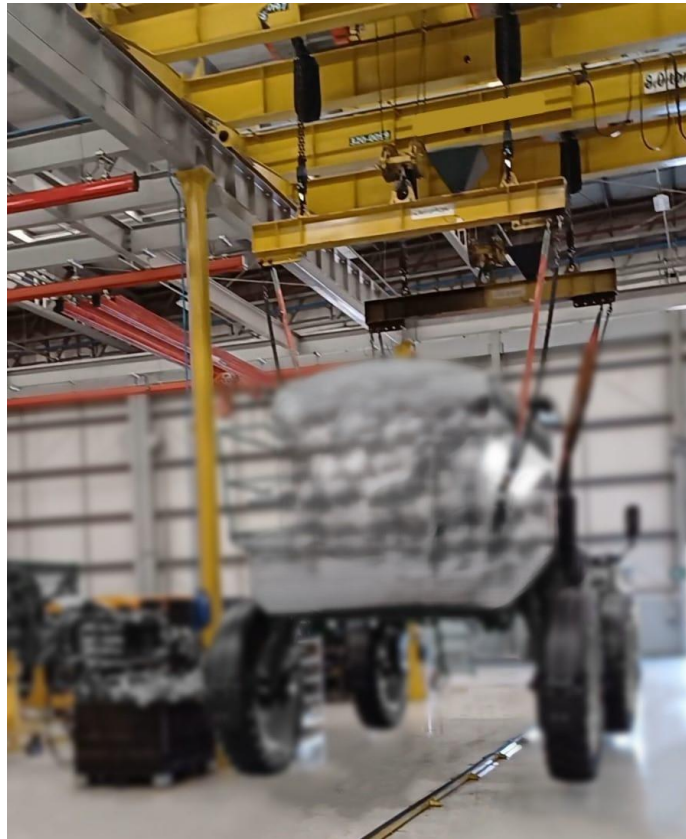
Fotografia 13 – Testes iniciais de funcionamento do sistema



Fonte: O autor (2024)

Com o sistema todo funcionando perfeitamente sem carga, iniciaram-se os testes com carga e para isso foi feita a elevação e a movimentação do produto produzido nessa linha de montagem. Foi suspenso o modelo de maior peso e realizados alguns testes que comprovassem o funcionamento do sistema. Na Fotografia 14 pode se ver o produto suspenso.

Fotografia 14 – Testes iniciais com carga



Fonte: O autor (2024)

Após os testes e validações durante o período de parada, foi aguardado o retorno da produção para que fosse possível acompanhar o uso do equipamento durante o processo produtivo.

#### 4.2 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

Com o retorno da produção, primeiramente, foram passadas algumas instruções referentes ao funcionamento do sistema, orientando os operadores ao correto uso do equipamento.

Feito isto, as principais etapas da operação foram acompanhadas e observadas. A retirada do produto do dispositivo de montagem pode ser observada na Fotografia 15 e nota-se que ele foi suspenso da maneira correta e bem alinhada.

Fotografia 15 – Retirada de produto do dispositivo de montagem



Fonte: O autor (2024)

Na Fotografia 16 tem-se uma vista lateral de como ficou a carga suspensa.

Fotografia 16 – Vista lateral da carga suspensa



Fonte: O autor (2024)

Após a retirada do produto do dispositivo de montagem, acompanhou-se a etapa da colocação dos itens montados no último posto. E novamente o sistema operou da maneira pretendida, mantendo a carga alinhada durante toda a descida, facilitando e agilizando a montagem das peças. Essa etapa pode ser observada através da Fotografia 17.



Fotografia 17 – Montagem de componentes no último posto de trabalho



Fonte: O autor (2024)

Através das figuras mostradas, pode-se observar também que durante todas as etapas, a talha de segurança se manteve operante e da maneira ideal.

Visto que o equipamento estava operando da maneira pretendida na concepção do projeto, ele foi entregue a produção e aprovado pela supervisão.

#### 4.3 FASE DE SUSTENTAÇÃO E MONITORAMENTO DE POSSÍVEIS FALHAS

Com o projeto entregue para o setor de produção, foi iniciado um monitoramento de possíveis falhas que pudessem vir a ocorrer. Este acompanhamento se deu através das ordens de manutenção que fossem abertas para o equipamento. Durante o período de 22/01/2024 que é a data que o equipamento foi liberado para a produção, até o dia 31/05/2024, foram abertas 2 ordens de manutenção corretiva para o equipamento 0097 e, também, 2 ordens de manutenção corretiva para o equipamento 0099.

Com base nesse histórico foi feita uma análise mais detalhada dos motivos das falhas e estes detalhados no Quadro 11.



Quadro 11 – Ordens de manutenção corretiva, pós entrega do equipamento

<b>CONJUNTO/ DATA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CAUSA</b>	<b>AÇÃO</b>
0097 06/02/2024	Ponte não funciona	Acoplamento do encoder da talha de cabo de aço estava solto, não havia sido dado o aperto necessário na hora da montagem. Com isso o inversor entrava em falha pois a velocidade lida pelo encoder ficava diferente da velocidade desejada.	Reapertado o acoplamento que estava solto e revisado o aperto dos demais.
0097 06/02/2024	Talha não sobe	Duplicidade de ordem, ambas abertas no mesmo dia, uma pela produção e a outra pelo técnico de manutenção.	
0099 02/05/2024	Ponte travando e apresentando estalos.	Ordem verificada por manutenção terceirizada, e como o equipamento não estava completamente parado, não foi chegado a conclusão da causa e não foi tomado ação nesse momento.	
0099 13/05/2024	Ponte travada	Nesse caso o equipamento travou devido não ter sido tomado a ação necessária na outra ordem que havia sido aberta. A causa dela ter travado foi a falta de lubrificação das talhas de corrente.	Foi lubrificado bem a corrente da talha travada, e das demais, o equipamento voltou a operar. Foi atualizado o plano de preventiva semestral das talhas e adicionado a lubrificação das correntes.

Fonte: O autor (2024)

Com isso pode-se perceber que os conjuntos de elevação estão operando de maneira eficiente, e que as poucas paradas que aconteceram foram por falhas mecânicas, e que já foram tomadas ações para que não ocorram novamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa inicial ofereceu uma visão ampla sobre as normas regulamentadoras e os componentes tecnológicos fundamentais para o projeto de sincronismo de motores, destacando a importância das NR-10, NR-11 e NR-12 na garantia da segurança na área de aplicação do projeto. Na esfera da automação industrial, a exploração de tecnologias como *Profinet* e *IO-Link* destacou-se como fundamental para a otimização das instalações e eficiência na troca de sinais.

Além disso, a análise da demanda de melhoria no sistema de elevação da linha de montagem revelou desafios significativos. O sistema, instalado em 2018 enfrentava desafios como desalinhamento, falhas na sincronização das talhas e frequentes solicitações de manutenção, impactando a eficiência e segurança do processo de montagem. A proposta de revisão e atualização do *hardware*, com a adoção de CLPs e mecanismos de monitoramento de sincronização, destacou-se como uma solução vital para mitigar falhas, aumentar a produtividade e garantir a segurança dos operadores.

A abordagem lógica e estruturada no desenvolvimento das rotinas de programação específicas, aliada à constante verificação de condições de segurança, assegurou uma operação confiável do sistema. A substituição do sistema antigo pelo novo, acompanhada de testes abrangentes, validou a eficácia do projeto, resultando em uma operação mais segura, controlada e eficiente para o processo produtivo da empresa.

Dessa forma, a integração das tecnologias de automação com práticas de programação robustas representou um avanço significativo na linha de montagem, refletindo em maior confiabilidade e eficiência operacional. Este projeto, portanto, exemplifica a importância e os benefícios da modernização e automação industrial, demonstrando seu impacto positivo na segurança e eficiência da empresa.

## REFERÊNCIAS

- BALLUFF. **BNI0092 Módulos de rede para Profinet**. 2024. Disponível em: < <https://www.balluff.com/pt-br/products/BNI0092> > Acesso em: 25 mai. 2024, 17:45:00
- BALLUFF. **Redes Industriais: o que são e como funcionam?**. 2022. Disponível em: < <https://balluffbrasil.com.br/redes-industriais-o-que-sao-e-como-funcionam/> > Acesso em: 19 mar. 2024, 21:01:30
- BAUMER. **Tecnologia IO-Link. A solução para uma Smart Factory**. 2024. Disponível em: < <https://www.baumer.com/br/pt/solucoes/digitalizacao/tecnologia-io-link/a/io-link> > Acesso em: 05 abr. 2024, 14:23:00
- CNNBRASIL. **Automação Industrial: conceito, objetivos e vantagens**. 2024. Disponível em: < <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/automacao-industrial/> > Acesso em: 13 mar. 2024, 22:07:10
- CONTROL ENGINEERING. **PLC programming language fundamentals for improved operations, maintenance**. 2023. Disponível em: < <https://www.controleng.com/articles/plc-programming-language-fundamentals-for-improved-operations-maintenance/> > Acesso em: 24 mai 2024, 21:30:00
- ENGELOGIC. **Geradores de Pulso Encoders**. 2024. Disponível em: < <https://www.engelogic.com.br/download/geradores-pulso-encoders.pdf> > Acesso em: 27 mai. 2024, 17:15:00
- FERTRON. **O que você precisa saber sobre a rede Profinet?**. 2023. Disponível em: < <https://fertron.com.br/blog/2023/02/14/o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-rede-profinet/> > Acesso em: 04 abr. 2024, 14:57:00
- FRANCHI, Claiton M. **Inversores de Frequência – Teoria e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: SRV Editora, 2009.
- GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2007.
- GOV.BR. **Normas Regulamentadoras – NR**. 2023. Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs> > Acesso em: 27 mai. 2024, 15:20:00
- HOHNER. **Encoders Incrementais Eixo Rígido**. Disponível em: < <https://hohner.com.br/produtos/encoders-incrementais-eixo-rigido/> >. Acesso em: 27 mai. 2024, 18:15:00
- IFM. **Sensor de Inclinação JN2201**. 2024. Disponível em: < <https://www.ifm.com/br/pt/product/JN2201?tab=details> > Acesso em: 26 mai. 2024, 17:45:00
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Brasília: Ministério do trabalho e emprego, 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 11 - Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais.** Brasília: Ministério do trabalho e emprego, 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Brasília: Ministério do trabalho e emprego, 2024.

PEGAIA, Denilson. **Tecnologia Profinet.** 2010. Disponível em < <https://www.profibus.org.br/downloads/pdfs/Profinet%20set%202010.pdf> > Acesso em: 04 abr. 2024, 14:45:00

PIBRASIL. **IO-Link, entenda melhor sobre a tecnologia.** 2024. Disponível em: < <https://www.profibus.org.br/noticia/io-link-entenda-melhor-sobre-a-tecnologia> > Acesso em: 04 abr. 2024, 14:57:00

PORTARIA No **3.214. 8 jun. 1978.**

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação Industrial.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, rede eTec Brasil, 2016.

SEYCONEL. **Manual Controles Remotos Linha Alpha 600XS.** 2022

SIEMENS. **Inversor de Frequência Vetorial Compacto SINAMICS G120C.** 2024. Disponível em: <<https://www.siemens.com/br/pt/produtos/drives/sinamics-g120c.html>>. Acesso em: 24 mai. 2024, 11:27.

SIEMENS. **SINAMICS G120: Inversor de frequência modular universal.** 2024. Disponível em: < <https://www.siemens.com/br/pt/produtos/drives/sinamics-g120-modular.html> >. Acesso em: 24 mai. 2024, 14:30.

SIEMENS. **SINAMICS G120 and G120P.** 2018. Disponível em < [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/231/109757231/att\\_949187/v1/G120\\_CU230P2\\_op\\_instr\\_0418\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/231/109757231/att_949187/v1/G120_CU230P2_op_instr_0418_en-US.pdf) >. Acesso em: 24 mai. 2024, 16:27.

SOUZA, Paulo Henrique. **Segurança do Trabalho com foco na Norma Regulamentadora 10: Trabalhadores com Eletricidade.** 2020. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado de Engenharia de Produção. Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte, 2020

UNIVERSITY, Profinet. **Networks.** 2024. Disponível em < <https://profinetuniversity.com/industrial-automation-ethernet/networks/> >. Acesso em: 24 mai. 2024, 20:42.

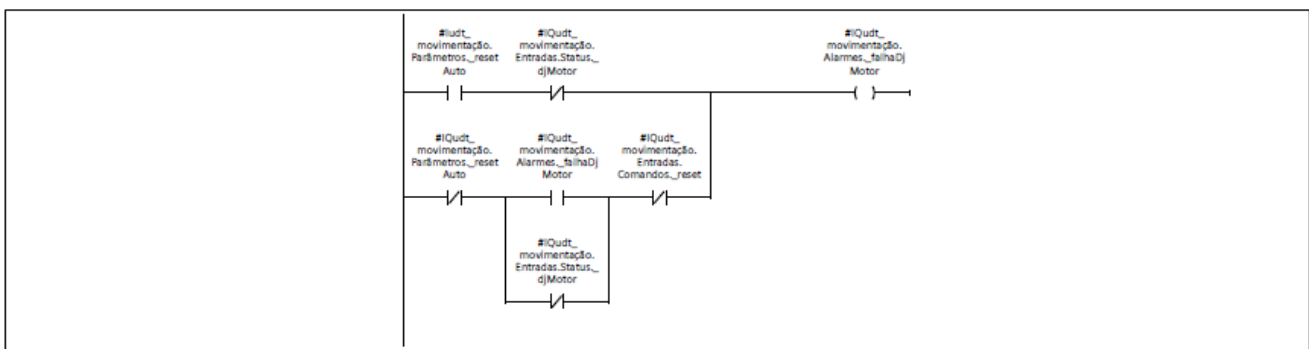
ZANCAN, Marcos Daniel. **Controladores Programáveis.** 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.

## APÊNDICE A – FUNÇÃO MOVIMENTO TRANSLAÇÃO

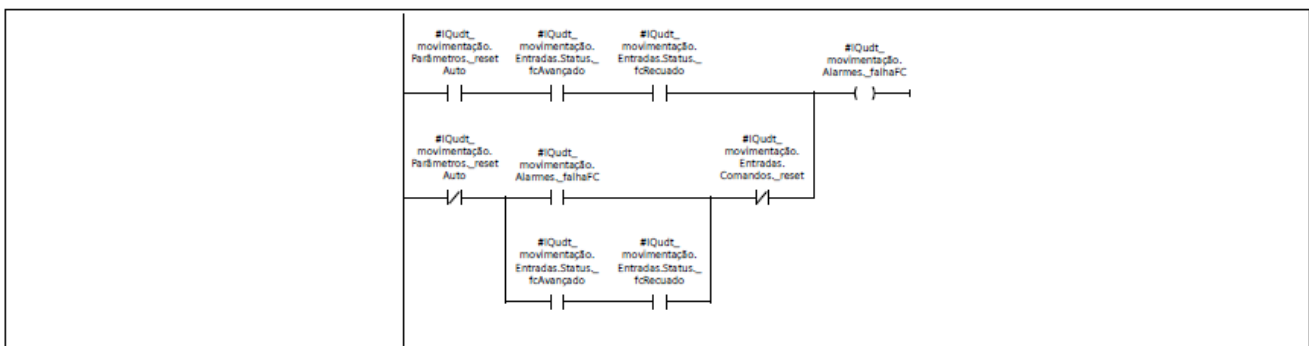
Name	Data type	Default value	Retain
▼ Input			
ludt_movimentação	"typeMovimentaçãoPonte"		Non-retain
Output			
▼ InOut			
IQudt_movimentação	"typeMovimentaçãoPonte"		
▼ Static			
aux	Struct		Non-retain
Temp			
Constant			

Network 1: \*\*\*\*\* FALHAS \*\*\*\*\*

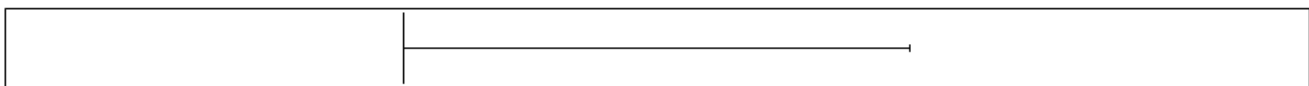
Network 2: Disjuntor motor do inversor desarmado



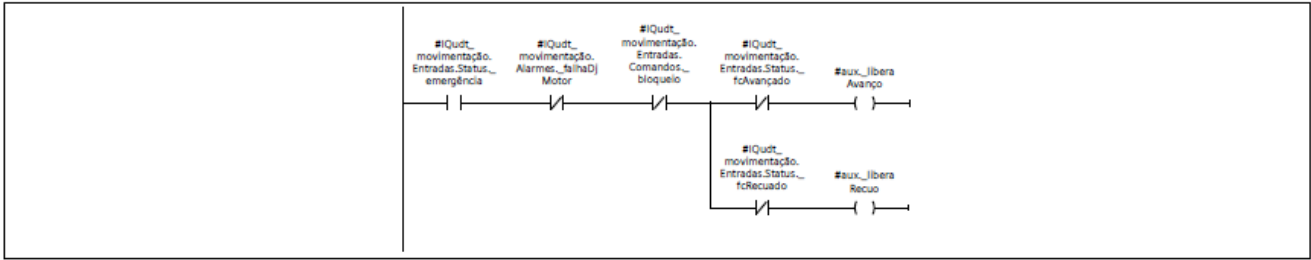
Network 3: Falha em uma das fim de curso



Network 4: \*\*\*\*\* COMANDOS \*\*\*\*\*



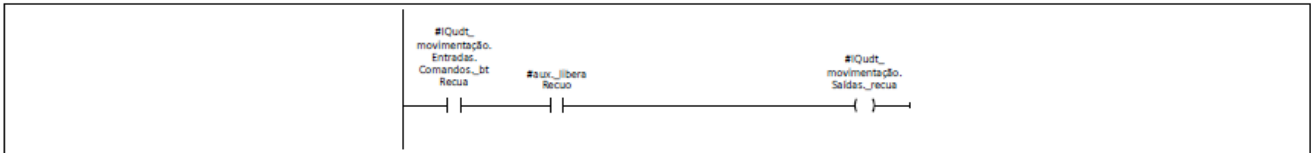
Network 5: Condição para liberar os comandos de avanço e recuo



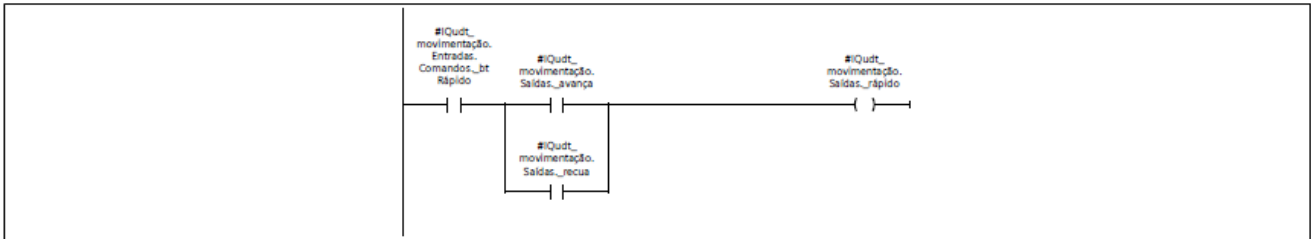
Network 6: Avança movimentação



Network 7: Recua Movimentação



Network 8: Movimentação Rápida



Network 9: \*\*\*\*\*

## APÊNDICE B – FUNÇÃO CONTROLE INVERSOR TRANSLAÇÃO

Name	Data type	Default value	Retain
▼ Input			
Iudt_telegrama	"typeIn-Drive352Telegram"		Non-retain
Iudt_inversor	"typeControleInversor352"		Non-retain
▼ Output			
Qudt_telegrama	"typeOut-Drive352Telegram"		Non-retain
▼ InOut			
IQudt_inversor	"typeControleInversor352"		
Static			
▼ Temp			
tempRpm	Int		
tempRpmReal	Real		
tempCorreção	Real		
tempCoefCorrenteReal	Real		
tempRpmAtual	Real		
Constant			

### Network 1: Status do inversor

```

0001 // Condições de status e falhas do inversor
0002 //
0003 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._prontoParaLigar := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X0;
0004 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._prontoParaOperação := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X1;
0005 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._operaçãoAtivada := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X2;
0006 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._falhaPresente := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X3;
0007 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._semNavegaçãoAtiva := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X4;
0008 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._semParadaRápidaAtiva := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X5;
0009 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._ligandoAtivoInibido := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X6;
0010 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._alarmePresente := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X7;
0011 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._desvioVelocidadeNaTolerância := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X8;
0012 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._controleSolicitado := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X9;
0013 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._valorComparaçãoAtingido := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X10;
0014 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._torqueNãoExcedido := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X11;
0015 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._freioAberto := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X12;
0016 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._semTemperaturaAltaMotor := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X13;
0017 #IQudt_inversor.Status.statusInversor."_n_act>=0" := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X14;
0018 #IQudt_inversor.Status.statusInversor._semSobrecargaTerminaUnidadePotência := #Iudt_telegrama.Iw_statusWord.%X15;
0019
0020

```



## Network 2: Valores movidos para a Control Word

```

0001 REGION Control Word
0002
0003 // Valores para a Control Word do Inversor
0004 //
0005 IF NOT #IQudt_inversor.Status.statusInversor._falhaPresente THEN // In-
versor sem falha presente
0006     IF #IQudt_inversor.Comandos._avança THEN
0007         #Qudt_telegrama.Qw_controlWord := 1151; // Comando Avança
para o inversor
0008     ELSIF #IQudt_inversor.Comandos._recua THEN
0009         #Qudt_telegrama.Qw_controlWord := 3199; // Comando Recua para
o inversor
0010     ELSE
0011         #Qudt_telegrama.Qw_controlWord := 1150; // Comando de stop
para o inversor
0012     END_IF;
0013     ELSE // Inversor com falha presente
0014         IF #IQudt_inversor.Comandos._reset THEN
0015             #Qudt_telegrama.Qw_controlWord := 1278; // Comando de reset
para o inversor
0016         ELSE
0017             #Qudt_telegrama.Qw_controlWord := 1150; // Comando de stop
para o inversor
0018         END_IF;
0019     END_IF;
0020
0021 END_REGION

```

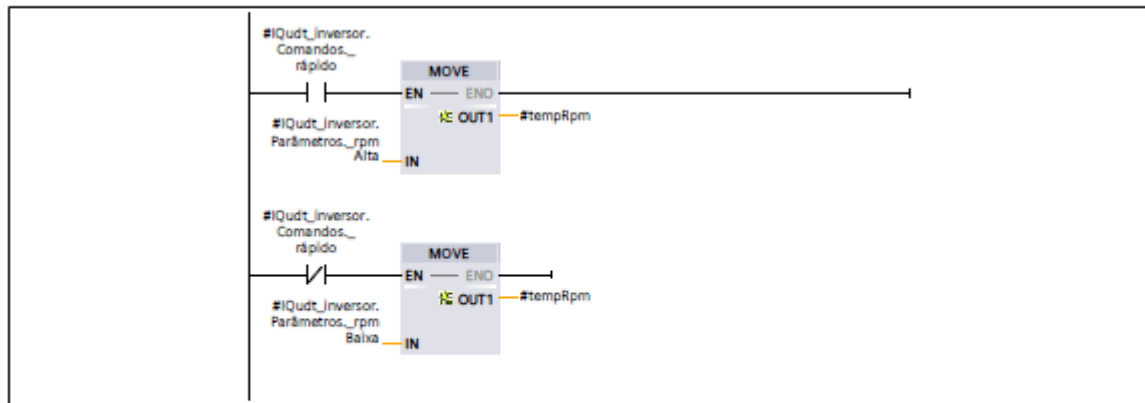
## Network 3: Status de motor movendo

```

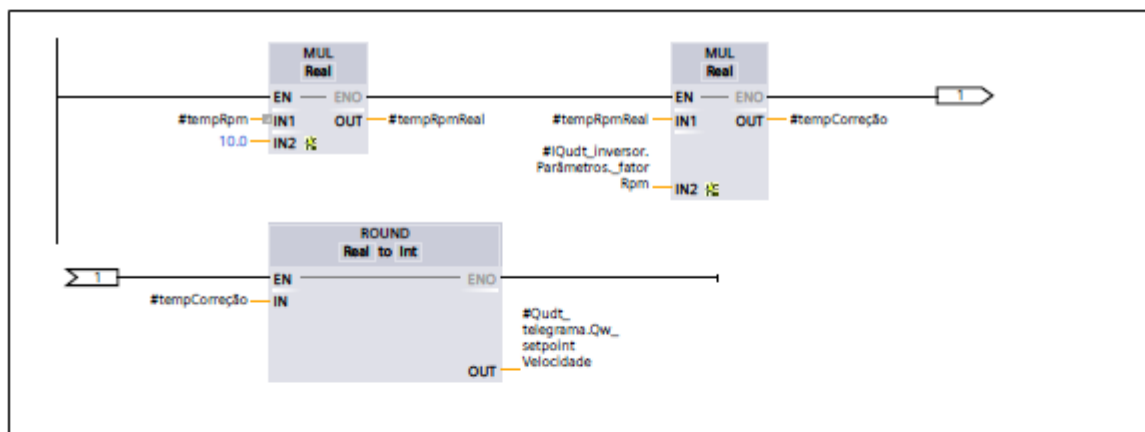
0001 // Condição de motor movendo
0002 //
0003 #IQudt_inversor.Status._avançando := #IQudt_inversor.Status.statusInver-
sor._operaçãoAtivada AND #Qudt_telegrama.Qw_controlWord = 1151;
0004 #IQudt_inversor.Status._recuando := #IQudt_inversor.Status.statusInversor._op-
eraçãoAtivada AND #Qudt_telegrama.Qw_controlWord = 3199;;

```

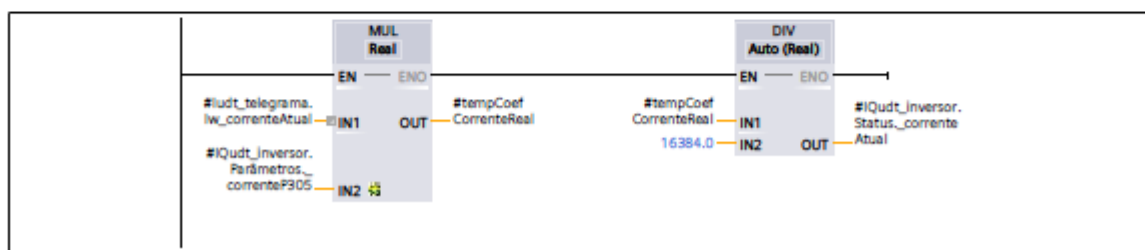
Network 4: Move o setpoint de velocidade, conforme a seleção da velocidade



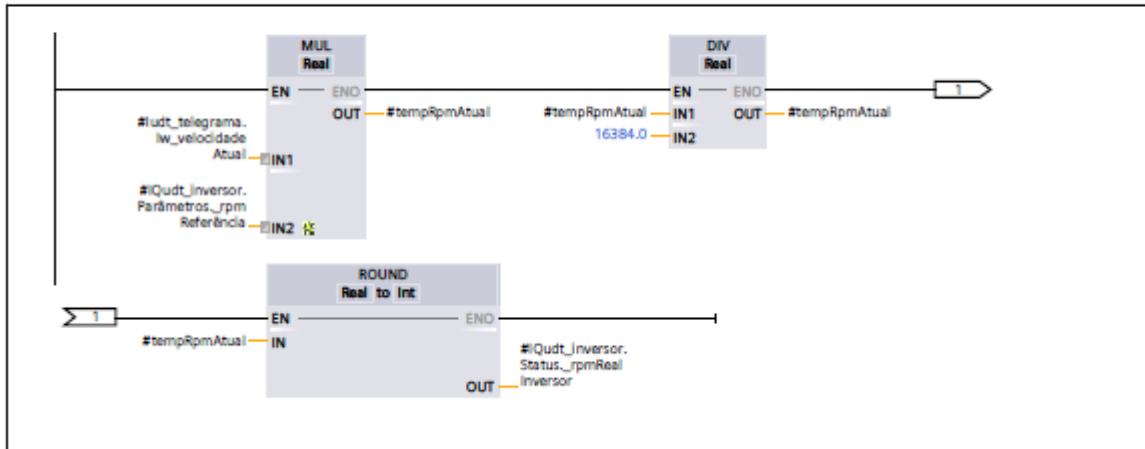
Network 5: Calcula a velocidade que será enviada para o inversor



Network 6: Lê a corrente do inversor em amperes



## Network 7: Cálculo da rotação Real do motor



## APÊNDICE C – FUNÇÃO INCLINAÇÃO DO BALANÇIM

Name	Data type	Default value	Retain
▼ Input			
ludt_sensor	"typeJN2201"		Non-retain
ludt_inclinação	"typeInclinaçãoJN2201"		Non-retain
inComunicaçãooLink	Bool	false	Non-retain
▼ Output			
outFalhaSensor	Bool	false	Non-retain
▼ InOut			
IQudt_inclinação	"typeInclinaçãoJN2201"		
Static			
Temp			
▼ Constant			
constGradiente	Real	0.01	
constPi	Real	3.141593	

**Network 1: \*\*\*\*\* Verifica o ângulo de inclinação do sensor \*\*\*\*\***

```

0001 (* Cálculo: ângulo de inclinação em x e y. *)
0002
0003 #IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._x := #Iudt_sensor.ânguloEixoX * #constGradiente;
0004 #IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._y := #Iudt_sensor.ânguloEixoY * #constGradiente;

```

**Network 2: \*\*\*\*\* Verifica a inclinação em mm do sensor \*\*\*\*\***

```

0001 (* Cálculo: Inclinação em mm na direção x e y *)
0002
0003
0004 IF #IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._x > 0 THEN
0005     #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x := TAN((#IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._x * #constPi) / 180) * #IQudt_inclinação.Parâmetros."_centroX+";
0006 ELSIF #IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._x < 0 THEN
0007     #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x := TAN((#IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._x * #constPi) / 180) * #IQudt_inclinação.Parâmetros."_centroX-";
0008 ELSE
0009     #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x := 0.0;
0010 END IF;
0011
0012
0013 IF #IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._y > 0 THEN
0014     #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y := TAN((#IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._y * #constPi) / 180) * #IQudt_inclinação.Parâmetros."_centroY+";
0015 ELSIF #IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._y < 0 THEN
0016     #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y := TAN((#IQudt_inclinação.Saídas._ânguloInclinação._y * #constPi) / 180) * #IQudt_inclinação.Parâmetros."_centroY-";
0017 ELSE
0018     #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y := 0.0;
0019 END_IF;
0020

```

**Network 3: \*\*\*\*\* Verifica a direção da inclinação do sensor \*\*\*\*\***

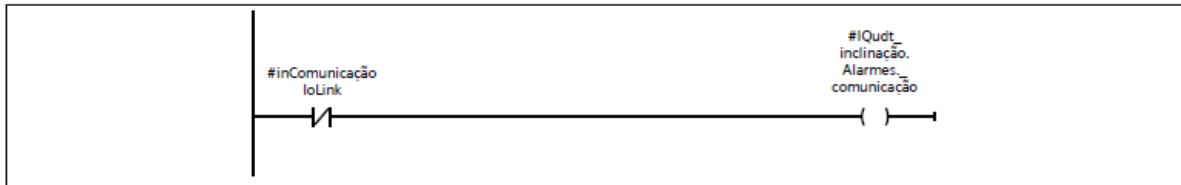
```

0001 (* Atenção!!!
0002
0003 Com base na medição anterior avalia a direção da inclinação.
0004
0005 "1" = Lado direito está baixo.
0006 "2" = Lado esquerdo está baixo.
0007 "3" = Nivelado.
0008 *)
0009
0010 REGION Direção em X
0011
0012 // Lado direito está baixo.
0013 IF #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x > #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação+ THEN
0014     #IQudt_inclinação.Saídas._direçãoInclinação._x := 1;
0015 END_IF;
0016
0017 // Lado esquerdo está baixo.
0018 IF #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x < #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação- THEN
0019     #IQudt_inclinação.Saídas._direçãoInclinação._x := 2;
0020 END_IF;
0021
0022 // Nivelado.
0023 IF (#IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x >= #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação-) AND #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._x <= #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação+ THEN
0024     #IQudt_inclinação.Saídas._direçãoInclinação._x := 3;
0025 END_IF;
0026
0027 END_REGION
0028
0029 REGION Direção em em y
0030
0031 // Entrada baixa.
0032 IF #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y > #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação+ THEN
0033     #IQudt_inclinação.Saídas._direçãoInclinação._y := 1;
0034 END_IF;
0035
0036 // Saída baixa.
0037 IF #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y < #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação- THEN
0038     #IQudt_inclinação.Saídas._direçãoInclinação._y := 2;
0039 END_IF;
0040
0041 // Nivelado.
0042 IF (#IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y >= #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação-) AND #IQudt_inclinação.Saídas._inclinaçãoEmMM._y <= #IQudt_inclinação.Parâmetros._tolerânciaInclinação+ THEN
0043     #IQudt_inclinação.Saídas._direçãoInclinação._y := 3;
0044 END_IF;
0045
0046 END_REGION

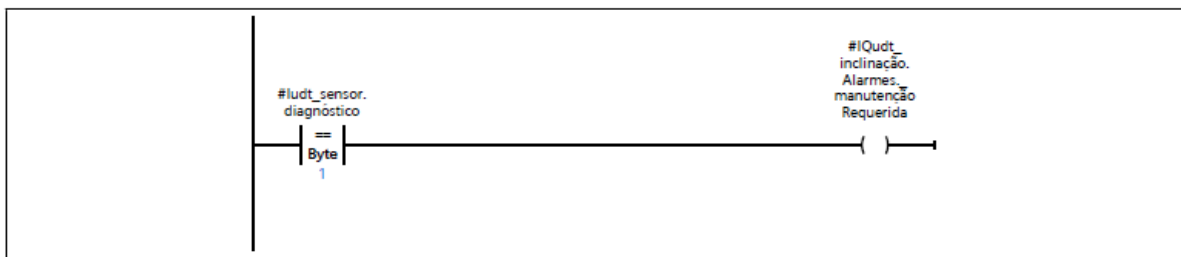
```

Network 4: \*\*\*\*\* STATUS SENSOR \*\*\*\*\*

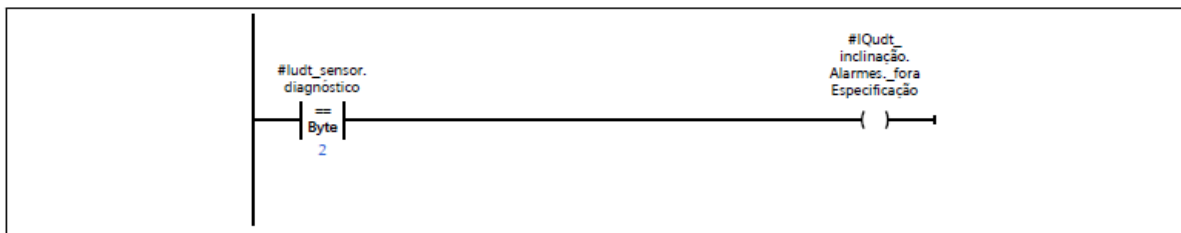
Network 5: Falha na comunicação com o sensor



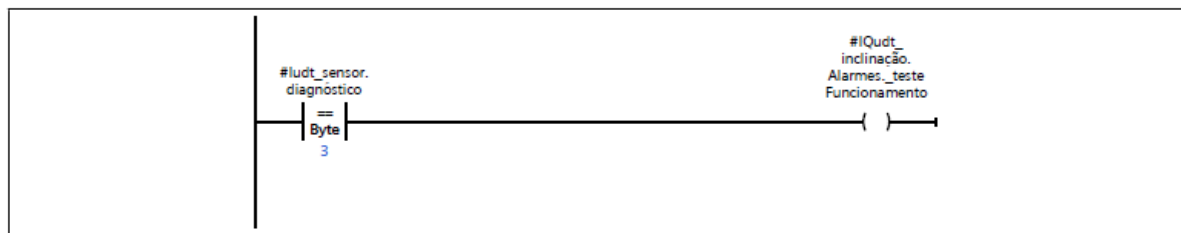
Network 6: Manutenção do sensor requerida



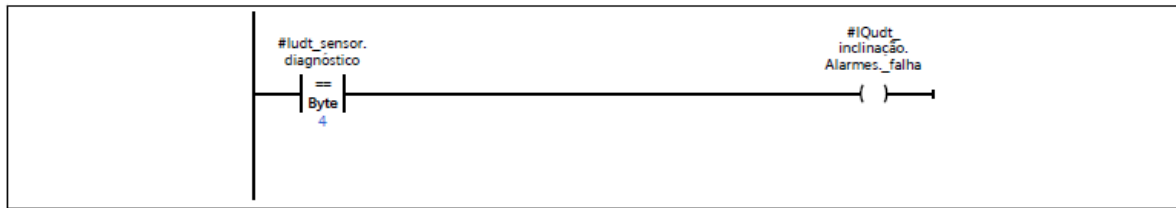
Network 7: Sensor fora da especificação



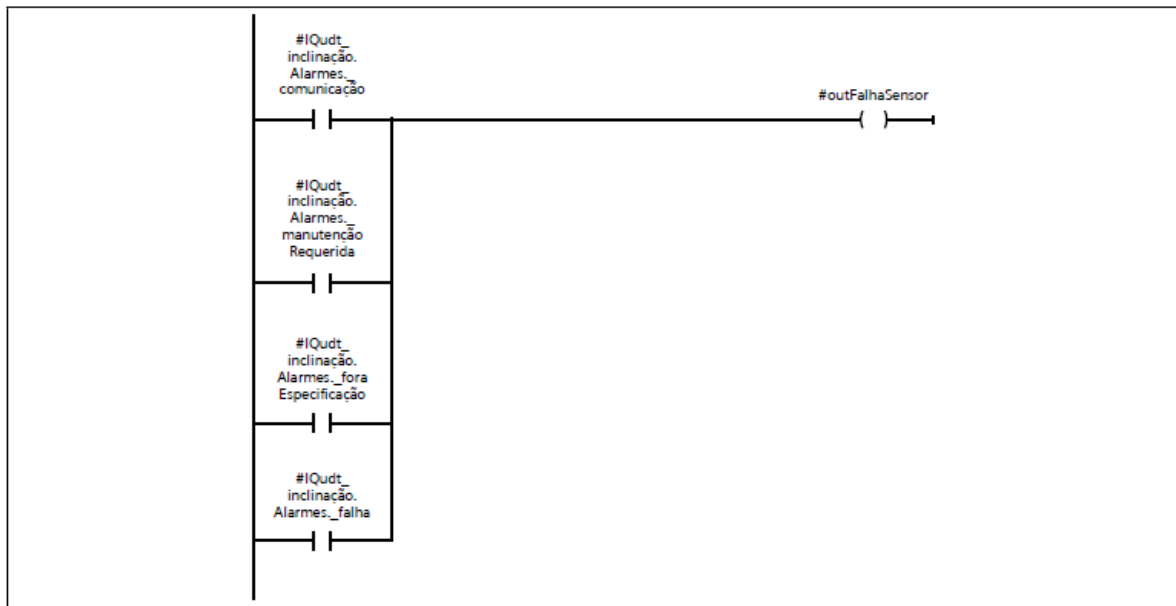
Network 8: Sensor em teste de funcionamento



### Network 9: Sensor em Falha



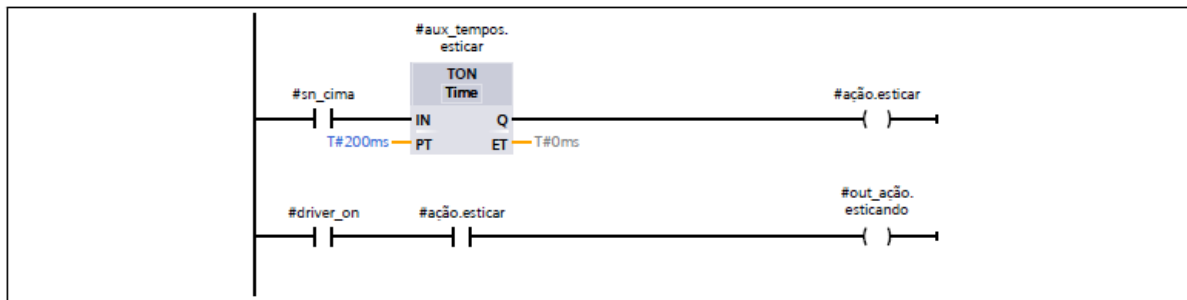
### Network 10: Indica alguma falha ativa no sensor



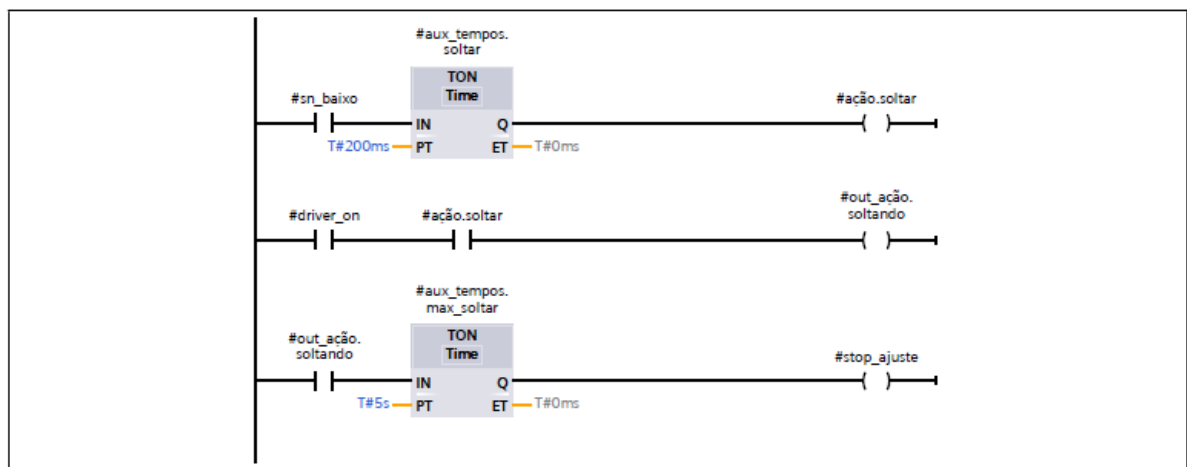
## APÊNDICE D – FUNÇÃO CONTROLE VELOCIDADE TALHA CABO

Name	Data type	Default value	Retain
▼ Input			
sn_cima	Bool	false	Non-retain
sn_baixo	Bool	false	Non-retain
in_velocit	Real	0.0	Non-retain
driver_on	Bool	false	Non-retain
sobe	Bool	false	Non-retain
desce	Bool	false	Non-retain
manual	Bool	false	Non-retain
▼ Output			
out_velocit	Real	0.0	Non-retain
stop	Bool	false	Non-retain
stop_ajuste	Bool	false	Non-retain
out_ação	Struct		Non-retain
InOut			
▼ Static			
ação	Struct		Non-retain
aux_tempos	Struct		Non-retain
Temp			
Constant			

Network 1: Condição para esticar.

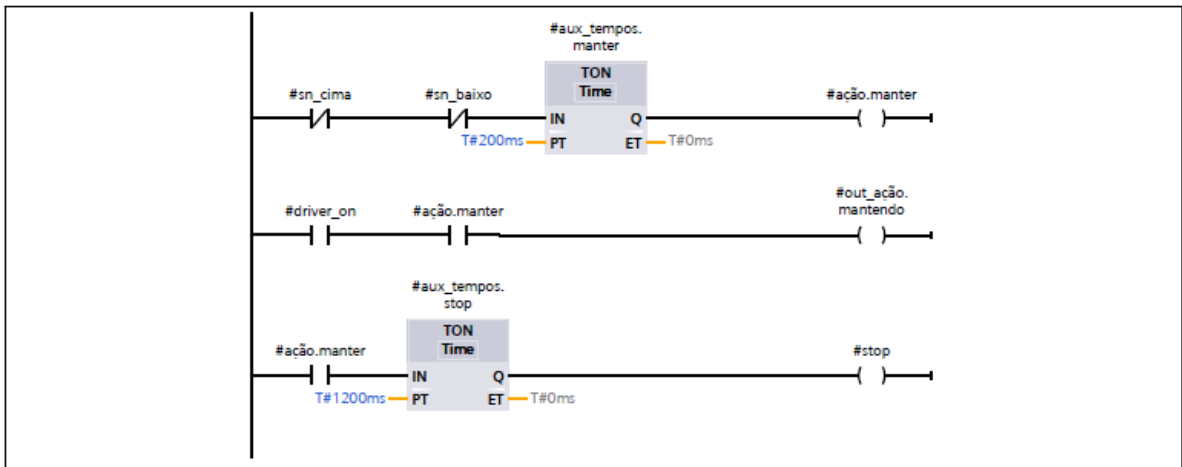


Network 2: Condição para soltar.

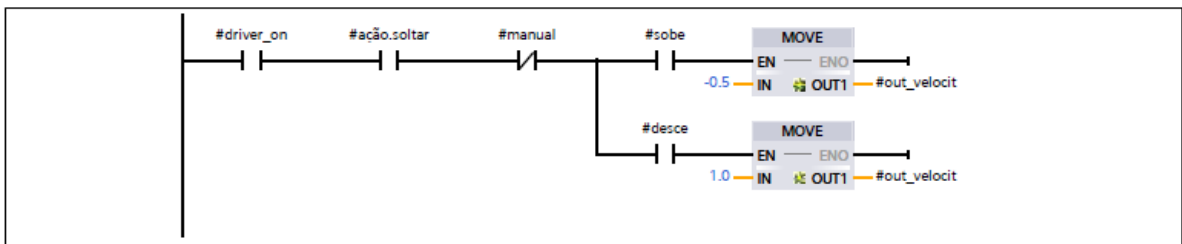




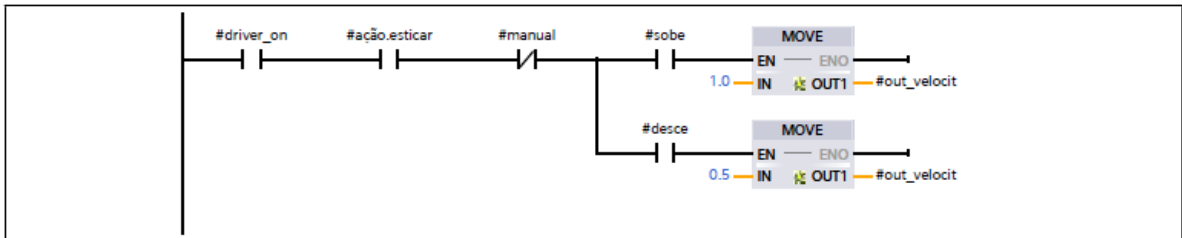
Network 3: Condição para manter.



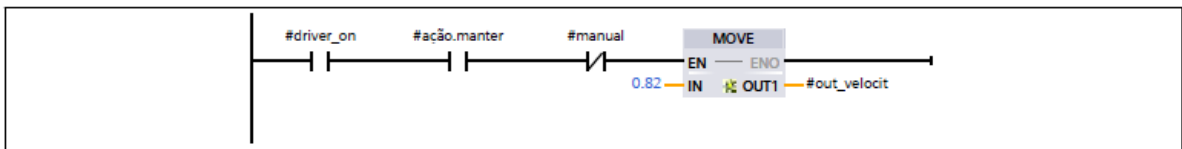
Network 4: Velocidade para soltar.



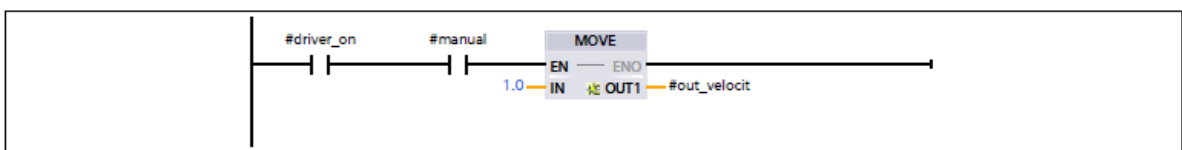
Network 5: Velocidade para esticar.



Network 6: Velocidade para manter.



Network 7: Velocidade para manter.



## ANEXO A - DETALHAMENTO DA WORD STW1

Bit	Value	Significance	Comments
0	0	OFF1	Motor brakes with the ramp-down time p1121 at standstill ( $f < f_{min}$ ) the motor is switched off.
	1	ON	With a positive edge, the inverter goes into the "ready" state, with additionally bit 3 = 1, the inverter switches on the motor.
1	0	OFF2	Switch off motor immediately, motor coasts to a standstill.
	1	No OFF2	---
2	0	Quick stop (OFF3)	Quick stop: Motor brakes with the OFF3 ramp-down time p1135 down to standstill.
	1	No quick stop (OFF3)	---
3	0	Disable operation	Immediately switch-off motor (cancel pulses).
	1	Enable operation	Switch-on motor (pulses can be enabled).
4	0	Lock ramp-function generator	The ramp-function generator output is set to 0 (quickest possible deceleration).
	1	Operating condition	Ramp-function generator can be enabled
5	0	Stop ramp-function generator	The output of the ramp-function generator is "frozen".
	1	Ramp-function generator enable	
6	0	Inhibit setpoint	Motor brakes with the ramp-down time p1121.
	1	Enable setpoint	Motor accelerates with the ramp-up time p1120 to the setpoint.
7	1	Acknowledging faults	Fault is acknowledged with a positive edge. If the ON command is still active, the inverter switches to "closing lockout" state.
8		Not used	
9		Not used	
10	0	PLC has no master control	Process data invalid, "sign of life" expected.
	1	Master control by PLC	Control via fieldbus, process data valid.
11	1	Direction reversal	Setpoint is inverted in the inverter.
12		Not used	
13	1	MOP up	The setpoint stored in the motorized potentiometer is increased.
14	1	MOP down	The setpoint stored in the motorized potentiometer is decreased.
15		Not used	Changes over between settings for different operation interfaces (command data sets).

## ANEXO B - DETALHAMENTO DA WORD ZSW1

Bit	Value	Significance	Comments
0	1	Ready for switching on	Power supply switched on; electronics initialized; pulses locked.
1	1	Ready for operation	Motor is switched on (ON1 command present), no active fault, motor can start as soon as "enable operation" command is issued. See control word 1, bit 0.
2	1	Operation enabled	Motor follows setpoint. See control word 1, bit 3.
3	1	Fault present	The inverter has a fault.
4	1	OFF2 inactive	Coast to standstill not activated (no OFF2)
5	1	OFF3 inactive	No fast stop active
6	1	Closing lockout active	The motor is only switched on after a further ON1 command
7	1	Alarm active	Motor remains switched on; acknowledgement is not required; see r2110.
8	1	Speed deviation within tolerance range	Setpoint/actual value deviation within tolerance range.
9	1	Control requested	The automation system is requested to assume control.
10	1	Comparison speed reached or exceeded	Speed is greater than or equal to the corresponding maximum speed.
11	0	I, M or P limit reached	Comparison value for current, torque or power has been reached or exceeded.
12	1	Holding brake open	Signal to open and close a motor holding brake.
13	0	Alarm motor overtemperature	--
14	1	Motor rotates forwards	Internal inverter actual value > 0
	0	Motor rotates backwards	Internal inverter actual value < 0
15	1	No alarm, thermal power unit overload	