

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

FELIPE DE SOUZA

**BANCADA DE INSPEÇÃO FINAL PARA LINHA DE PRODUÇÃO DE
CONSOLES CENTRAIS DE AUTOMÓVEIS**

FLORIANÓPOLIS, JULHO DE 2026.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

FELIPE DE SOUZA

**BANCADA DE INSPEÇÃO FINAL PARA LINHA DE PRODUÇÃO DE
CONSOLES CENTRAIS DE AUTOMÓVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Mecatrônico.

Orientador:
Prof. Dr. Jean Paulo Rodrigues

FLORIANÓPOLIS, JULHO DE 2026.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Souza, Felipe

BANCADA DE INSPEÇÃO FINAL PARA LINHA DE PRODUÇÃO DE CONSOLES CENTRAIS DE AUTOMÓVEIS / Felipe Souza; orientação de Jean Paulo Rodrigues. - Florianópolis, SC, 2026.

118 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Mecatrônica. Departamento Acadêmico de Metal Mecânica.

Inclui Referências.

1. Automação Industrial. 2. Programação PLC e IHM.
3. Teste Elétrico. 4. Controle de Qualidade. 5. Redes Industriais. I. Paulo Rodrigues, Jean. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. BANCADA DE INSPEÇÃO FINAL PARA LINHA DE PRODUÇÃO DE CONSOLES CENTRAIS DE AUTOMÓVEIS.

BANCADA DE INSPEÇÃO FINAL PARA LINHA DE PRODUÇÃO DE CONSOLES CENTRAIS DE AUTOMÓVEIS

FELIPE DE SOUZA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Mecatrônico e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

FLORIANÓPOLIS, 06 DE JULHO, 2026.

BANCA EXAMINADORA:

Jean Paulo Rodrigues, Dr.

Gregory Chagas da Costa Gomes, Me.

Maurício Edgar Stivanello, Dr.

RESUMO

A automação industrial é um dos pilares das engenharias, em evolução constante, buscando sempre a melhoria na produção, no desempenho e na segurança dos trabalhadores. Com o passar dos anos, os polos industriais vêm se modernizando cada vez mais e junto com os conceitos de automação industrial vêm ampliando sua gama de tecnologias e funcionalidades. A palavra do presente é integração, sistemas embarcados que se integram com sistemas de rastreabilidade em nuvem, com sistemas de gerenciamento de produção e softwares de apontamento de resultados. Nesse sentido, o presente trabalho busca apresentar e documentar o projeto de uma bancada de teste de peças, que tem papel vital no funcionamento de uma linha de montagem de consoles centrais de carros, dentro de um dos maiores polos de produção automobilística do Brasil.

O projeto tem início analisando as necessidades do cliente, buscando uma solução que se adeque aos requisitos e que fique dentro da gama de hardwares aceitos pela contratante. A escolha dos hardwares e a subsequente programação e integração deles é um dos temas cobertos nesse trabalho.

A bancada de testes funciona com um CLP Siemens série S7-1200 e integra diversos equipamentos utilizando diferentes métodos de conexão via diferentes redes industriais. O desenvolvimento do software do CLP no ambiente Siemens TIA Portal e das telas de funcionamento da IHM é documentado. Posteriormente, entramos em detalhes no passo a passo para a realização da integração de equipamentos via rede com exemplos reais. Técnicas de gerenciamento de máquinas de estado foram empregadas para garantir um fluxo correto e uniforme envolvendo todos os equipamentos que compõem a solução final.

Os resultados são consolidados por um produto que está em uso quase 24 horas por dia, 6 dias por semana desde 2021. Nesta bancada, são analisadas quase 500 peças por dia, uma média próxima a 30 por hora. Resultados que validam as técnicas e conceitos utilizados durante o desenvolvimento da bancada de testes.

Por fim, este trabalho deixa uma base de conhecimentos importantes para todos os alunos do curso de Engenharia Mecatrônica que veem a área de automação industrial como uma opção para seguir suas carreiras. Com um estudo de caso real, entregue e em funcionamento em um dos ramos mais competitivos da indústria, este trabalho uniu equipamentos de algumas das maiores empresas no segmento de automação industrial em uma solução robusta para controle de qualidade de produção.

Palavras-chave: Automação industrial, Programação de CLP, Programação de IHM, Siemens TIA Portal, Teste Elétrico, Controle de Qualidade, Redes Industriais, PROFINET, Modbus TCP, Integração CLP/Periféricos.

ABSTRACT

Industrial automation is one of the fundamental pillars of engineering, continuously evolving to improve productivity, performance, and worker safety. Over the years, industrial facilities have undergone significant modernization, and alongside the advancement of industrial automation concepts, an increasing range of technologies and functionalities has emerged. Integration has become a key concept, with embedded systems communicating seamlessly with cloud-based traceability systems, production management platforms, and performance monitoring software.

In this context, this work aims to present and document the development of a component testing bench, which plays a vital role in the operation of a car's central console assembly line within one of Brazil's largest automotive manufacturing facilities. The project begins with an analysis of the customer's requirements, seeking a solution that meets the specified needs while remaining within the range of hardware platforms approved by the client. The selection of hardware components, as well as their subsequent programming and integration, constitutes one of the main topics covered in this work.

The testing bench operates using a Siemens S7-1200 programmable logic controller (PLC) and integrates multiple devices through different communication methods and industrial networks. The development of the PLC software using the Siemens TIA Portal environment, as well as the human-machine interface (HMI) screens, is documented in detail. Subsequently, the work presents a step-by-step approach to equipment integration through industrial communication networks, supported by real-world examples. State machine management techniques were employed to ensure a consistent and reliable operational flow among all devices that comprise the final solution.

The effectiveness of the proposed solution is demonstrated by a system that has been operating continuously for several years, nearly 24 hours per day and six days per week. The testing bench analyzes approximately 500 components daily, averaging nearly 30 components per hour. These results validate the techniques and concepts applied throughout the development of the testing system.

Finally, this work provides an important knowledge base for Mechatronics Engineering students who consider industrial automation as a potential career path. Through a real-world case study, successfully implemented and currently operating within one of the most competitive sectors of industry, this project integrates equipment from some of the leading companies in industrial automation into a robust solution for production quality control.

Keywords: Industrial Automation; PLC Programming; HMI Programming; Siemens TIA Portal; Electrical Testing; Quality Control; Industrial Networks; PROFINET; Modbus TCP; PLC-to-Peripheral Integration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de interface programada em Ladder no TIA Portal	21
Figura 2 – Exemplo de blocos em FBD	22
Figura 3 - Exemplo Structured Text.....	23
Figura 4 - Exemplo do SFC no TIA Portal	24
Figura 5 - Rede PROFINET	26
Figura 6 - Opção 1 S7-1200.....	29
Figura 7 - Opção 2 S7-1500.....	30
Figura 8 - Bancada montada.....	32
Figura 9 - Vista frontal bancada detalhada.....	33
Figura 10 - Arquitetura da solução	34
Figura 11 - Arquitetura da rede	36
Figura 12 - XG-7000 na rede PROFINET.....	36
Figura 13 - Conexão entre o CLP e a IHM	37
Figura 14 - FHPP Modbus Client.....	38
Figura 15 - FHPP Control	39
Figura 16 - Funcionamento da bancada.....	40
Figura 17 - PartNumbers cadastrados para o modelo Fiat Toro	41
Figura 18 - Interface Keyence XG - Vision Editor	43
Figura 19 - Exemplo com fotos de evento do Jeep Commander.....	44
Figura 20 - Alimentação e circuitos AC	46
Figura 21 - Diagrama DC lógico	46
Figura 22 - I/Os CLP.....	47
Figura 23 - Circuito de segurança	49
Figura 24 - Conector de prova.....	51
Figura 25 - Teste de continuidade.....	52
Figura 26 - Pinagem dos conectores Y040 e C070.....	52
Figura 27 - Nós com múltiplos fios no chicote	53
Figura 28 – Pinagem do modulo USB C070.....	53
Figura 29 - Conector principal	55
Figura 30 - Conectores de teste	55
Figura 31 - Esquemático dos relés para o teste elétrico.....	56
Figura 32 - Diagrama pneumático	57
Figura 33 - Ambiente de programação Festo Configuration Tool.....	59

Figura 34 - Lista de CLPs e IHMs disponíveis no TIA	60
Figura 35 - Rede PROFINET da bancada de inspeção para console central	61
Figura 36 - XG na rede PROFINET	62
Figura 37 - Estados do Middleware	63
Figura 38 - Estado Middleware 1.....	63
Figura 39 - Estado Middleware 2.....	63
Figura 40 - Estado Middleware 3.....	64
Figura 41 - Estado Middleware 5.....	65
Figura 42 - Estados Middleware 12 e 17	66
Figura 43 – Chamada do bloco Normal Operation	66
Figura 44 - Bloco Normal Operation	67
Figura 45 - Network 1 Normal Operation.....	67
Figura 46 - Processamento do resultado do ciclo	68
Figura 47 - Networks do Normal Operation	68
Figura 48 - Fluxograma de funcionamento do Teste de Visão	69
Figura 49 - Bloco do Teste de Visão	69
Figura 50 - Reset XG e setup de evento	70
Figura 51 – Acionamento dos iluminadores e trigger XG	71
Figura 52 - Movimentação da guia Festo	72
Figura 53 - Networks do Teste Elétrico 1	73
Figura 54 - Networks do Teste Elétrico 2	73
Figura 55 - Networks do Teste Elétrico 3	73
Figura 56 – Telas da IHM	74
Figura 57 - Criação de telas	75
Figura 58 – Tela da IHM em operação	76
Figura 59 - Tela da IHM para simulação	76
Figura 60 - Tela da IHM com movimentação da guia.....	77
Figura 61 - Tela da IHM com as saídas digitais	77
Figura 62 - Tela da IHM com sensores de peça.....	78
Figura 63 – Instalação da bancada na planta da <i>Forvia</i> em Pernambuco.....	79
Figura 64 - Exemplo: Relatório de inspeção de um Jeep Compass	80
Figura 65 - Números de produção diária.....	81
Figura 66 - Números de produção mensal	81
Figura 67 - Números de produção 2026.....	81
Figura 68 - Estatísticas de produção semanal	82

Figura 69 - Eventos com resultado NOK dia 10/08/202683

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conexões nas entradas do CLP	47
Tabela 2 – Conexões nas saídas do CLP	48
Tabela 3 - Falhas de montagem das peças	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem-Máquina
FMM	Faurecia Magneti Marelli
TIA	Totally Integrated Automation
SFC	Sequential Function Chart
I/O	Entrada e Saída
DB	Data Block
VDC	Volts em Corrente Contínua
VAC	Volts em Corrente Alternada
FCT	Festo Configuration Tool
PLC	Programmable Logic Controller
CPU	Central Processing Unit
ST	Structured Text
SCL	Structured Control Language
FBD	Function Block Diagram
FB	Function Block
FC	Function
IL	Instruction List
RT	Real Time
IRT	Isochronous Real Time
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
IoT	Internet of Things

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Definição do Problema	14
1.3	Objetivo Geral.....	15
1.4	Objetivos Específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Controladores Lógicos Programáveis (CLPs).....	17
2.2	Interfaces Homem-Máquina (IHMs).....	18
2.3	Linguagens de programação de CLP e IHM	19
2.3.1	Ladder Diagram	20
2.3.2	Function Block Diagram	21
2.3.3	Structured Text.....	22
2.3.4	Instruction List – IL	23
2.3.5	Sequential Function Chart – SFC.....	23
2.4	Redes Industriais	24
2.4.1	TCP/IP.....	25
2.4.2	PROFINET	25
2.4.3	OPC/UA	27
2.4.4	Modbus	27
3	METODOLOGIA	28
3.1	Escopo inicial do projeto.....	28
3.2	Análise do caderno de encargo e definição dos hardwares	29
3.3	Estrutura mecânica	31
3.4	Arquitetura da Solução.....	33
3.5	Arquitetura da Rede.....	35
3.6	Funcionamento da Bancada	39
3.7	Projeto elétrico do quadro de comando.....	45
3.8	Análise e desenvolvimento do teste elétrico	49
3.9	Circuito pneumático.....	56
3.10	Guia linear Festo	57
3.11	Programação CLP e IHM.....	59
3.11.1	Escolha dos Hardwares	59
3.11.2	Configuração dos dispositivos na rede PROFINET	61
3.12	Programação: Software <i>TIA PORTAL</i>.....	62
3.12.1	Máquina de estados Middleware.....	62
3.12.2	Funcionamento da bancada durante a realização dos eventos	66
3.12.3	Bloco gestão do teste elétrico	72
3.13	Desenvolvimento telas IHM.....	74
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	79
4.1	Dados de produção retirados do supervisório Laudit.....	79
4.2	Análise dos problemas de produção.....	82
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
	REFERÊNCIAS	86

ANEXO A – CDE - Vision System CC_03_06_2020	88
ANEXO B – ESPECIFICAÇÃO DE MÁQUINAS EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS FMM V1	111

1 INTRODUÇÃO

Santana (2025) descreve a automação com uma posição de destaque como uma das principais áreas de inovação tecnológica no século XXI, sendo um dos pilares fundamentais para a evolução das engenharias, impulsionando ganhos significativos em produtividade, qualidade e segurança nos processos produtivos. Com a integração de sistemas inteligentes, controle avançado e tecnologias digitais, como sensores, CLPs e sistemas supervisórios, a automação permite a otimização de recursos e a redução de falhas humanas, tornando os processos mais eficientes e confiáveis. Nesse contexto, sua relevância não se limita apenas à Engenharia de Controle e Automação, impactando diretamente áreas como a Engenharia Mecatrônica, Elétrica, de Produção e Mecânica, ao promover soluções para desafios industriais cada vez mais complexos.

Neste trabalho é apresentada uma bancada de inspeção de produção, posicionada no final de uma linha de montagem. Essa bancada tem como principal função aferir a correta montagem e a presença de todos os componentes do produto, levando em consideração o modelo produzido e o sequenciamento da linha de montagem.

O controle dessa bancada é feito por um CLP da linha Siemens S7-1200 em paralelo com uma interface homem-máquina Siemens TP700. Para garantir a correta montagem das peças, diversos meios são empregados, entre eles sensores de presença, testes elétricos e softwares de visão computacional.

O principal software utilizado neste projeto foi o *Totally Integrated Automation Portal V14*, da Siemens, nele todas as configurações de Hardware e Software do CLP e IHM são feitas, além de ser peça fundamental na integração entre todos os equipamentos necessários para o funcionamento da bancada.

Outros softwares como o *Festo Configuration Tool*, da Festo e o *XG Configuration Tool*, da Keyence também têm funções importantes no projeto final.

As redes industriais desempenham um papel fundamental na integração e comunicação entre dispositivos de campo e controladores lógico programáveis, garantindo a confiabilidade, rapidez e eficiência na troca de dados. Tecnologias amplamente utilizadas, como a PROFINET e o Modbus, exemplificam diferentes

protocolos de troca de dados disponíveis atualmente, atendendo a requisitos e complexidade distintos. Segundo Cordeiro (2019), no cenário brasileiro existem três tipos de redes industriais majoritariamente utilizados: a rede AS-I, a rede Modbus e a rede Profibus, evidenciando a importância desses protocolos na indústria nacional.

Nesse contexto, o presente estudo busca abordar a integração entre equipamentos, sistemas supervisórios e dispositivos de controle em uma planta moderna de produção, destacando a importância das redes industriais em conjunto com sistemas de automação para aumentar a qualidade da produção e evitar erros humanos na indústria automotiva.

1.1 Justificativa

O trabalho tem como foco abordar a programação em Ladder e SCL do controlador lógico programável, a elaboração das telas da IHM, o estudo e desenvolvimento dos testes elétricos, os diferentes métodos empregados para comunicação entre CLP e os demais equipamentos da bancada e a comunicação e troca de dados entre os sistemas de rastreabilidade e os servidores da planta. Todos os temas citados acima são atuais e contemplam muitas das disciplinas ofertadas no curso de engenharia mecatrônica.

1.2 Definição do Problema

O Polo Automotivo de Goiana, situado em Goiana, Pernambuco, tem suma importância no cenário nacional como um dos maiores polos automotivos do Brasil. Com grande destaque em sua modernidade, conceito produtivo e escala de produção, alguns dos carros mais vendidos do país são produzidos pela Jeep e seu conjunto de fornecedoras no polo de Goiana.

Uma dessas fornecedoras é a FORVIA, uma empresa contratada pela Jeep para fazer a fabricação e montagem de peças plásticas dos interiores e exteriores dos carros. Na planta da FORVIA são montados os para-choques frontais e traseiros, painéis internos (cockpit), painéis de portas, console central e outros acessórios como Spoiler e Lightbar. A planta da FORVIA em Goiana também é chamada de FMM, usaremos essa sigla para descrever a planta neste texto.

No polo são produzidos os modelos Jeep Compass, Jeep Renegade, Jeep Commander, Ram 1500 e Fiat Toro. Tamanha diversidade de modelos requer a adoção de uma produção sequenciada e flexível.

Uma produção sequenciada e flexível é um modelo de organização produtiva no qual diferentes produtos ou variantes são fabricados na mesma linha de produção, seguindo uma ordem previamente planejada, dando ao sistema a capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças de demanda, mix de produtos ou configurações. Como resultado, é possível produzir uma alta variedade de produtos com eficiência, de acordo com as necessidades do mercado e sem a necessidade de grandes estoques.

Embora muito versátil, tal modelo de produção requer um cuidado maior, pois qualquer troca ou falha no sequenciamento e na montagem, pode causar perdas grandes com retrabalho e paradas de linha.

Levando isso em consideração, a FMM tem como requisito em suas linhas de produção, uma bancada de inspeção final que junto a um sistema de rastreabilidade, tem como função garantir o correto sequenciamento e montagem das peças, evitando assim possíveis erros humanos durante os processos.

Para a linha de montagem de consoles centrais não é diferente, este trabalho aborda o desenvolvimento e montagem de uma máquina cujo principal objetivo é realizar essa verificação de todas as peças produzidas na linha de montagem de consoles centrais. Tal bancada vai realizar testes elétricos de continuidade e inspeção visual nos consoles dos carros: Fiat Toro, Jeep Renegade, Jeep Compass e Jeep Commander.

1.3 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo apresentar a tomada de decisões e todas as etapas envolvidas no projeto, configuração, programação, integração, montagem, validação e entrega da bancada de inspeção final de consoles centrais na planta da FMM, localizada no parque industrial da Jeep em Goiana, Pernambuco, evidenciando as soluções adotadas para automação, comunicação industrial, testes elétricos, e rastreabilidade aplicadas ao controle de qualidade no processo produtivo automotivo.

1.4 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho incluem, mas não se limitam a:

- a) Projeto do painel elétrico da bancada;
- b) Projeto para elaboração dos testes elétricos dos consoles;
- c) Programação do CLP e IHM da estação;
- d) Integração dos dispositivos da bancada com o CLP via redes industriais;
- e) Integração com sistemas de rastreabilidade da planta;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Devido à complexidade e variedade de tecnologias e conhecimentos utilizados no desenvolvimento deste projeto, alguns desses temas serão abordados neste capítulo, com a intenção de esclarecer e apresentar temas essenciais para o entendimento do funcionamento final da bancada.

Abordaremos alguns dos hardwares industriais mais usados nas fábricas e as tecnologias e linguagens de programação disponíveis para sua configuração. Além disso, o projeto conta com diversos equipamentos que utilizam tipos de comunicação diferentes, portanto, abordaremos as tecnologias mais difundidas e importantes no âmbito da automação industrial.

O foco principal deste trabalho é apresentar o desenvolvimento e funcionamento do CLP que controla a bancada. Serão apresentados em detalhes os principais blocos e funções desenvolvidas para a integração dos dispositivos e o funcionamento da bancada.

2.1 Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)

O desenvolvimento dos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) está associado à necessidade de maior flexibilidade e confiabilidade nos processos industriais a partir da década de 1960, quando as primeiras soluções foram introduzidas pela General Motors, nos Estados Unidos, como alternativa aos painéis de relés e temporizadores eletromecânicos (NASCIMENTO, 2022).

Segundo Nascimento (2022), o surgimento dos CLPs representou uma revolução na automação industrial, pois permitiu a substituição de circuitos rígidos de relés por lógica programável, o que reduziu significativamente os custos e o tempo de manutenção em linhas de produção. O primeiro modelo amplamente reconhecido foi o Modicon 084, desenvolvido em 1968, considerado o marco inicial da automação programável.

Um CLP é, em essência, um computador industrial projetado para operar em ambientes severos, com altas temperaturas, vibração, interferências eletromagnéticas e poeira, e com capacidade de executar instruções em tempo real.

Realizando leituras de variáveis de entrada, processando instruções lógicas e acionando saídas de acordo com a lógica programada, seguindo um ciclo de varredura periódico.

Atualmente, os CLPs são amplamente utilizados em setores como manufatura, energia, saneamento e transportes, desempenhando papel central na automação industrial. Além disso, com a expansão dos conceitos da Indústria 4.0, esses controladores evoluíram para suportar comunicação em rede, conectividade IoT (Internet of Things) e integração com sistemas de supervisão e nuvem, possibilitando a coleta e análise de dados em tempo real.

Dessa forma, os CLPs consolidam-se como elementos fundamentais para a digitalização e modernização dos processos industriais, unindo robustez, confiabilidade e flexibilidade operacional, características que os mantêm como o ponto central dos sistemas de controle modernos.

2.2 Interfaces Homem-Máquina (IHMs)

As Interfaces Homem-Máquina (IHMs) são elementos essenciais nos sistemas de automação industrial, permitindo a comunicação direta entre o operador e o processo controlado. Por meio das IHMs, é possível visualizar o estado atual das variáveis do sistema, modificar parâmetros operacionais, acionar comandos e monitorar alarmes e falhas em tempo real (NASCIMENTO, 2022).

De acordo com Nascimento (2022), a evolução das IHMs acompanhou o avanço dos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Enquanto, nas décadas iniciais da automação, o operador interagiu com o sistema por meio de botões, lâmpadas sinalizadoras e instrumentos analógicos, as IHMs modernas introduziram interfaces gráficas digitais mais intuitivas e seguras, que permitem a centralização do controle e da supervisão em painéis táteis ou terminais industriais.

Cezário (2023) destaca que o uso de IHMs em conjunto com CLPs, no seu caso para um projeto acadêmico, favorece o entendimento do ciclo completo de automação, uma vez que o operador pode acompanhar, em tempo real, variáveis medidas, estados de atuadores e alarmes. Em seu trabalho, o autor desenvolveu um sistema de supervisão e controle de tanques acoplados, no qual uma IHM foi utilizada

para representar graficamente os níveis de líquido, exibir alarmes de nível crítico e permitir o controle manual ou automático das bombas. Esse exemplo evidencia o papel das IHMs como ferramentas didáticas e industriais de grande relevância.

As IHMs modernas também oferecem recursos avançados, como registro de tendências históricas, configuração de receitas de produção, tratamento de alarmes, e conectividade com bancos de dados e sistemas supervisórios (SCADA). Essas funcionalidades tornam a IHM um componente estratégico não apenas para operação local, mas também para integração com sistemas de gestão e supervisão em arquiteturas da Indústria 4.0.

Portanto, as Interfaces Homem-Máquina consolidam-se como ferramentas essenciais para a operação e supervisão de processos automatizados, combinando recursos visuais, interatividade e integração digital. Seu uso em projetos acadêmicos, como os de Cezário (2023), Fernando (2017) e Lage (2017), também mostra a importância pedagógica desse recurso quando abordados conceitos de engenharia mecatrônica e do controle industrial.

Na engenharia mecatrônica, a integração entre CLPs e IHMs é essencial para o controle de processos automatizados, linhas de produção e sistemas robóticos. Essa combinação permite monitoramento em tempo real, maior confiabilidade operacional e flexibilidade para adaptações em ambientes industriais dinâmicos.

2.3 Linguagens de programação de CLP e IHM

Nascimento (2022), Lage (2017) e Botelho (2011) citam a IEC 61131-3. Ela é uma norma internacional que visa padronizar as múltiplas linguagens relacionadas à programação de CLPs e atender as necessidades dos diversos segmentos industriais (SANTOS; IGESKI; PAZINI, 2019). Nela são definidas cinco linguagens principais: Diagrama de Escada (*Ladder Diagram - LD*), que utiliza lógicas de contato similar a diagramas elétricos; Diagrama de Blocos Funcionais (*Function Block Diagram - FBD*), uma linguagem gráfica baseada em blocos funcionais interconectados; Texto Estruturado (*Structured Text - ST*), uma linguagem textual de alto nível; Lista de Instruções (*Instruction List - IL*), uma linguagem textual semelhante a linguagem de montagem; Diagrama de Funções Sequenciais (*Sequential Function*

Chart - SFC), uma linguagem gráfica para descrever processos sequenciais, dividindo-os em etapas e transições. O objetivo desta norma é estruturar a lógica de programação de forma modular e permitir a integração entre diferentes sistemas de automação.

A utilização dessas diferentes linguagens varia conforme o fabricante escolhido, o modelo de hardware disponível, a forma de desenvolvimento e a necessidade de cada aplicação (NASCIMENTO, 2022).

Quando programando um CLP, a escolha da linguagem usada depende da complexidade do projeto, da familiaridade do programador com a linguagem e dos requisitos específicos da aplicação. Cada linguagem possui características específicas que as tornam adequadas para diferentes tipos de aplicação.

Cada fabricante de CLP possui seu próprio ambiente de programação, a disponibilidade das linguagens de programação mencionadas acima, bem como outras varia de programa para programa. Alguns desses ambientes de programação permitem também a utilização de diferentes linguagens de programação no mesmo programa, dessa forma o programador pode criar as funções de acordo com a necessidade, usando a linguagem que mais lhe agrada. É importante salientar que nesses casos não existe o certo ou errado, diferentes linguagens de programação podem ter resultados semelhantes.

2.3.1 Ladder Diagram

Geralmente, ao se falar em programação de CLPs, a linguagem ladder é a primeira a ser requerida, já que é uma linguagem de programação gráfica, de fácil entendimento e facilidade de programação (LAGE, 2017).

Esta linguagem é baseada na lógica de relés e utiliza uma estrutura gráfica composta por uma série de *Networks* verticais e linhas horizontais que simulam circuitos elétricos. Essa abordagem facilita a visualização da lógica de controle e torna a linguagem acessível para pessoas que possuam conhecimento prévio.

O Ladder permite a implementação de funções como temporizadores, contadores, comparadores, set/reset de saídas, controle de motores, intertravamentos e outras operações lógicas típicas da automação. Tais funções variam de acordo com

o fabricante e o software de programação. Alguns desses ambientes de programação, como é o caso do TIA Portal da Siemens e do TwinCAT 2 da Beckhoff permitem a chamada de blocos de função (*Function Block – FB* e *Function – FC*) o que possibilita a reutilização de código e a criação de estruturas modulares.

A Figura 1 é um exemplo de programa utilizando a linguagem lógica do Ladder para criar condições de funcionamento complexas. Retirada de um programa feito usando o TIA Portal da *Siemens*, essa imagem traz um exemplo de chamada de bloco de função FC.

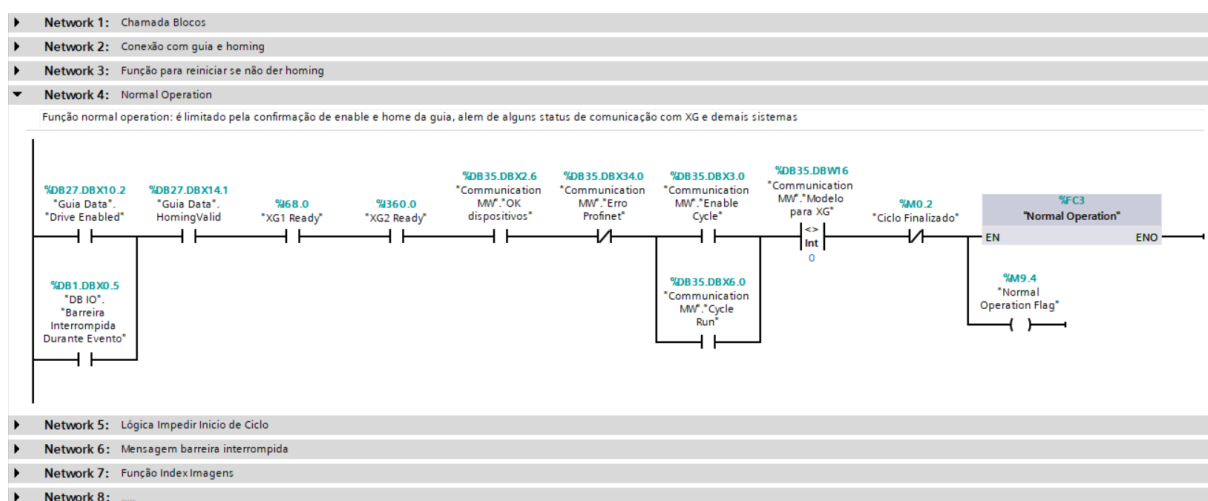


Figura 1 - Exemplo de interface programada em Ladder no TIA Portal

2.3.2 Function Block Diagram

Lage (2017) define a linguagem FBD como uma representação gráfica baseada em blocos funcionais conectados entre si, facilitando assim a visualização lógica do processo e a implementação de sistemas de automação industrial.

Cada bloco executa uma função específica, como operações lógicas, aritméticas, temporizações ou controle PID, permitindo construir programas de forma estruturada e visual. Essa abordagem facilita o entendimento de processos contínuos e aplicações com múltiplas variáveis, sendo ideal para automação de sistemas mais complexos, e quando temos diversas instâncias usando o mesmo programa. A FBD também permite o uso de blocos personalizados e reutilizáveis, contribuindo para o desenvolvimento modular e eficiente de projetos. A Figura 2 é um exemplo de FBD. Um bloco com diversos sinais de entrada e saída utilizado para controle e diagnóstico de um driver de motor da Festo.

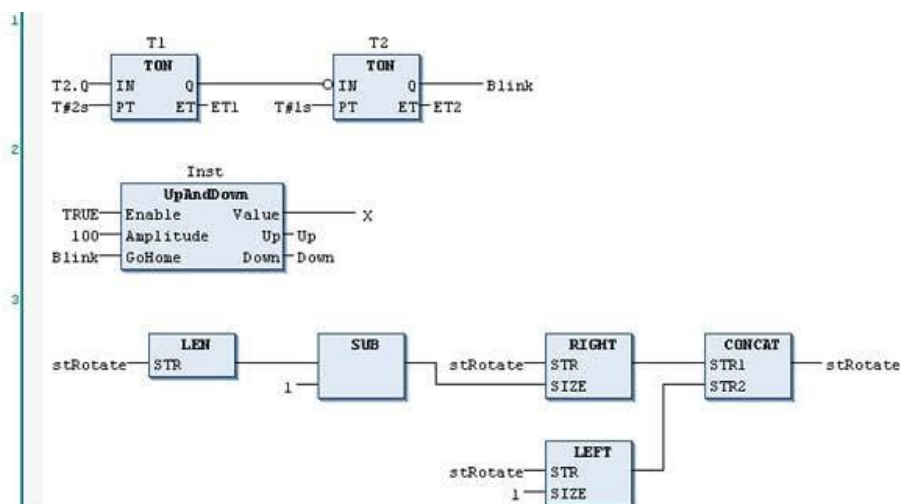


Figura 2 – Exemplo de blocos em FBD

2.3.3 Structured Text

Structured Text (ST) é uma linguagem textual de alto nível, semelhante a linguagens derivadas do C, que oferece maior flexibilidade e legibilidade para a implementação de algoritmos complexos, como manipulação de strings, cálculos avançados ou controle baseado em condições complexas. Faustino (2005) a define como uma linguagem que encoraja a programação estruturada e cuja sintaxe se assemelha ao Pascal.

Na ferramenta TIA Portal da Siemens, o ST é conhecido como SCL (Structured Control Language). Como mencionado anteriormente, cada fabricante disponibiliza e aborda essas linguagens de maneira diferente.

A Figura 3 apresenta um exemplo de programação utilizando o Structured Text no TIA Portal da Siemens.



```

Network 28: Passo NOK - Reseta programas Feitos
Comment
1 IF #habilitar & "PassoNOK" & #Voltar_Programa & (NOT "DB_Funcionamento_Automatico".Maximo_NOK[#Programa_Atual]) THEN
2   #i := 0;
3   FOR #i := 0 TO 9 DO
4     #Aux_For := 9 - #i;
5     IF (#Retorna_Programa <= #Aux_For) THEN
6       "DB_Funcionamento_Automatico".ProgramaFeito[#Aux_For] := 0;
7       "DB_Funcionamento_Automatico".ProgramaExecutado[#Aux_For] := 0;
8       "DB_Funcionamento_Automatico".resultadoProgramas[#Aux_For + 1] := 0;
9       // "DB_Funcionamento_Automatico".resultadoProgramas[#memoriaPrograma] := 0;
10      IF #Aux_For = 0 THEN
11        "PassoNOK" := 0;
12        #Voltar_Programa := 0;
13        "DB_API".NR_Leitura_OK := 0;
14        #resetou_Prog := 1;
15      END_IF;
16      IF (#Aux_For < #Programa_Atual) THEN
17        "DB_Funcionamento_Automatico".Contador_NOK[#Aux_For] := 0;
18      END_IF;
19      ELIF (#Retorna_Programa > #Aux_For) THEN
20        "PassoNOK" := 0;
21        #Voltar_Programa := 0;
22        "DB_API".NR_Leitura_OK := 0;
23        #resetou_Prog := 1;
24      END_IF;
25    END_FOR;
26  END_IF;
27
28
29

```

Figura 3 - Exemplo Structured Text

2.3.4 Instruction List – IL

Instruction List (IL) é outra linguagem textual utilizada na programação de CLPs, caracterizada pela execução de instruções sequenciais de forma semelhante à linguagem Assembly. Sua estrutura é baseada em comandos curtos e operações lógicas realizadas diretamente sobre registradores e variáveis do sistema. Faustino (2005) a define como uma linguagem textual onde a lógica é descrita como uma sequência de mnemônicos.

Atualmente o Instruction List não tem tanta importância na programação de CLPs, sendo utilizado mais para sistemas embarcados e drivers de hardwares. No ambiente da Siemens por exemplo, essa linguagem foi extinta nos controladores mais modernos das linhas S7-1200 e S7-1500, estando presente apenas nos antigos controladores S7-300 e S7-400 programados usando o Step 7.

2.3.5 Sequential Function Chart – SFC

SFC é uma linguagem gráfica que permite definir o comportamento sequencial de um sistema de controle. Tal evolução pode ser determinada por eventos específicos ou simplesmente por intervalos de tempo (FAUSTINO, 2005). Ela é utilizada na programação de CLPs para representar processos sequenciais de forma gráfica e estruturada, permitindo dividir o funcionamento do sistema em etapas, com

transições e ações. Cada etapa executa uma função previamente definida e aguarda uma transição, que pode ser recebida de um sensor externo ou variáveis de fluxo internas do CLP.

No ambiente TIA Portal da Siemens, o conceito de programação sequencial pode ser implementado principalmente através do módulo S7-GRAPH, ferramenta utilizada para criação de lógicas baseadas no SFC. Nesse ambiente, o programador pode estruturar as etapas, condições de transição e ações associadas a cada estado do processo, podendo até utilizar as outras linguagens de programação em cada etapa. A Figura 4 apresenta um exemplo prático de SFC no TIA Portal, podemos ver os passos e as transições envolvidas em um fluxo simples.

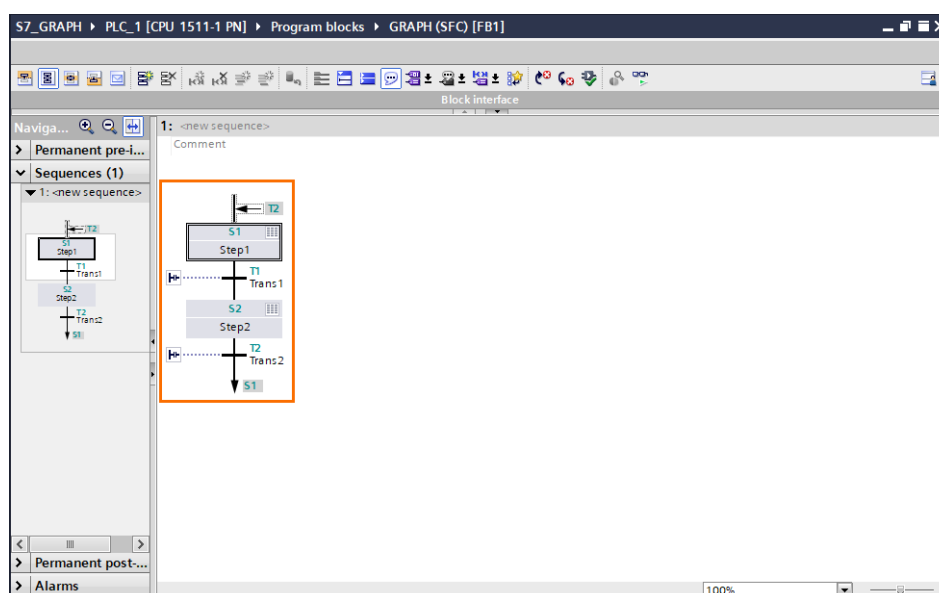


Figura 4 - Exemplo do SFC no TIA Portal

2.4 Redes Industriais

Marcos (2013) define as redes industriais como um conjunto de dispositivos independentes, interligados por um sistema de comunicação, capacitados a trocar informações entre si. Estas redes têm como finalidade transmitir informações cruciais de controle e dados operacionais para operadores e equipamentos a fim de permitir a coordenação automatizada dos mais variados processos.

As redes industriais desempenham um papel fundamental na automação, permitindo a comunicação entre dispositivos de controle, sensores, atuadores e sistemas supervisórios (SANTANA, 2025).

Devido aos constantes avanços tecnológicos, a complexidade dos processos e a necessidade de integração entre diversas áreas de produção, gestão e qualidade, é cada vez mais importante a utilização de arquiteturas e protocolos de comunicação que sejam padronizáveis, confiáveis, robustos e garantam a troca de informações em tempo real.

Existem variadas maneiras de formatação e transmissão das informações entre os diversos componentes da rede. A essas diferentes maneiras dá-se o nome de protocolo. Cada protocolo abrange um determinado conjunto de regras para estabelecer a comunicação e formatar os dados necessários para a comunicação da rede, além dos dados de interesse propriamente ditos que compõem a mensagem.

2.4.1 TCP/IP

O protocolo TCP/IP é amplamente utilizado em redes industriais devido à sua capacidade de comunicação entre diferentes dispositivos e sistemas de automação, permitindo a troca de dados de maneira padronizada e confiável. Sua arquitetura é baseada em camadas de comunicação responsáveis pelo transporte, endereçamento e controle das informações transmitidas na rede, possibilitando integração entre CLPs, sistemas supervisórios, IHMs e dispositivos industriais conectados via Ethernet. Em aplicações industriais, o TCP/IP tornou-se fundamental para protocolos modernos como PROFINET e Modbus TCP, contribuindo para maior flexibilidade e expansão das redes de automação.

Segundo Couto (2010), o padrão TCP/IP é uma das arquiteturas mais difundidas para comunicação a longa, média e curta distância envolvendo computadores, evidenciando sua ampla utilização também no contexto das redes industriais.

2.4.2 PROFINET

O PROFINET é um protocolo baseado em Ethernet industrial desenvolvido pela PROFIBUS & PROFINET International. Suporta comunicação em tempo real (RT) e tempo real isócrono (IRT), sendo adequado para aplicações de controle de

movimento e sincronização precisa. Sua alta velocidade e suporte a diagnósticos avançados o tornam uma das tecnologias mais adotadas em automação moderna.

O protocolo utiliza modelo Provider/Consumer na comunicação entre uma estação central e dispositivos descentralizados, onde um dispositivo Provider disponibiliza os dados para o Consumer (DIAS, 2014).

Uma rede PROFINET exige pelo menos um IO-Controller, podendo também utilizar múltiplos IO-Controllers, e um ou mais IO-Devices. A existência do IOSupervisor é opcional, sendo utilizado apenas temporariamente como ferramenta de comissionamento e parametrização (DIAS, 2014).

Como exemplo de rede PROFINET, podemos ter um CLP como IO-Controller se comunicando com diversos dispositivos na rede como câmeras PROFINET, sensores e módulos de entradas remotas. Neste exemplo, os dispositivos da rede atuam como IO-Devices.

A Figura 5 é um exemplo de rede PROFINET envolvendo um CLP Siemens S7-1200 como o IO-controller e diversos equipamentos como IO-Devices, ela evidencia a capacidade de integração de diversos equipamentos de diferentes marcas utilizando o mesmo controlador em uma mesma rede.

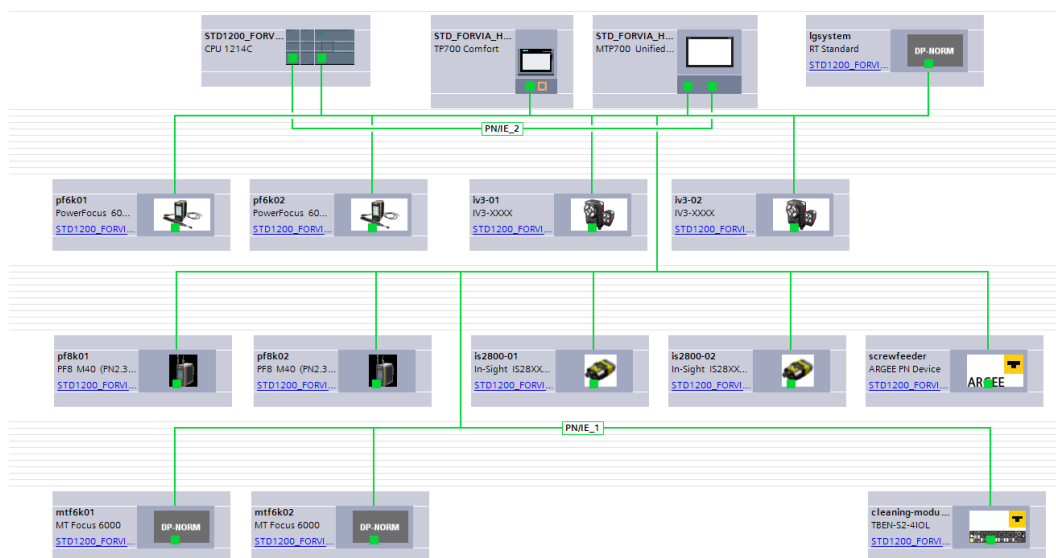


Figura 5 - Rede PROFINET

2.4.3 OPC/UA

O OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) é um padrão de comunicação industrial desenvolvido para promover a compatibilidade entre dispositivos, sistemas supervisórios, controladores e aplicações corporativas, independentemente do fabricante ou da plataforma utilizada. Sua arquitetura orientada a serviços permite a troca segura e padronizada de informações entre clientes e servidores, facilitando a integração dos diferentes níveis da automação industrial.

Segundo Leitão (2010), o OPC UA é um padrão independente de plataforma, pelo qual vários tipos de sistemas e dispositivos podem se comunicar pela troca de mensagens entre Clientes e Servidores sobre inúmeros tipos de redes, além de oferecer mecanismos de segurança, modelagem de dados e flexibilidade para integração de sistemas. Dessa forma, o OPC UA tornou-se uma tecnologia importante sendo fundamental para a indústria 4.0, permitindo comunicação entre máquinas, nuvem e sistemas corporativos.

2.4.4 Modbus

Criado nos anos 1970, o Modbus tornou-se um dos protocolos industriais mais difundidos. Sua simplicidade o torna adequado a aplicações de baixo custo, sendo utilizado em versões Modbus RTU (serial) e Modbus TCP (Ethernet).

Santana (2025) define o Modbus como um protocolo de mensagens na camada de aplicação, que fornece comunicação cliente/servidor entre dispositivos conectados em diferentes tipos de barramentos ou redes.

Ele foi desenvolvido com o objetivo de facilitar a comunicação entre dispositivos industriais, sendo um dos primeiros protocolos abertos amplamente adotados. Inicialmente projetado para comunicação em redes seriais (RS-232 e RS-485), o Modbus evoluiu para a rede Ethernet, no formato Modbus TCP, tornando-se mais adaptável às demandas atuais das indústrias (SANTANA, 2025).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo vamos abordar todos os passos desde o recebimento do caderno de encargos com o escopo inicial do projeto, até os resultados obtidos após a entrega e instalação da bancada de inspeção no cliente final. Vamos detalhar o processo de escolha dos equipamentos e as melhores tecnologias para integrá-los ao sistema, um conceito mecânico inicial da bancada, a elaboração do painel elétrico e dos testes elétricos realizados, detalharemos o funcionamento e por fim vamos apresentar algumas métricas obtidas após a implementação do produto na planta.

3.1 Escopo inicial do projeto

Recebemos inicialmente um escopo que informa quais os requisitos operacionais da bancada junto a documentos que visam delimitar os equipamentos aceitos na construção da bancada. No caso da *Forvia*, os documentos internos são o caderno de encargos, Anexo A, que apresenta as necessidades e desafios da *Forvia* a serem abordados no projeto, e o conjunto de documentos que descrevem quais Hardwares e Softwares são aceitos pela *Forvia* na elaboração da solução.

Esses documentos têm como principal função padronizar os formatos construtivos de máquinas e equipamentos, definindo metodologias, referências e fabricantes a serem empregados, tal modelo também visa facilitar eventuais manutenções e minimizar problemas com disponibilidade de peças de reposição.

Alguns dos equipamentos padronizados pela *Forvia* são encontrados no Anexo B, que traz uma lista de componentes e os fabricantes aceitos. Além disso, para cortar gastos excessivos nos projetos e garantir a reutilização de equipamentos após atualizações de linha, a *Forvia* do Brasil definiu um escopo de solução que padroniza os hardwares utilizados para a montagem do painel elétrico em seus projetos.

Tais documentos limitam a escolha dos equipamentos para a solução dos problemas listados no caderno de encargos.

No caso da bancada de inspeção final da linha de produção de consoles centrais, a solução requisitada pela *Forvia* mescla câmeras de inspeção para assegurar o correto versionamento de peças com cores e opcionais diferentes, com o

teste elétrico das peças, visando garantir a correta montagem dos componentes eletrônicos no chicote elétrico do console.

Tendo em mente os documentos e dados acima, começamos a esboçar os hardwares que vão compor a solução final entregue, bem como a estrutura da bancada, que servirá de suporte para as peças durante os testes.

3.2 Análise do caderno de encargo e definição dos hardwares

Um dos principais pontos definidos pelo escopo e limitados pela documentação interna da *Forvia* é a presença e os modelos de CLP aceitos. A especificação de máquinas e equipamentos da *Forvia* define a Siemens como parceira global para o fornecimento de controladores lógico programáveis, limitando as opções às linhas S7-300, S7-400, S7-1200 e S7-1500. Já a *Forvia* Brasil, com o intuito de padronizar as bancadas entregues nas plantas nacionais, criou dois grupos de hardwares que devem ser escolhidos de acordo com as necessidades da bancada em questão.

A Figura 6 apresenta o primeiro grupo de hardwares, composta por um CLP Siemens CPU 1214C da linha S7-1200 e uma IHM MTP700 Unified Comfort, além de alguns módulos de expansão e uma fonte de alimentação 24VDC. Esta é a opção mais básica e é usada na maioria das bancadas.

GROUP	ITEM	SUPPLIER	REFERENCE
CENTRAL PROCESSING UNITS	CPU 1214C	SIEMENS	6ES7214-1AG40-0XB0
	Memory card 24 Mb	SIEMENS	6ES7954-8LF03-0AA0
HUMAN MACHINE INTERFACE	TP700 Comfort or	SIEMENS	6AV2124-0GC01-0AX0
	MTP700 Unified Comfort	SIEMENS	6AV2128-3GB06-0AX1
	Memory card 2 Go	SIEMENS	6AV2181-8XP00-0AX0
COMMUNICATION CARDS	CP 1243-1	SIEMENS	6GK7243-1BX30-0XE0
	1x CM 1241/ RS232	SIEMENS	6ES7241-1AH32-0XB0
	XB008 - Switch 8 ports	SIEMENS	6GK5-0080-BA10-1AB2
POWER SUPPLY	SITOP PSU100S 24 V 10 A	SIEMENS	6EP1334-2BA20
	DPS TYPE I	SIEMENS	Depends on supplier project
	RELÉ DE INTERFACE	SIEMENS	Depends on supplier project
ACCESS MANAGEMENT	Fingerprint reader	SCHNEIDER	XB5S2B2M12
MISCELLANEOUS	Operator button	BANNER	K50APTGRYF2Q

Figura 6 - Opção 1 S7-1200

A opção 2 apresentada na Figura 7 traz o conjunto de hardwares mais complexos, nesta versão temos um CLP ET200SP da Siemens com duas opções de IHM sendo elas a TP700 Comfort e a MTP700 Unified Comfort.

GROUP	ITEM	SUPPLIER	REFERENCE
CENTRAL PROCESSING UNITS	ET200SP PLC 1512F 1PN	SIEMENS	6ES7512-1SM03-0AB0
	Memory card 24 Mb	SIEMENS	6ES7954-8LF03-0AA0
HUMAN MACHINE INTERFACE	TP700 Comfort or	SIEMENS	6AV2124-0GC01-0AX0
	MTP700 Unified Comfort	SIEMENS	6AV2128-3GB06-0AX1
	Memory card 2 Go	SIEMENS	6AV2181-8XP00-0AX0
COMMUNICATION CARDS	XB008 - Switch 8 ports	SIEMENS	6GK5-0080-BA10-1AB2
	SCALANCE S615 LAN	SIEMENS	6GK5615-0AA00-2AA2
	C-Plug	SIEMENS	6GK1900-0AB10
	CP 1543SP-1	SIEMENS	6GK7 543-6WX00-0XE0
	ET 200SP, CM PTP - MODULO RS232	SIEMENS	6ES7137-6AA00-0BA0
	BaseUnit Type A0, BU15-P16+A0+2D	SIEMENS	6ES7193-6BP00-0DA0
POWER SUPPLY	2x BA 2xRJ45 - Bus Adapter	SIEMENS	6ES7193-6AR00-0AA0
	SITOP PSU100S 24 V 10 A	SIEMENS	6EP1334-2BA20
	DPS TYPE 1	SIEMENS	Depends on supplier project
I/O CARDS	RELÉ DE INTERFACE	SIEMENS	Depends on supplier project
	DI 16x24VDC ST	SIEMENS	6ES7131-6BH01-0BA0
	DQ 16x24VDC/0.5A ST	SIEMENS	6ES7 132-6BH01-0BA0
	F-DI 8x24VDC HF	SIEMENS	6ES7136-6BA00-0CA0
	F-DQ 4X24VDC/2A PM HF	SIEMENS	6ES7136-6DB00-0CA0
MISCELLANEOUS	Operator button	BANNER	K50APTGRYF2Q

Figura 7 - Opção 2 S7-1500

Por se tratar de um CLP da linha S7-1500, a memória disponível do CLP e a velocidade de processamento são maiores quando comparada à linha S7-1200. E estes são justamente os pontos de diferenciação para a escolha entre as opções 1 ou 2, a complexidade da bancada define qual dos dois conjuntos de hardware devem ser escolhidos. Projetos mais complexos, com mais passos de montagem, mais hardwares na rede PROFINET e maior quantidade de peças diferentes montadas na linha, devem seguir com a opção 2, demais projetos ficam por padrão com a opção que usa o S7-1200. No caso da bancada de inspeção de consoles, por se tratar de um projeto com poucos hardwares na rede PROFINET e uma sequência de inspeção simples, a opção 1 contendo o S7-1200 foi escolhida. Outro ponto muito importante a ser mencionado é que durante o desenvolvimento do projeto, a *Forvia* optou por fornecer uma IHM KTP400 Basic sobressalente que tinha em estoque para ser usada como interface do projeto, mantendo todos os requisitos internos do quadro elétrico iguais ao definido na documentação, porém utilizando uma IHM diferente.

Levando isso em conta, vamos analisar os requisitos da bancada de inspeção final da linha de montagem de consoles centrais. O documento que define esses requisitos pode ser encontrado no já mencionado Anexo A, este é o caderno de encargos com uma visão inicial de algumas das peças a serem inspecionadas e quais os pontos principais de atenção. Vale ressaltar que este documento é apenas um esboço inicial e muitos outros pontos são levantados durante as reuniões de kickoff e acompanhamento do projeto.

3.3 Estrutura mecânica

A bancada é formada por uma estrutura montada com perfis de alumínio e chapas de aço dobradas para dar a sustentação entre os perfis. Chapas de ACM fecham as laterais, traseira e parte superior da bancada, com o intuito de impedir a entrada de fontes de iluminação não previstas e condições externas à bancada. Uma chapa de aço forma uma espécie de mesa para a colocar os consoles.

Após estudo da geometria dos consoles, foi feito um berço em material usinado de forma a posicionar todos os modelos de console com uma certa proximidade para evitar a necessidade de câmeras adicionais e aproveitar a mesma trava para todos os modelos de console.

Este capítulo tende apenas a contextualizar o trabalho, o projeto mecânico foi desenvolvido por outra equipe. Como apresentado nos objetivos geral e específico, o presente trabalho foca na parte de programação do CLP e IHM e elétrica da bancada.

A Figura 8 apresenta uma vista da bancada com alguns pontos de detalhe sendo eles:

- 1 – Sistema pneumático;
- 2 – IHM Siemens e botão de emergência;
- 3 – Botoeira para comando;
- 4 – Plafons iluminadores.



Figura 8 - Bancada montada

Já a Figura 9 apresenta uma vista mais detalhada da mesa da bancada, nela temos setas indicando a posição das câmeras de inspeção, o posicionamento da barreira de segurança e as peças usinadas que compõe o berço. Além disso, temos alguns pontos de detalhe.

- 1 – Sistema de trava pneumática;
- 2 – Conectores *Harting* para instalação conectores teste elétrico;
- 3 – Kit motor e guia *Festo*.

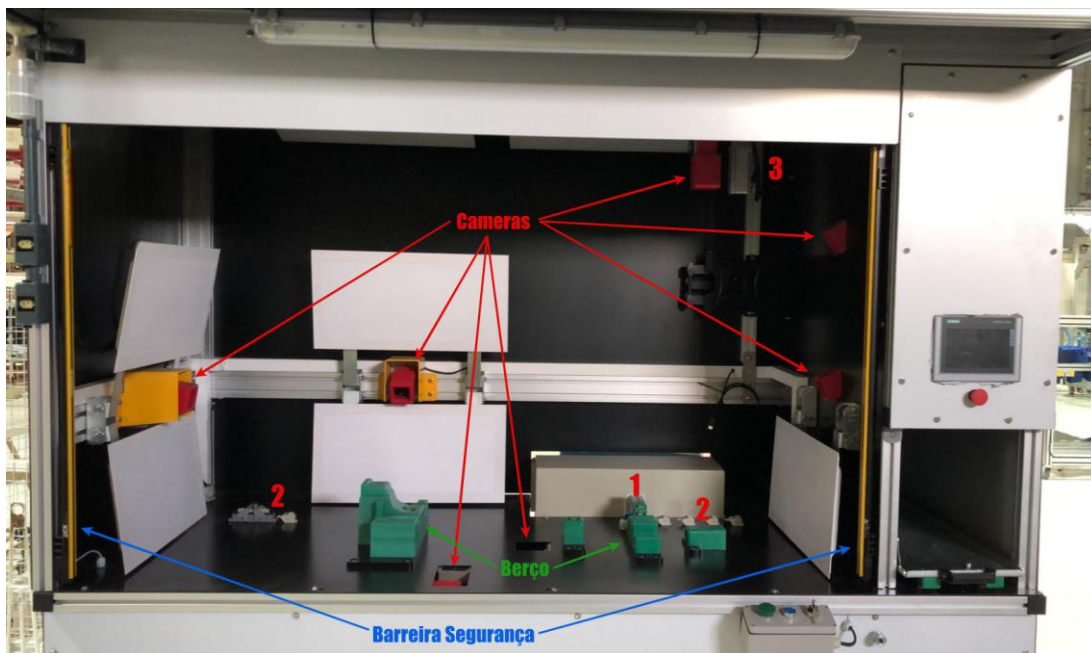


Figura 9 - Vista frontal bancada detalhada

Entraremos em mais detalhes sobre o funcionamento desses pontos nos próximos capítulos.

3.4 Arquitetura da Solução

A Figura 10 apresenta a arquitetura da solução, este diagrama separa em blocos as principais ferramentas envolvidas em um evento visando esclarecer as suas funcionalidades e as suas interações durante um evento.

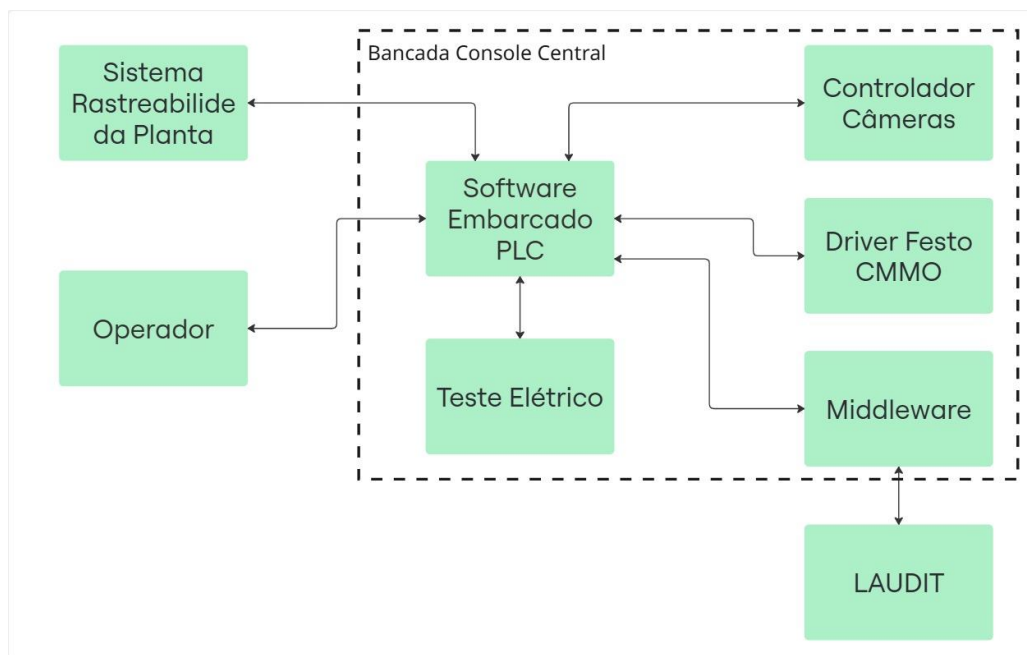


Figura 10 - Arquitetura da solução

O sistema de rastreabilidade da *Forvia* se chama TCO, ele está presente em todas as plantas nacionais e segue um protocolo interno e com código protegido. Este sistema tem um servidor central que se comunica com as bancadas da rede industrial via PUT/GET através do modelo TCP/IP, isso permite o acesso direto as DBs do CLP da bancada. Dessa forma, o TCO consegue escrever informações necessárias para o funcionamento da bancada direto no CLP e ler as respostas de acordo com o andamento do ciclo.

O Operador está representado neste diagrama pois ele é o responsável por alimentar a bancada com peças e seguir as instruções para a realização do teste de maneira correta.

No bloco Software Embarcado CLP, estamos contemplando todas as funções do CLP, checagem de posicionamento das peças através de sensores de posição, comandos para movimentação da guia com a câmera e demais funções. Abordaremos as funções mais importantes em detalhes nos próximos capítulos.

O Controlador de Câmeras e o Driver Festo CMMO são responsáveis respectivamente pela captura e análise das imagens e pela movimentação da Guia superior da bancada, que move a câmera para as posições predeterminadas.

O Middleware possui papel importantíssimo na solução final. Petry (2004) define o Middleware como uma camada de software intermediária, responsável por

prover serviços e abstrações que facilitam a comunicação, integração e interoperabilidade entre aplicações distribuídas, ocultando a complexidade dos sistemas subjacentes. Em outras palavras, é um conjunto de softwares e aplicações responsáveis pela comunicação, troca de dados e integração entre diferentes plataformas. Neste caso, a sua principal função é fazer um intermédio entre a bancada e os servidores de armazenamento dos resultados e das imagens. Algumas funções do Middleware são, gerenciar as imagens durante o evento, agrupar as imagens e resultados pós-evento e enviá-los ao servidor de armazenamento.

O Laudit é o sistema de rastreabilidade da Litma, nele são feitas as configurações da bancada de testes, as configurações dos diferentes modelos testados nas bancadas e as configurações dos testes realizados em cada modelo. Além disso, o Laudit é uma ferramenta de acesso ao banco de dados, servindo como uma interface para exibição do histórico de testes realizados na bancada.

O conjunto de software que compõe a solução embarcada no PC industrial e o sistema de rastreabilidade Laudit foram desenvolvidos por outra equipe e não serão mencionados com tantos detalhes nessa obra.

Entraremos em mais detalhes sobre o funcionamento e interação destes módulos nos próximos capítulos.

3.5 Arquitetura da Rede

A Figura 11 busca retratar de forma visual a arquitetura da rede. Nela são exibidos os principais equipamentos presentes na rede da bancada como também seus protocolos de comunicação com o CLP.

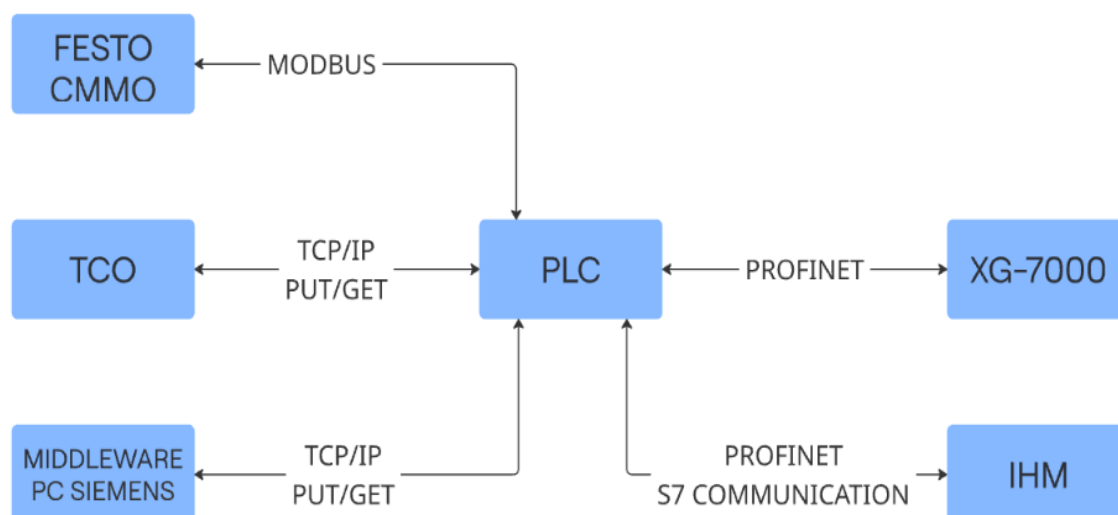


Figura 11 - Arquitetura da rede

A comunicação com os XGs é feita via PROFINET, estes dispositivos possuem um arquivo GSDML desenvolvido pela sua fabricante que contém um mapa digital das variáveis trocadas entre CLP e XG. Este mapa é então transformado em memórias dentro do TIA Portal, cada uma com uma respectiva função, e fica a cargo do programador a elaboração do software e do formato de comunicação. A Figura 12 foi retirada do TIA Portal e mostra as variáveis de comunicação entre um XG e o CLP dentro do TIA Portal.

Após a importação deste mapa de variáveis no programa do CLP, deve-se então configurar o endereço IP e o nome do dispositivo, para que este possa ser encontrado na rede PROFINET.

Module	Rack	Slot	I address	Q address	Type	Article no.
xg-7000	0	0			XG-7XXX	XG-7XXX
Interface	0	0 X1			xg-7000	
Command and Result Status...	0	1	2		Command and Res...	
Trg Ready Status_1	0	2	3		Trg Ready Status	
Trg Ack Status_1	0	3	4		Trg Ack Status	
Miscellaneous Status_1	0	4	5		Miscellaneous Status	
Assignable Status_1	0	5	68...71		Assignable Status	
Result Data 128Byte_1	0	6	72...199		Result Data 128Byte	
Result Data 32Byte_1	0	7	200...231		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_2	0	8	232...263		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_3	0	9	264...295		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_4	0	10	296...327		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_5	0	11	328...359		Result Data 32Byte	
Command and Result Contr...	0	12		2	Command and Res...	
Trg Control_1	0	13		3	Trg Control	
Miscellaneous Control_1	0	14		4	Miscellaneous Cont...	
Reserved Control_1	0	15		5	Reserved Control	
Assignable Control_1	0	16	64...67		Assignable Control	
Parameter 128Byte_1	0	17	68...195		Parameter 128Byte	
Parameter 32Byte_1	0	18	196...227		Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_2	0	19	228...259		Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_3	0	20	260...291		Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_4	0	21	292...323		Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_5	0	22	324...355		Parameter 32Byte	

Figura 12 - XG-7000 na rede PROFINET

A comunicação entre o CLP e a IHM Siemens também usa a camada de rede PROFINET, porém ela utiliza o Siemens S7 Protocol como camada de aplicação, desta maneira não é necessária a importação de um arquivo no TIA Portal, tendo em vista que são dois produtos da Siemens otimizados para o funcionamento no software da fabricante. Na interface do TIA, a comunicação entre os dispositivos cria uma conexão IHM-CLP, exemplificada na Figura 13. Ela requer somente a configuração de qual CLP e qual IHM estão sendo utilizados nesta conexão, sem a necessidade de arquivos adicionais.

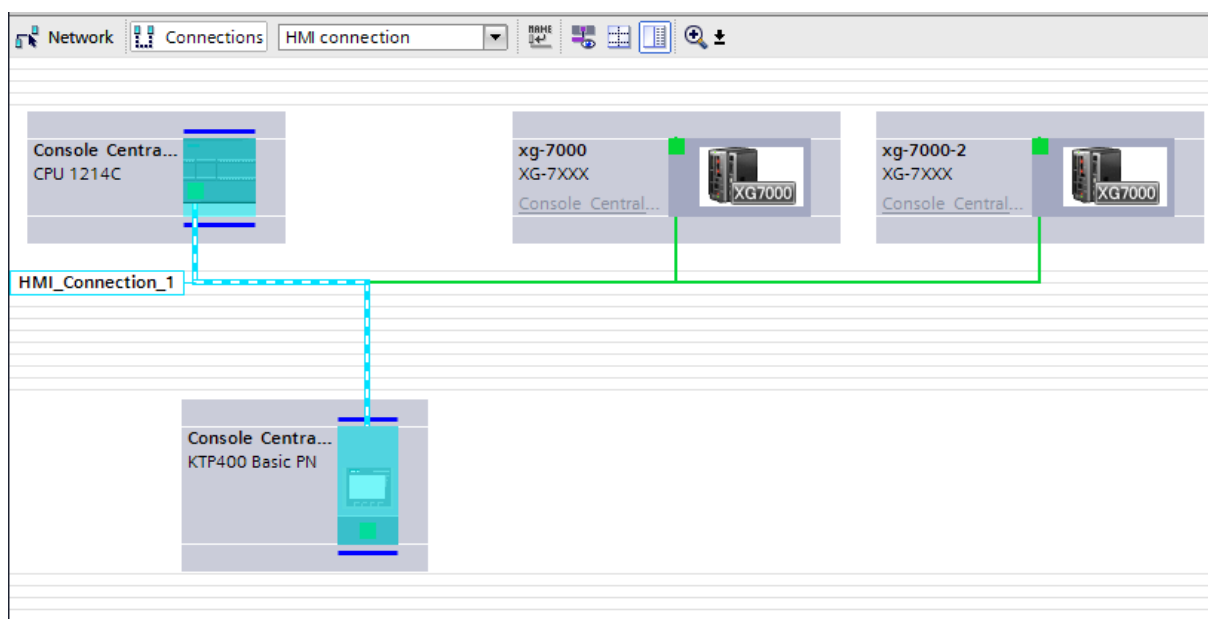


Figura 13 - Conexão entre o CLP e a IHM

A comunicação com o Middleware é feita através de uma biblioteca para python que faz a interface entre o programa embarcado no PC industrial IPC-127E e o CLP da bancada via rede TCP/IP. Ela atua de maneira que o Middleware escreve e lê as variáveis diretamente da DB do CLP. A programação do Middleware e do servidor de armazenamento foi feita por outra equipe de desenvolvimento e não entraremos em detalhes nesse documento.

O sistema de rastreabilidade da planta se comunica com o CLP da bancada com comandos PUT/GET via TCP/IP onde o TCO atua como Client e o CLP da bancada atua como Server. Isso quer dizer que os blocos responsáveis por enviar os sinais estão na solução da *Forvia* para rastreabilidade e controle de produção, restando ao CLP da planta apenas funções que atuem nas variáveis contidas internamente no programa.

Por fim, para o driver de servomotores *Festo* CMMO temos algumas opções de controle possíveis entre o CLP e o driver. A integração pode ser feita via Modbus TCP ou I/O Digital cabeado. Devido a grande quantidade de entradas e saídas á utilizadas no projeto, não seria possível a integração via I/O Digital.

Tratando das opções de integração via rede, infelizmente a *Festo* não possui um arquivo GSDML para integração direta via PROFINET, restando apenas a opção de comandar o driver CMMO via Modbus TCP. Para isso, a *Festo* criou uma série de Function Block Diagrams que podem ser importados ao projeto no TIA Portal, cada um com funções diferentes, e cabe ao integrador utilizar da melhor maneira.

O FHPP_MB_Client, Figura 14, é o bloco responsável pela conexão entre os dois equipamentos via Modbus, nele é configurado o endereço de IP do driver e algumas outras variáveis de monitoramento e ativação da conexão também são colocadas aqui.

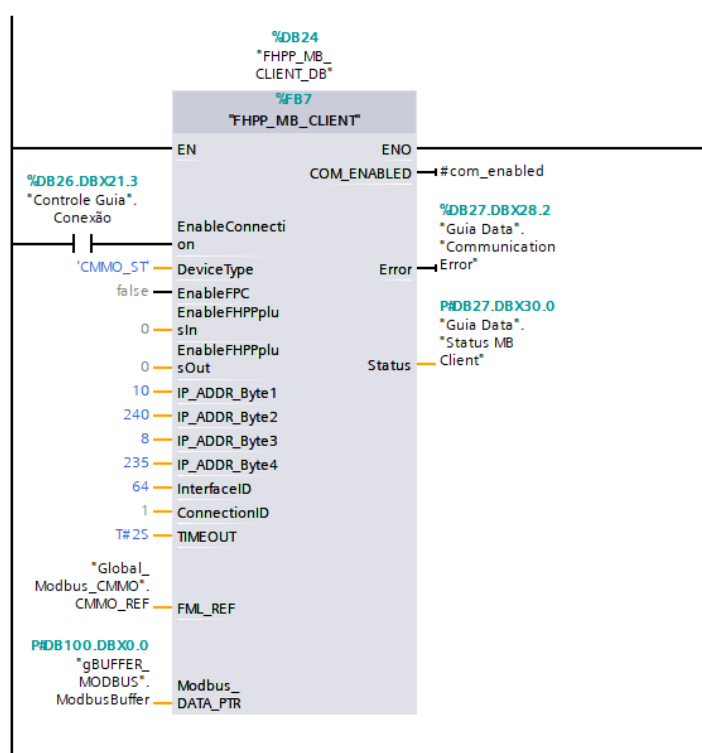


Figura 14 - FHPP Modbus Client

Já o FHPP_Control, Figura 15, é responsável pela troca de dados entre o programa do CLP e o Driver da *Festo*, aqui ficam todas os status de funcionamento do driver, como posição atual, velocidade atual, condições de erro etc. E todos os comandos que o CLP pode dar ao driver, como início de tarefa, executar rotina de

zeramento, variáveis referentes ao movimento como velocidade e posição final. As variáveis devem ser criadas nos data blocks internos do CLP e atribuídas ao FBD da *Festo*, como essas variáveis vão interagir com o fluxo do programa é feito posteriormente pelo programador. Para o funcionamento da bancada, foram desenvolvidos blocos contendo rotinas de zeramento sempre que a bancada é ligada ou quando o comando é dado via IHM, fluxos de movimentação com posição variável dependendo do modelo e do passo a passo da inspeção da peça e rotinas para reconexão quando houver qualquer tipo de problema de rede.

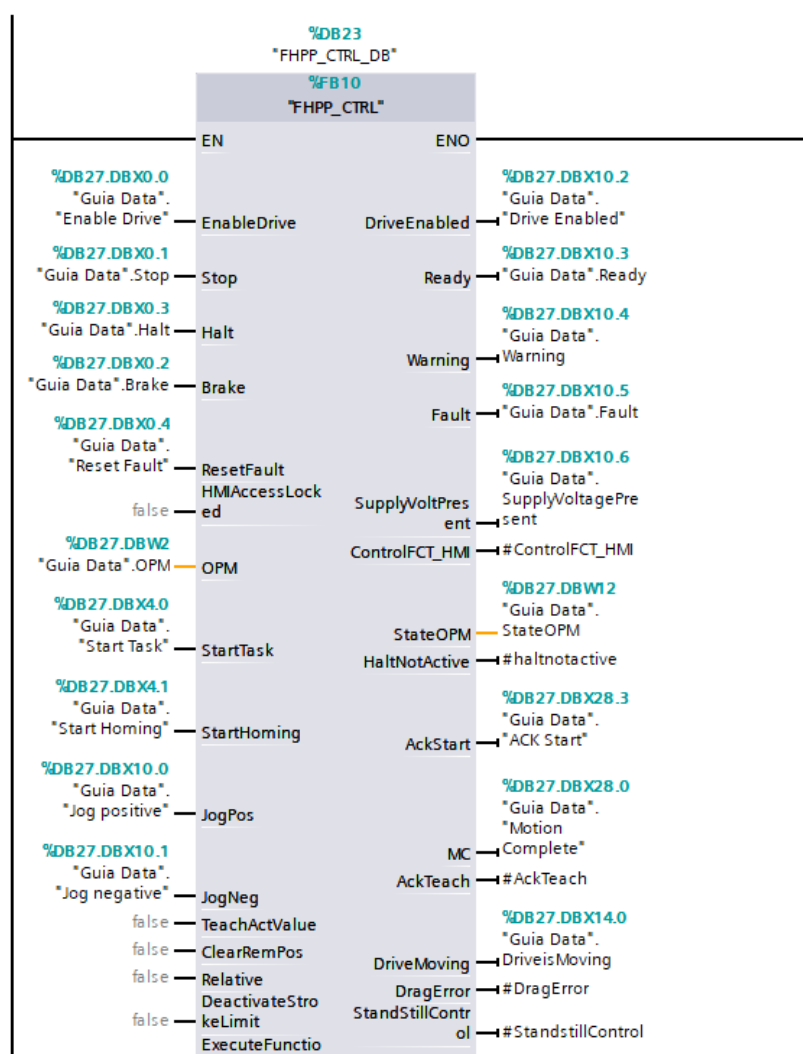


Figura 15 - FHPP Control

3.6 Funcionamento da Bancada

A Figura 16 apresenta o funcionamento da bancada. Ao ligar ou reiniciar a bancada, ela entra em um fluxo de inicialização, onde o CLP aguarda o status de

alguns equipamentos para garantir a sua operabilidade. Algumas variáveis importantes dos ciclos de funcionamento da bancada são setadas ou resetadas durante a inicialização, para garantir que tudo esteja correto e no ponto desejado. Após essas rotinas de inicialização, a bancada está pronta para realizar inspeções.

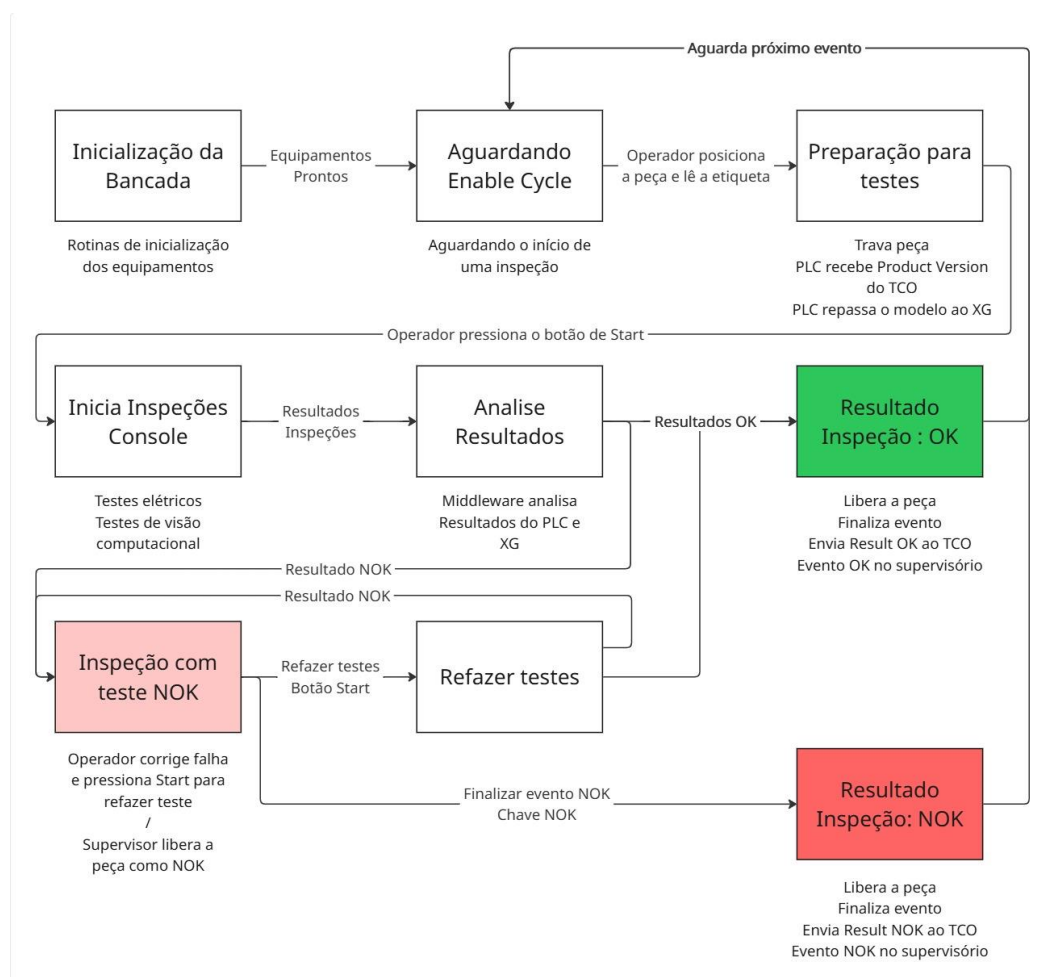


Figura 16 - Funcionamento da bancada

Tais inspeções tem como início a leitura da etiqueta da peça. A etiqueta carrega informações como o modelo da peça e sua sequência de montagem. Para isso, o operador posiciona a peça na bancada, faz a conexão do chicote elétrico da peça com o conector de testes da bancada e lê a etiqueta com um leitor de código de barras. Esse leitor está conectado a um *TCO BOX*, este equipamento faz a interface entre a bancada e o sistema de rastreabilidade da planta. Por se tratar de um código fechado, não entraremos em mais detalhes sobre o funcionamento do *TCO BOX*, apenas que este equipamento é o responsável por fazer a integração do sistema de rastreabilidade da *Forvia* com o software do CLP da bancada. Após a realização dessa

leitura, o *TCO BOX* envia ao CLP qual o *PartNumber* da peça que será avaliada, este número é único para cada diversidade de console.

O CLP então repassa esse número via DB ao Middleware, no Middleware está o banco de dados com todas as peças cadastradas. Para facilitar alguns processos, esses *PartNumbers* são agrupados em modelos. Como exemplo, a Figura 17 apresenta alguns dos *PartNumbers* cadastrados para o console do Fiat Toro.

Item Partnumbers			
Estação de Trabalho	Modelo	Nome	Referência
Console Centra	226_MCA_CONSOLE		
			Pesquisar
Nome	Modelo	Referência	Deletar
FG 226 CC TECIDO/CINZA / MOLD.VIZ	226_MCA_CONSOLE	96	
FG 226 CC PRETO/SAND - MOLDRA-VIZ	226_MCA_CONSOLE	901	
FG 226 CC PRETO/EAH/ MOLDURA-VIZ	226_MCA_CONSOLE	69	
FG 226 CC PRET/TUN / MOLDURA-GREY	226_MCA_CONSOLE	68	
FG 226 CC MAR/MAR /MOLD.MARR	226_MCA_CONSOLE	67	
FG 226 CC PRETO/CINZA/MOLDURA-VIZ	226_MCA_CONSOLE	66	

Figura 17 - PartNumbers cadastrados para o modelo Fiat Toro

O Middleware então encontra o modelo associado ao *PartNumber* e envia tal modelo ao CLP. Este modelo é utilizado no fluxo de análise do controlador de visão e internamente no CLP, ele define qual sensor de peça será requisitado durante essa inspeção e define os testes elétricos que serão realizados. Após estes passos e troca de dados, a bancada está pronta para realizar a inspeção da peça, aguardando o operador apertar o botão de Start que inicia o evento.

Durante a inspeção, os testes elétricos e os testes de visão computacional ocorrem de maneira paralela. Para os testes elétricos, algumas condições pré-definidas precisam ser atingidas para a aprovação da peça. A configuração dos testes e as condições de aprovação serão abordadas em um tópico separado nos próximos capítulos.

Para os testes de visão, um total de 6 câmeras fazem 7 fotos do console. Uma câmera superior posicionada em um conjunto de atuador linear e motor *Festo* realiza duas fotos superiores do console central. O conjunto da *Festo* e sua programação vão ser abordados em detalhes no capítulo Guia linear *Festo*. As demais câmeras estão posicionadas em suportes na estrutura da bancada e realizam apenas uma foto cada, sendo elas:

- Duas câmeras traseiras, uma focada no encosto de braço do console e outra na parte traseira.
- Uma câmera frontal, focada na parte frontal do console.
- Uma câmera lateral, sua imagem tem como função verificar a cor da costura lateral presente em alguns modelos.
- Uma câmera inferior, apontada para cima, tem como função pegar a costura do outro lado do console, fica virado para a frente da bancada.

O controlador responsável pela captura e análise das imagens é o XG-7000 da *Keyence*, e o programa utilizado para sua configuração e implementação dos testes é o XG - Vision Editor. No Vision Editor estão disponíveis diversas ferramentas de ajuste e análise de imagem, todas elas usando uma foto referência para comparação, ou analisando algum ponto específico em busca de cores ou brilhos. A interface funciona de forma semelhante a um fluxograma, onde cada item tem uma ação específica e segue um fluxo pré-determinado. Cada controlador suporta até 4 câmeras, com isso chegamos a uma solução utilizando 2 controladores XG-7000.

A Figura 18 apresenta a interface de programação do controlador XG-7000.

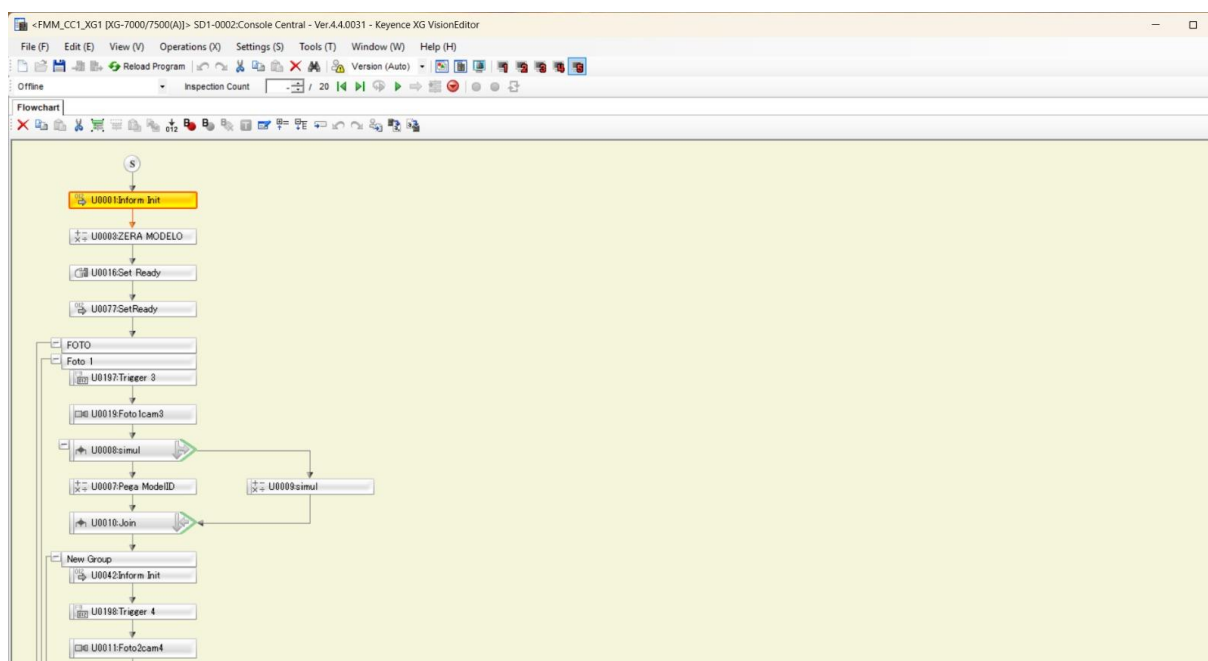


Figura 18 - Interface Keyence XG - Vision Editor

A programação do XG-7000 feita no XG Vision Editor foi desenvolvida por outra equipe e não será abordada em mais detalhes nesse documento.

A Figura 19 foi retirada do sistema de rastreabilidade Laudit e visa apresentar o resultado das fotos das câmeras mencionadas acima.

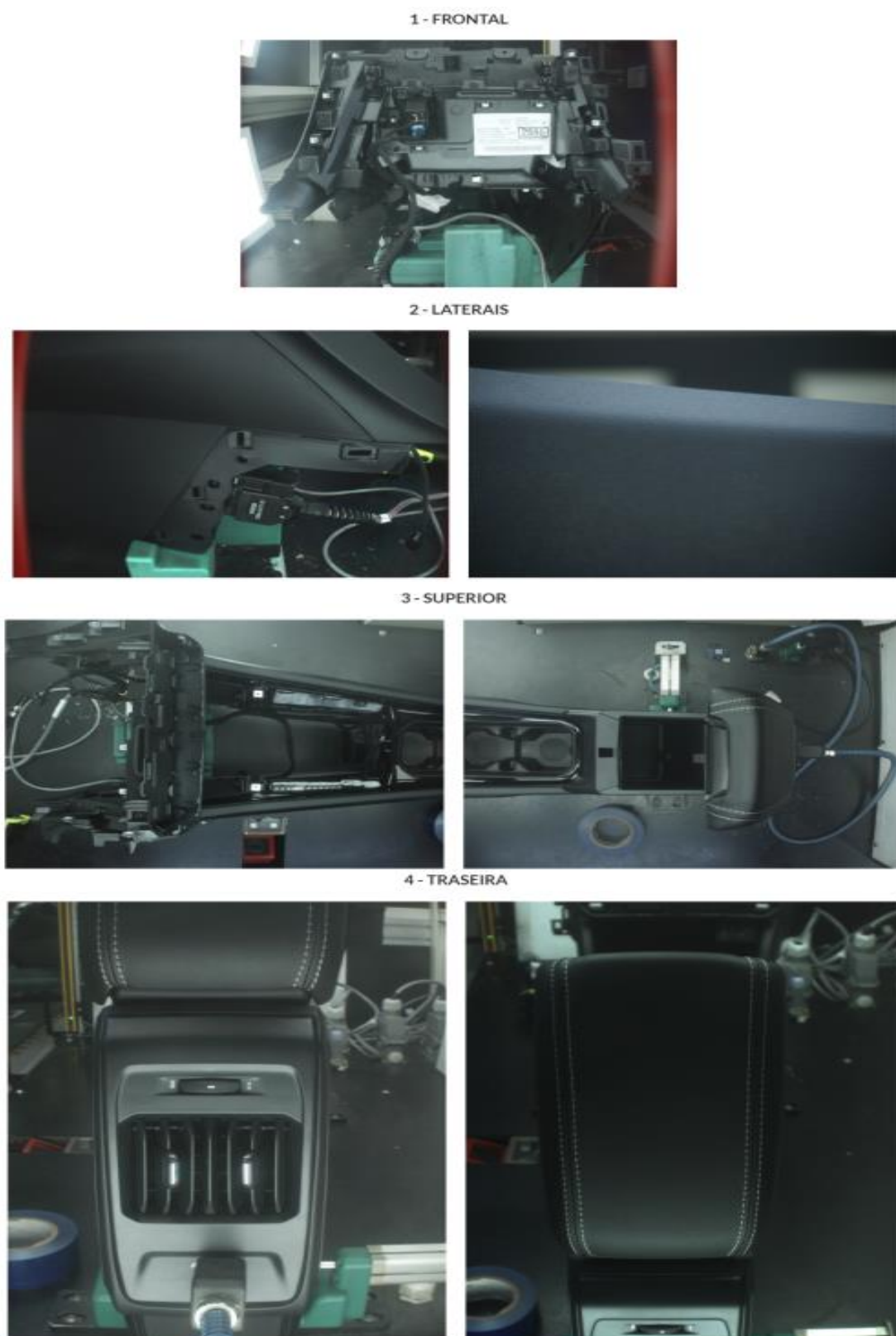


Figura 19 - Exemplo com fotos de evento do Jeep Commander

A máquina de estados com o fluxo de inspeção será abordada em mais detalhes no capítulo Programação CLP e IHM, quando entrarmos mais afundo nas lógicas do CLP.

Após a realização de todas as fotos e do teste elétrico, as informações são enviadas ao Middleware, o controlador das câmeras XG faz o upload das imagens via FTP para o servidor e envia um *JSON* com os resultados das análises dos testes, neste arquivo estão os valores medidos nos testes de cores e os resultados booleanos dos testes de presença. O CLP escreve no *DB* de comunicação com o *Middleware* os resultados dos testes elétricos, para que eles também fiquem armazenados e disponíveis no supervisório.

O evento finaliza de duas maneiras, caso todos os testes tenham resultado OK, os fluxos do CLP finalizam o evento automaticamente e os resultados junto com as imagens são enviados ao sistema de rastreabilidade Laudit. Caso algum teste tenha resultado NOK, por falta de algum componente ou erro no versionamento, o operador pode corrigir a falha na peça e apertar o botão de Start para retestar a peça. O reteste pode ser feito quantas vezes for necessário, caso a falha persista, o operador então chama o líder da linha e ele libera a peça com resultado NOK usando uma chave *Siemens* 433. Cabe ao líder do turno dar o devido tratamento a peça, corrigindo o erro encontrado em alguma bancada de retrabalho ou fazendo o procedimento para definir a peça como *Scrap*. Após o fim de um evento de inspeção, a bancada fica pronta para uma nova leitura de etiqueta e uma nova rotina de inspeções.

3.7 Projeto elétrico do quadro de comando

Para a elaboração do projeto elétrico do quadro elétrico da bancada foi utilizado o software QeletroTech 5.17, uma ferramenta gratuita que permite a criação de diagramas unifilares simples e de leitura prática. Dessa forma conseguimos um diagrama elétrico que pode ser utilizado como documento auxiliar em montagens e manutenções.

A alimentação do quadro é feita por uma tomada Steck dois polos mais terra, a Figura 20 ilustra o circuito 220VAC desde a alimentação do quadro, os dispositivos de segurança e os dispositivos alimentados com 220VAC.

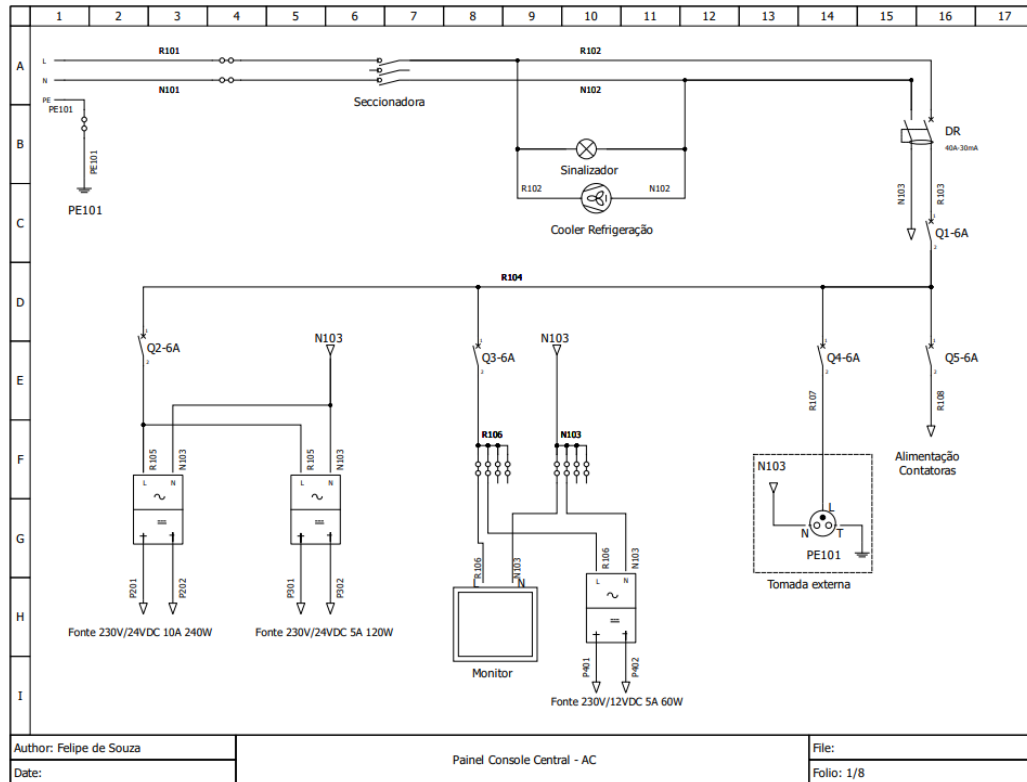


Figura 20 - Alimentação e circuitos AC

A Figura 21 traz todos os circuitos alimentados com 24VDC, sendo eles o CLP *Siemens*, switch ethernet XB008 *Siemens*, PC industrial IPC-127E *Siemens*, IHM *Siemens*, dois controladores de câmeras XG-7000 *Keyence* e o driver de motor *Festo*.

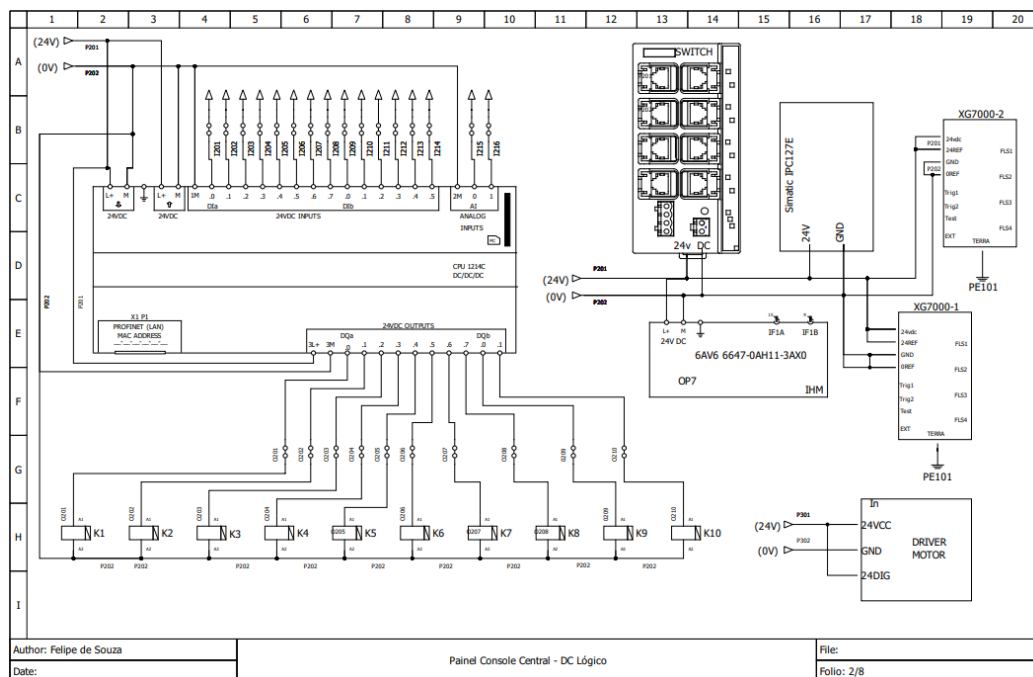


Figura 21 - Diagrama DC lógico

A Figura 22 mostra a disposição dos sensores, relés, botões e demais componentes nas entradas e saídas do CLP. Para as entradas usamos bornes de 3 andares, dessa maneira conseguimos alimentar sensores e ter o fio de sinal dele no mesmo conjunto de borne. Para as saídas, bornes de dois andares com um dos andares com o GND da fonte 24VDC e o outro com a saída do CLP, dessa maneira conseguimos colocar o GND e a alimentação do componente que precisamos ligar no mesmo borne.

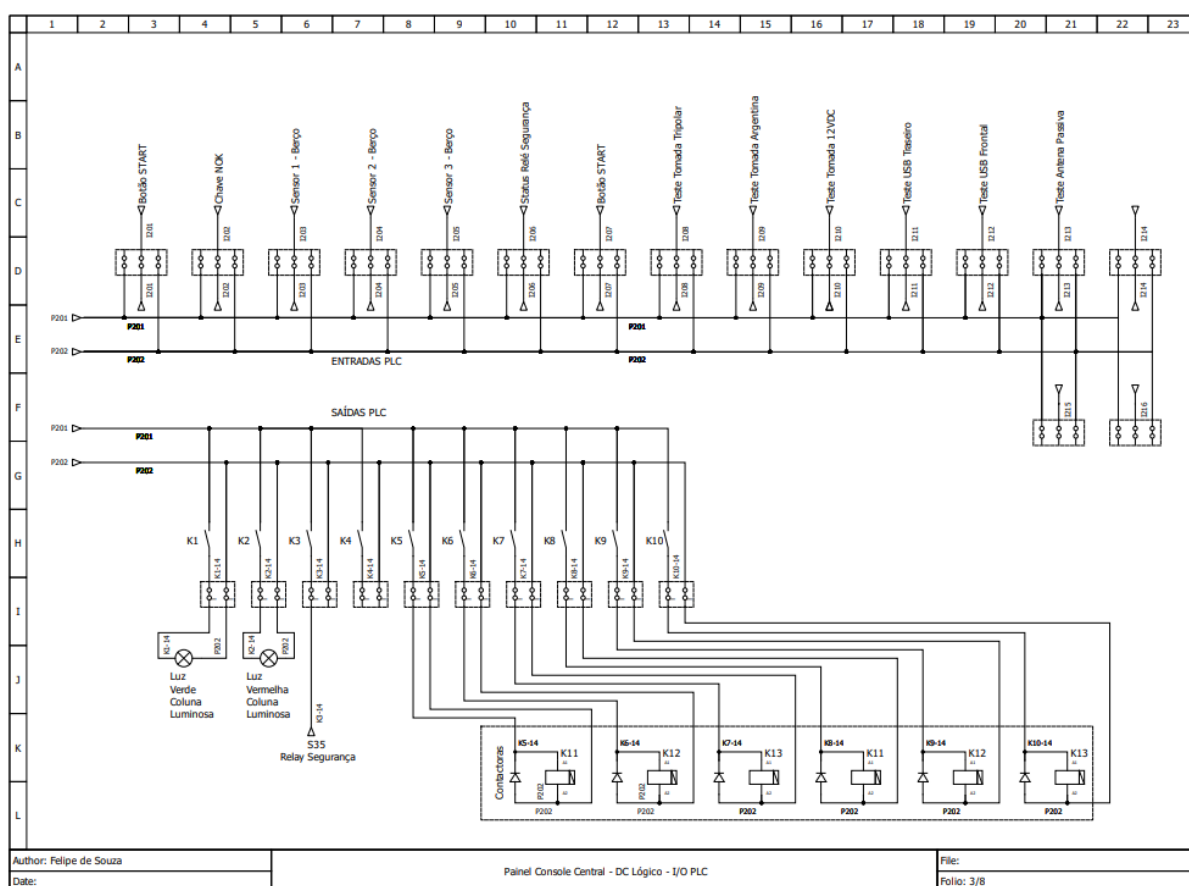


Figura 22 - I/Os CLP

Para facilitar o entendimento das entradas e saídas do CLP, duas tabelas foram elaboradas para melhor apresentar a posição de cada sinal no programa do CLP. A Tabela 1 apresenta as entradas do CLP e a Tabela 2 as saídas.

Tabela 1 – Conexões nas entradas do CLP

Entrada CLP	Função
%I0.0	Botão Start
%I0.1	Chave NOK
%I0.2	Sensor Peça 1

%I0.3	Sensor Peça 2
%I0.4	Sensor Peça 3
%I0.5	Status Relé Segurança
%I0.6	Teste Tomada Tripolar
%I0.7	Teste Tomada Argentina
%I1.0	Teste Tomada 12V
%I1.1	Teste USB Frontal
%I1.2	Teste USB Traseiro
%I1.3	Teste Antena WI-Fi
%I1.4	
%I1.5	

Tabela 2 – Conexões nas saídas do CLP

Saída CLP	Função
%IQ0.0	Coluna luminosa Verde
%IQ0.1	Coluna luminosa Vermelha
%IQ0.2	Rearme automático Relé Segurança
%IQ0.3	
%IQ0.4	Contatora 1 – K11
%IQ0.5	Contatora 2 – K12
%IQ0.6	Contatora 3 – K13
%IQ0.7	Contatora 4 – K14
%IQ1.0	Contatora 5 – K15
%IQ1.1	Contatora 6 – K16

Devido a presença de um pistão pneumático para manter a peça travada na bancada durante a execução dos ciclos de inspeção e uma guia linear que move uma câmera sobre o console, a Forvia requer a presença de uma barreira de segurança para impedir o avanço do pistão caso algum operador esteja na zona de funcionamento da bancada.

A Figura 23 apresenta esse circuito de segurança. Comandado por um relé de segurança *Contrinex*, ele usa o sinal de status da barreira de segurança para habilitar o driver da Festo. O reset é feito via botão de reset ligado direto no relé de segurança, ou automaticamente pelo CLP, contanto que nenhum evento esteja ocorrendo. O relé também envia um sinal para o CLP, informando se o mesmo está ativo ou desativo devido a alguma interrupção durante um evento de inspeção de peça.

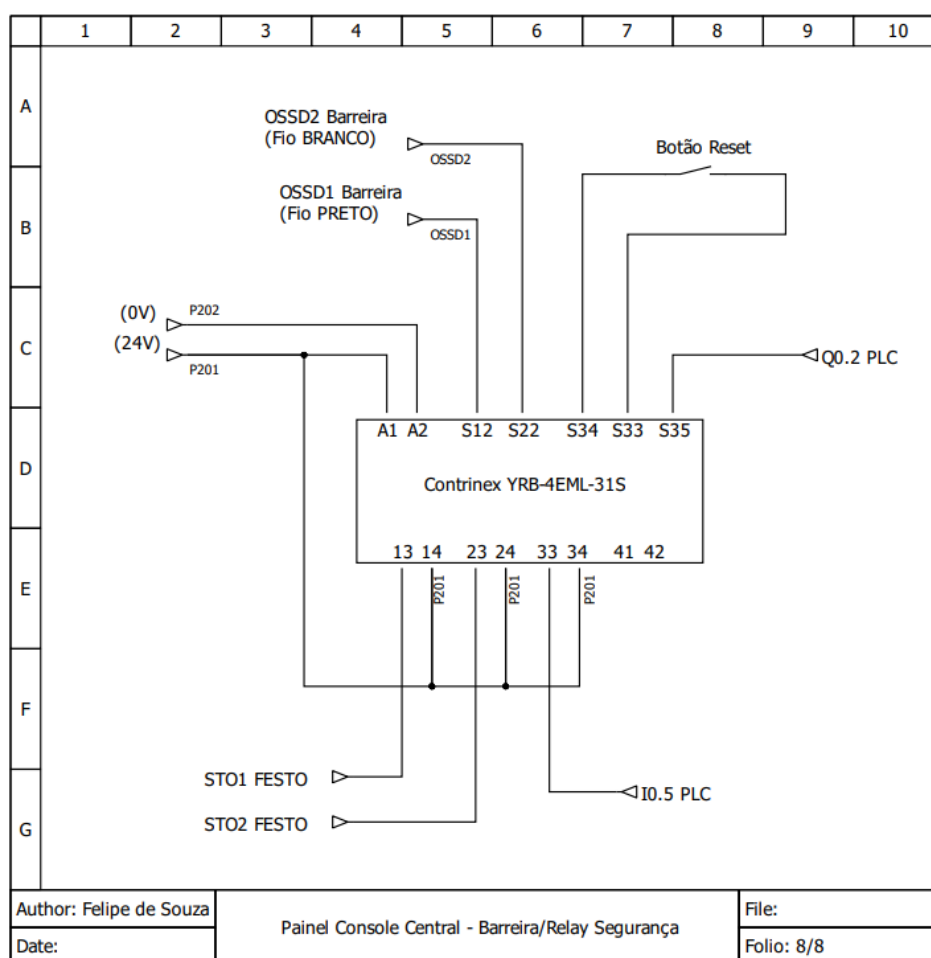


Figura 23 - Circuito de segurança

3.8 Análise e desenvolvimento do teste elétrico

Dos quatro modelos produzidos na linha de montagem de consoles centrais, apenas dois tem seus componentes elétricos montados pela *Forvia*, são eles o Jeep Compass e o Jeep Commander. Por questões internas que não competem a esse trabalho, os modelos Jeep Renegade e Fiat Toro tem seus chicotes e componentes elétricos montados na linha de produção da própria *Stellantis*. Sendo

assim, apenas os dois modelos montados pela *Forvia* terão o teste elétrico realizado na bancada de inspeção final de consoles.

Embora sejam modelos diferentes, os dois consoles centrais tem uma geometria muito parecida e possuem os chicotes e componentes eletrônicos iguais. Algumas versões de carro podem ter alguma diferença, como a presença ou não da tomada traseira 110/220VAC, porém eles são essencialmente iguais.

Os itens montados na *Forvia* e que precisam ser validados com o teste elétrico são:

- Modulo USB Frontal;
- Modulo USB Traseiro;
- Antena Passiva;
- Modulo Tomada 110/220VAC Traseira Nacional e Argentino;
- Modulo Tomada 12VDC Traseira;

Para auxiliar na elaboração dos testes elétricos, recebemos da *Forvia* alguns documentos contendo informações sobre os chicotes elétricos. Os mais importantes são um arquivo com vista 3D do chicote e dos conectores, contendo a pinagem do conector principal e dos conectores dos componentes eletrônicos. E um arquivo com o esquema elétrico do carro, nele conseguimos procurar cada módulo através de seu código único, descobrindo assim para que servem cada um dos pinos dos componentes. Devido à complexidade e tamanho desses arquivos, vamos apenas citá-los e seguir com os resultados de suas análises.

Para conseguir testar o chicote do console, iniciamos o projeto confeccionando um conector de prova, a Figura 24 apresenta uma vista frontal e uma vista em 3D deste conector. Tal conector, nos permite isolar cada pino do chicote elétrico e usá-lo da maneira necessária para o teste de cada componente.

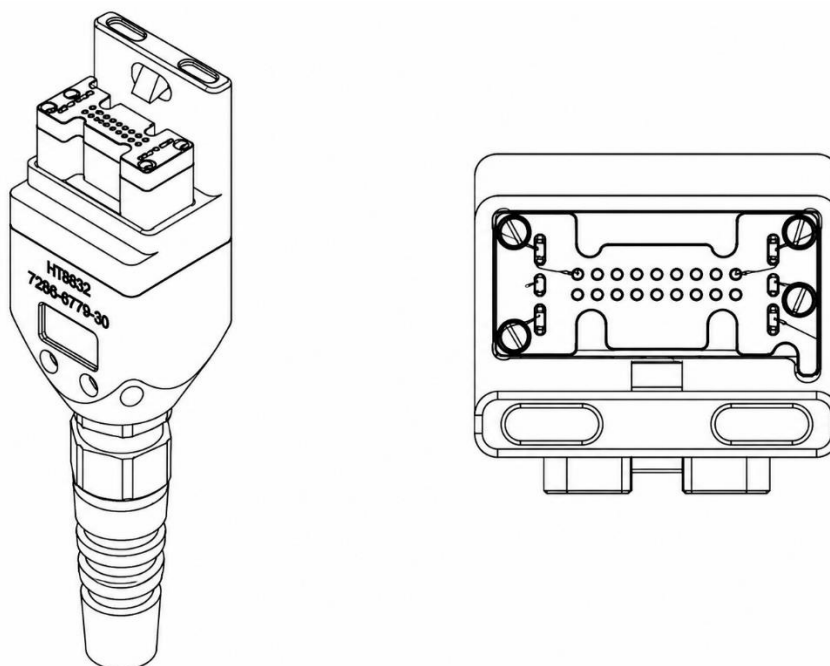


Figura 24 - Conector de prova

Como todos os componentes elétricos são testados pelos seus fabricantes antes de serem enviados à *Forvia*, o teste elétrico da bancada tem a finalidade exclusiva de garantir a correta conexão do componente no chicote elétrico, garantindo o manuseio e montagem do chicote e dos componentes pelos operadores da *Forvia*.

Dessa maneira, foi elaborado um teste de continuidade para testar a presença dos componentes no chicote. O teste consiste em passar uma corrente de ponta a ponta do chicote, garantindo que cada componente foi conectado corretamente. Ligamos os pinos do conector principal (HT8832 no caso do console central) correspondentes à alimentação 0VDC de cada componente ao 0VDC de uma fonte 12VDC, e na extremidade de cada módulo, temos um conector de teste que está ligado ao borne A2 de um relay 12VDC. Se todos os pontos estiverem conectados corretamente, ao colocar o chicote de prova e o conector de teste no chicote do console central, o relay 12VDC correspondente ao modulo que está sendo testado é ativado, enviando assim um sinal para o CLP.

A Figura 25 traz uma representação do funcionamento do teste elétrico do módulo de USB Traseiro, desde o conector principal até o conector de teste USB que é ligado no módulo.

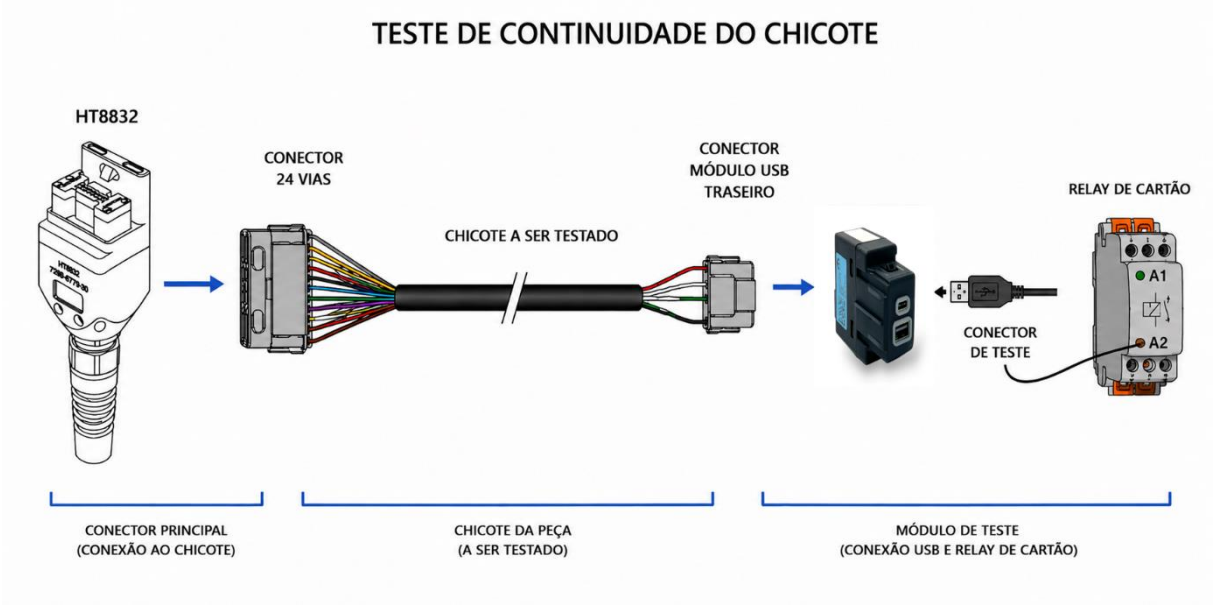


Figura 25 - Teste de continuidade

Vamos aprofundar um pouco mais no estudo do módulo de USB Traseiro para melhor exemplificar essa montagem e a execução do teste. A Figura 26 foi retirada da documentação do chicote elétrico, ela apresenta os pinos dos conectores Y040 e C070, sendo respectivamente o conector principal do chicote do console central e o conector do módulo de USB Traseiro.

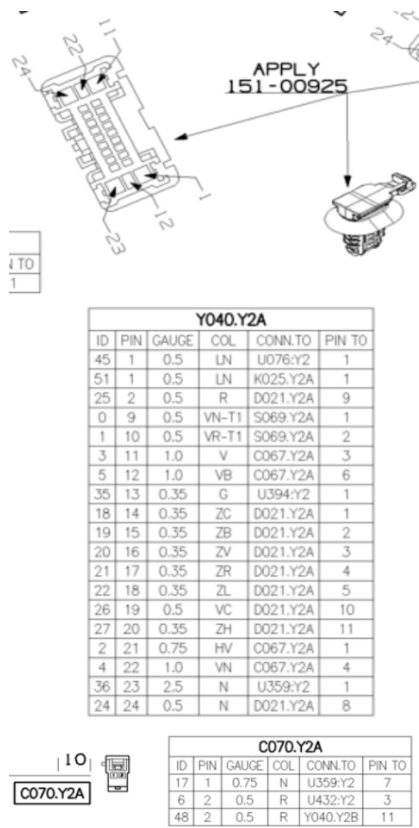


Figura 26 - Pinagem dos conectores Y040 e C070

Analisando a Figura 26, podemos ver que o pino 1 do conector C070 está ligado em um nó chamado U359, e o pino 2 do conector está ligado no pino 11 do conector Y040 e em outro nó. A Figura 27 também foi retirada da documentação do chicote elétrico e apresenta a pinagem desses nós do chicote. Estes nós estão sendo ligados em diversos componentes pois são pinos de alimentação +12VDC e GND, neste caso um único pino do conector principal está ligado em um nó que alimenta diversos componentes eletrônicos do chicote.

U359:Y2

Pin	Destination	Wire	Col-Sec	Sheet	Option
	K025.Y2A:4	w9309	N-0,35	7T	STD
	R004.Y2A:3	w9310	N-2,5	7T	STD
	D012.Y2A:3	w9312	N-0,35	7T	TT4X4
	K025.Y2B:4	w9314	N-0,35	7T	TT4X4
1	Y040.Y2A:23	w9316	N-2,5	7T	STD
	C013.Y2A:2	w10921	N-0,5	7T	STD
	C070.Y2A:1	w10922	N-0,75	7T	STD

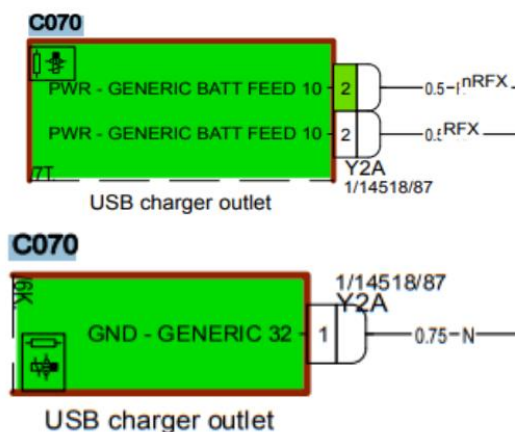
U432:Y2

Pin	Destination	Wire	Col-Sec	Sheet	Option
	C070.Y2A:2	w11004	R-0,5	6K	RFX
	C097.Y2A:1	w11005	R-0,5	6K	RFX
1	Y040.Y2B:11	w11007	R-0,5	6K	RFX

Figura 27 - Nós com múltiplos fios no chicote

Analisando a documentação referente ao módulo de USB Traseiro C070, concluímos que o pino 1 do módulo está ligado no pino 23 do conector principal Y040, e o pino 2 do conector está ligado ao pino 11 do Y040.

Também presente na documentação estão as informações referentes a cada pino dos componentes, no caso do módulo de USB Traseiro C070, a Figura 28 apresenta os dois pinos.

**Figura 28 – Pinagem do módulo USB C070**

Analisando todas essas informações, concluímos que o pino 23 do conector Y040 está ligado ao pino 1 do conector C070 e ele é responsável por levar o GND ao Módulo de USB Traseiro.

Dessa forma, ao ligar o pino 23 do conector principal de teste HT8832 em um borne com GND de uma fonte 12VDC, temos o GND no conector fêmea do módulo de USB. O passo final é conectar um cabo USB macho no Módulo USB Traseiro e o fio desse cabo na entrada A2 de um relé de cartão, fechando assim o circuito.

Se todos os pontos estiverem conectados corretamente, o relé arma e envia um sinal para uma entrada do CLP, dessa maneira conseguimos garantir a conexão do módulo no chicote elétrico do console central.

A mesma técnica é utilizada para os demais módulos, conectores de prova garantem o encaixe dos módulos de USB Frontal, Tomada Traseira 110/220 VAC e Tomada Traseira 12VDC.

A Antena Passiva do chicote elétrico do console central possui apenas dois fios e ao testar com um multímetro percebemos que os dois estão conectados internamente, com isso em mente, podemos usar a mesma técnica para garantir a presença dela na montagem final. Ligamos um dos pinos do conector da Antena em um borne 0VDC da fonte 12VDC e o outro pino diretamente no A2 de um relé 12VDC, sem a necessidade de um conector de prova, a própria antena fecha o circuito e arma o relé.

Para completar o desenvolvimento do teste de conexão elétrica dos componentes do chicote elétrico do console central, desenvolvemos o esquema elétrico contendo as informações da ligação dos conectores *Harting* onde estão ligados os conectores de prova e o conector principal. A Figura 29 apresenta o conector principal e a Figura 30 apresenta os conectores de prova. Já a Figura 31 traz a ligação dos relés envolvidos no teste elétrico, o borne A1 está sempre ligado no positivo de uma fonte 12VDC, o A2 depende do circuito explicado neste capítulo.

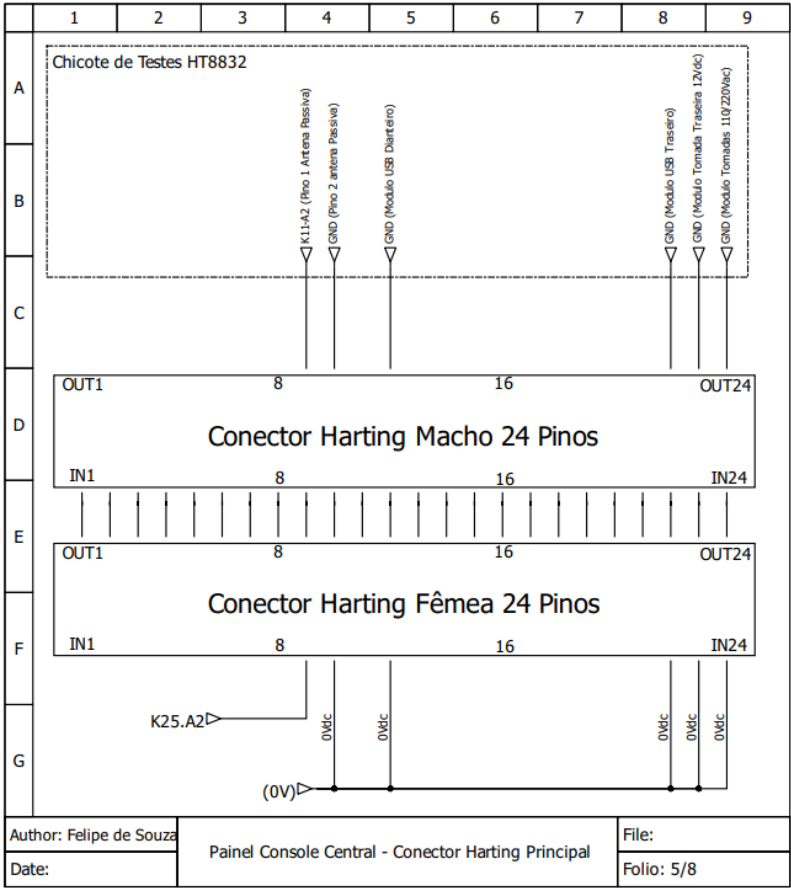


Figura 29 - Conector principal

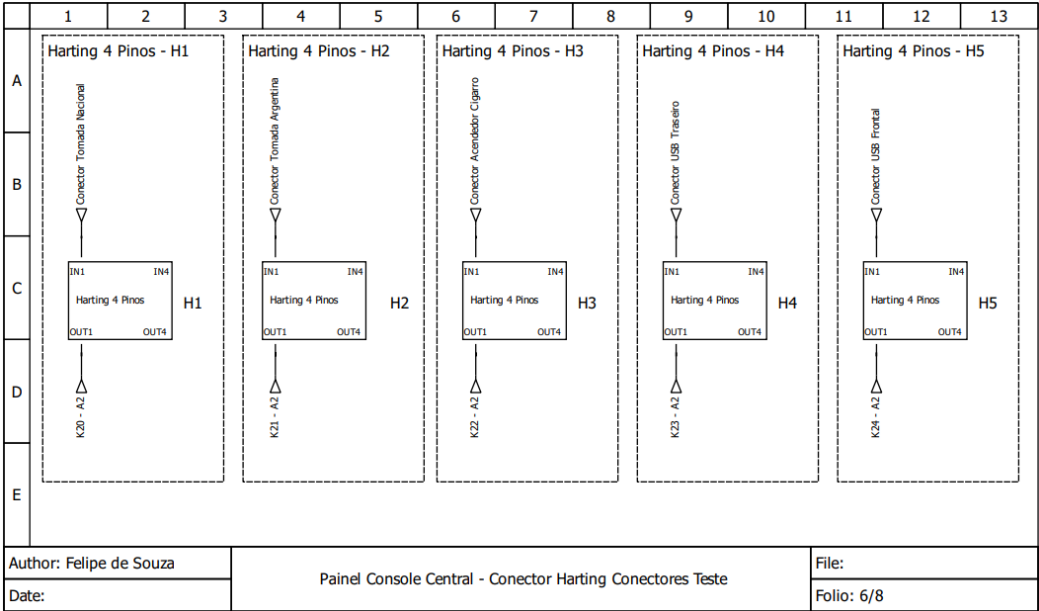


Figura 30 - Conectores de teste

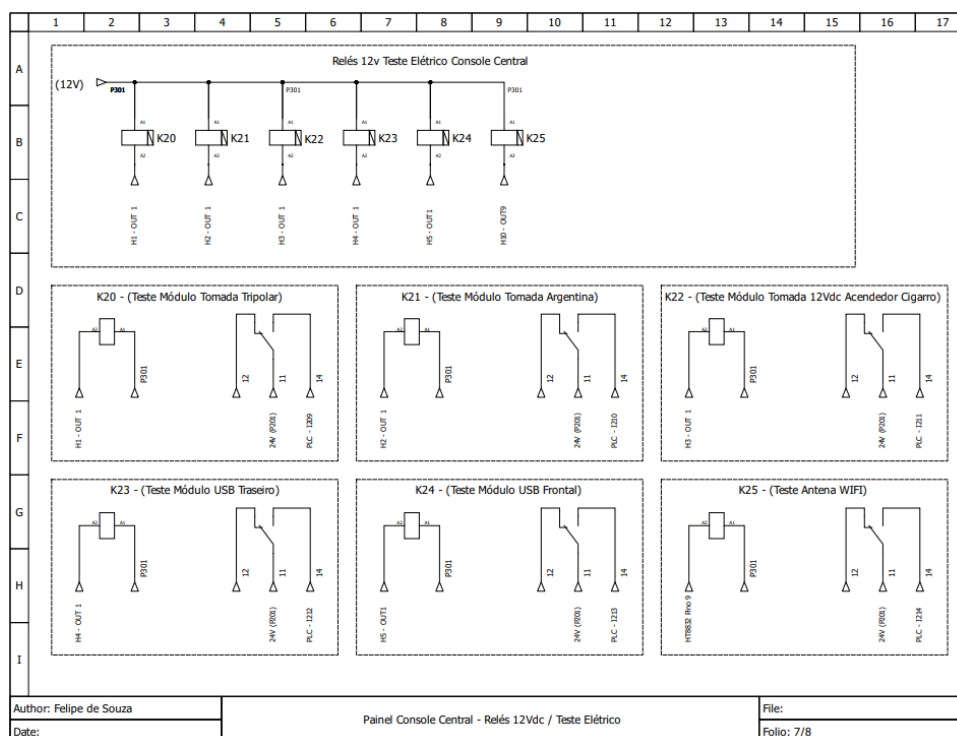


Figura 31 - Esquemático dos relés para o teste elétrico

3.9 Circuito pneumático

A parte pneumática da bancada é composta por um pulmão para armazenamento de ar, com a função de estabilizar a pressão, evitar quedas bruscas na pressão durante picos de consumo além de auxiliar na separação da umidade e óleo da rede. Este pulmão é feito em um perfil usinado de alumínio 45x90 que fica sobre a bancada. Após o pulmão, temos um filtro que serve para regulação de pressão e filtragem de impurezas do ar comprimido.

Uma válvula de abertura elétrica está ligada em paralelo com o sinal do relé de segurança e corta o ar do pistão quando a rede de segurança é desarmada. Outra válvula manual foi adicionada para facilitar manutenções na rede pneumática. E por fim, um conjunto de válvula e pistão realizam o travamento da peça na posição durante a execução do evento de testes. A Figura 32 apresenta esse circuito pneumático desde o pulmão até a trava que atua diretamente no console. Todos os componentes do sistema são da *Festo*, o fornecedor padrão para projetos com pneumática na *Faurecia*.

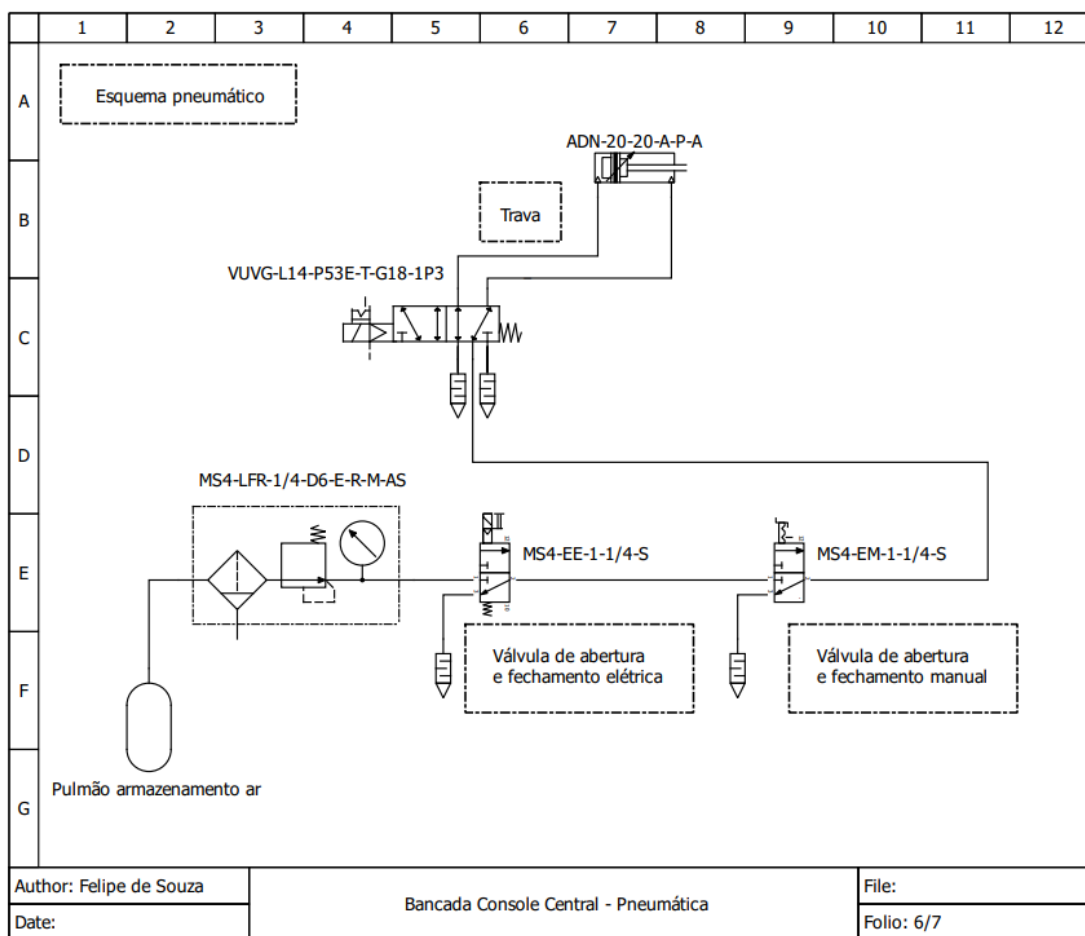


Figura 32 - Diagrama pneumático

3.10 Guia linear Festo

Como mencionado anteriormente, uma guia linear foi instalada na parte superior do console, com uma câmera virada para baixo, o intuito é ter um controle de posição caso algum modelo de console tenha algum teste que requeira uma foto em uma posição específica. Com a guia, podemos mover a câmera livremente e tirar quantas fotos forem necessárias do console por cima, na prática, todos os modelos acabaram tendo apenas duas fotos com um posicionamento ligeiramente diferente quando comparados entre si.

Este conjunto de guia linear é composto por um driver de servomotor modelo CMMO-ST-C5-1-LKP, um servomotor modelo EMMS-ST-57-M-SE-G2 e uma guia linear dentada modelo ELGS-TN-KF-45-1000, com um metro de comprimento. Outros pequenos acessórios como kit de montagem e parafusos também compõe a solução, porém não precisam ser mencionados.

Devido a essa necessidade de posicionamento diferente da câmera superior para cada modelo de console, ficaria mais caro colocar diversas câmeras fixas do que partir para uma câmera móvel. A ideia de colocar uma guia linear surgiu devido a vantagem de posicionamento com precisão, possibilidade de tirar duas fotos superiores com a mesma câmera, economizando assim o custo de mais equipamentos e a disponibilidade de diversas marcas para conseguir uma solução. Por ter um bom relacionamento com a *Festo*, eles foram os escolhidos para os primeiros testes de uma câmera acoplada a uma guia linear. O bom preço e a qualidade de fabricação e do software foram peça chave para seguir o projeto com a solução *Festo*.

A *Festo* possui um software exclusivo para a programação da linha de drivers CMMO, O Festo Configuration Tool, na Figura 33 podemos ver como são apresentados os conjuntos e algumas das opções de configuração.

E por falar nisso, o primeiro passo a ser realizado nesse software é a configuração física do sistema, colocando modelo do servo driver, modelo do servomotor, modelo e tamanho da guia utilizada no projeto e se temos a presença de mais algum elemento como reduções. Após essa configuração, devemos definir alguns parâmetros como velocidade máxima da guia, aceleração e desaceleração, precisão de posicionamento etc. O sistema ainda conta com um PID que pode ter seus parâmetros ajustados manualmente ou calculados pelo programa ao informar o peso da carga e o centro de massa. Por sorte a guia está em uma posição horizontal e o conjunto câmera e case de proteção não pesa mais de 500g. Dessa forma, os cálculos de PID automáticos do programa foram suficientes para uma movimentação rápida, sem ruídos e sem acelerações brutas.

Outros pontos definidos no FCT são a tratativa de erros, as rotinas e direção de zeramento da guia e o funcionamento dos modos de JOG e posicionamento via software. Aqui também informamos que o driver será comandado por um CLP via Modbus TCP e conseguimos verificar status do driver e da conexão em tempo real.

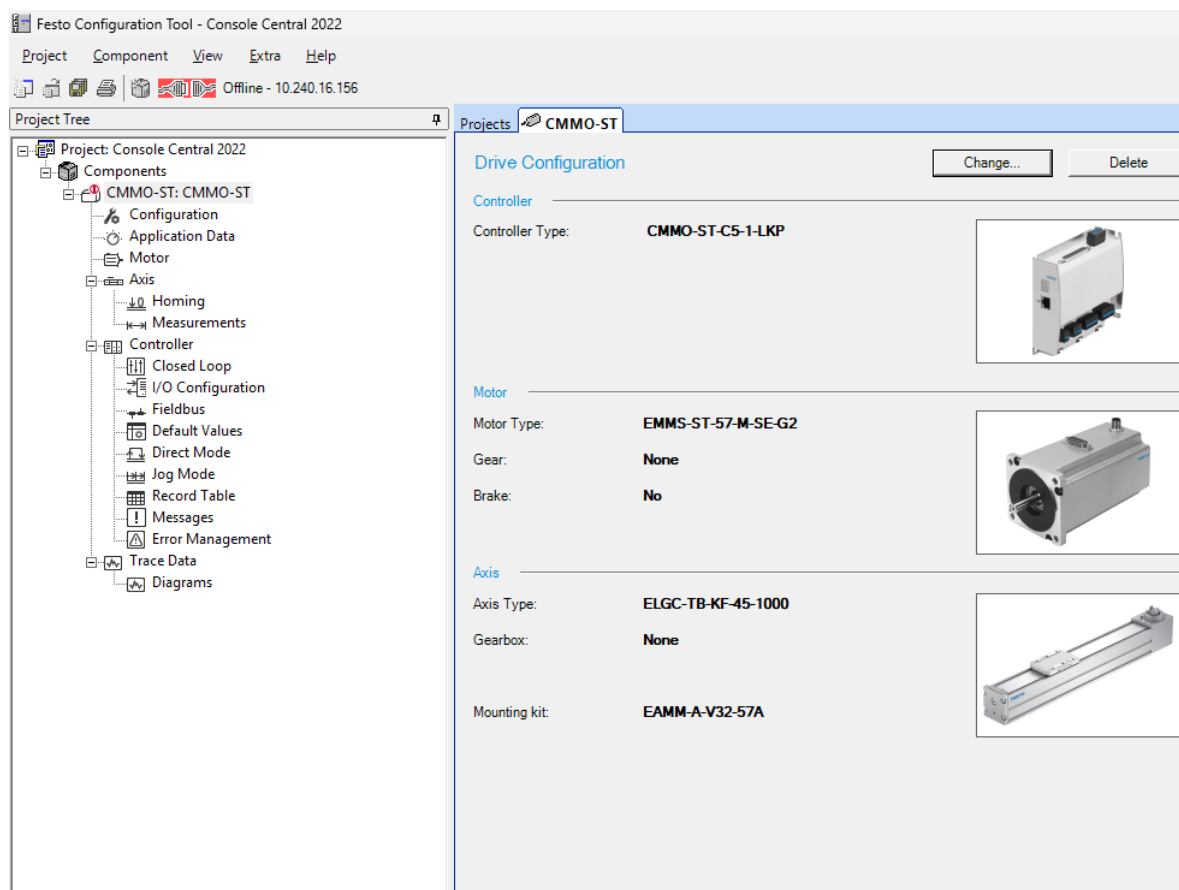


Figura 33 - Ambiente de programação Festo Configuration Tool

3.11 Programação CLP e IHM

A Siemens utiliza o *TIA Portal, Totally Integrated Automation Portal*, como a sua principal ferramenta de configuração e programação. Neste ambiente o projeto é feito desde a escolha dos hardwares envolvidos e definição da rede, até a programação de todas as funções e telas necessárias para o funcionamento do projeto. Nos próximos capítulos, vamos dividir os processos necessários para a criação de um programa em etapas menores para facilitar a compreensão e visualização deste passo a passo.

3.11.1 Escolha dos Hardwares

O TIA Portal conta com um sistema bem intuitivo para adicionar novos hardwares no programa. Com poucos cliques no menu chegamos à tela para seleção de CLP e IHM. A Figura 34 apresenta esse processo de seleção de hardwares da

Siemens dentro do TIA Portal. Um ponto de atenção é a versão de firmware selecionada no projeto, ela deve bater com a versão instalada no CLP ou IHM, caso contrário será necessário baixar a image com a versão do site da *Siemens* e instalar ela no hardware via TIA Portal.

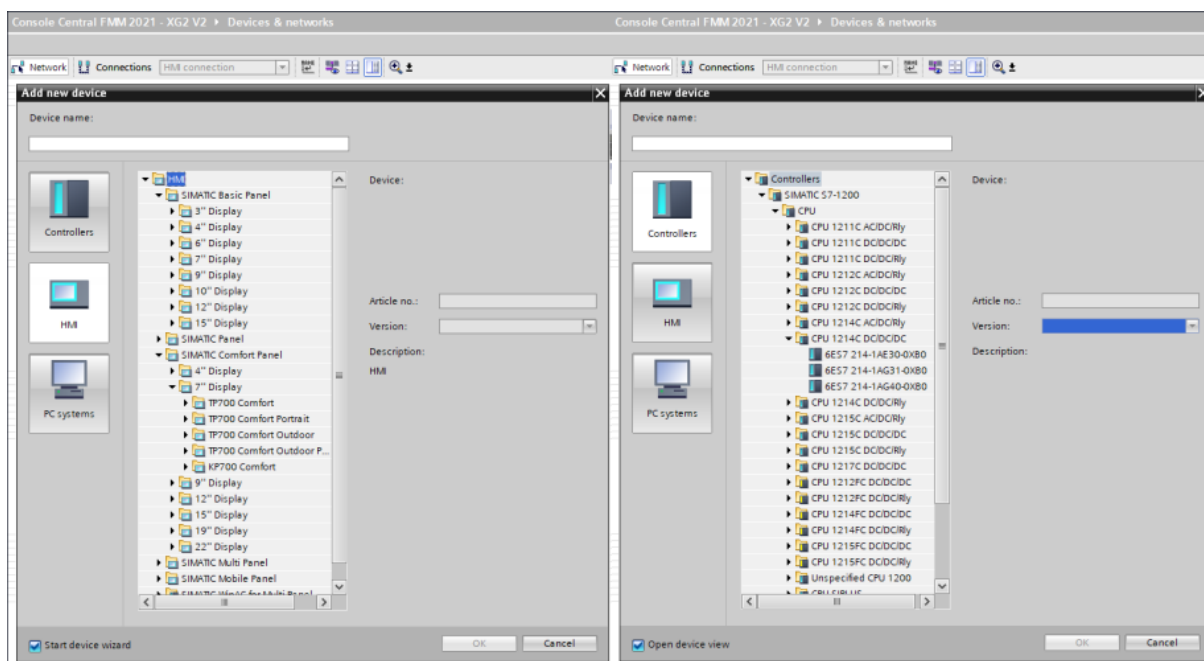


Figura 34 - Lista de CLPs e IHMs disponíveis no TIA

Os demais hardwares que serão integrados à rede PROFINET via GSDML tem uma maneira diferente de serem adicionados ao projeto. Ao abrir a rede dos dispositivos, um menu lateral chamado Hardware Catalog traz os dispositivos disponíveis e que podem ser integrados ao projeto. Caso algum dispositivo não possa ser encontrado nessa lista, o TIA Portal conta com uma ferramenta para importação de arquivos GSDML, após a instalação do arquivo, o dispositivo aparecerá na lista. GSDML ou *General Station Description Markup Language*, é uma espécie de datasheet eletrônico que permite que equipamentos de marcas diferentes conversem na rede industrial. Para funcionar, uma rede PROFINET tem como requisito a presença de um I/O Device.

A Figura 35 mostra como ficou a rede PROFINET do projeto, temos um CLP 1214C DC/DC/DC, uma IHM KTP400 Basic e dois controladores de câmera Keyence XG-X7000.

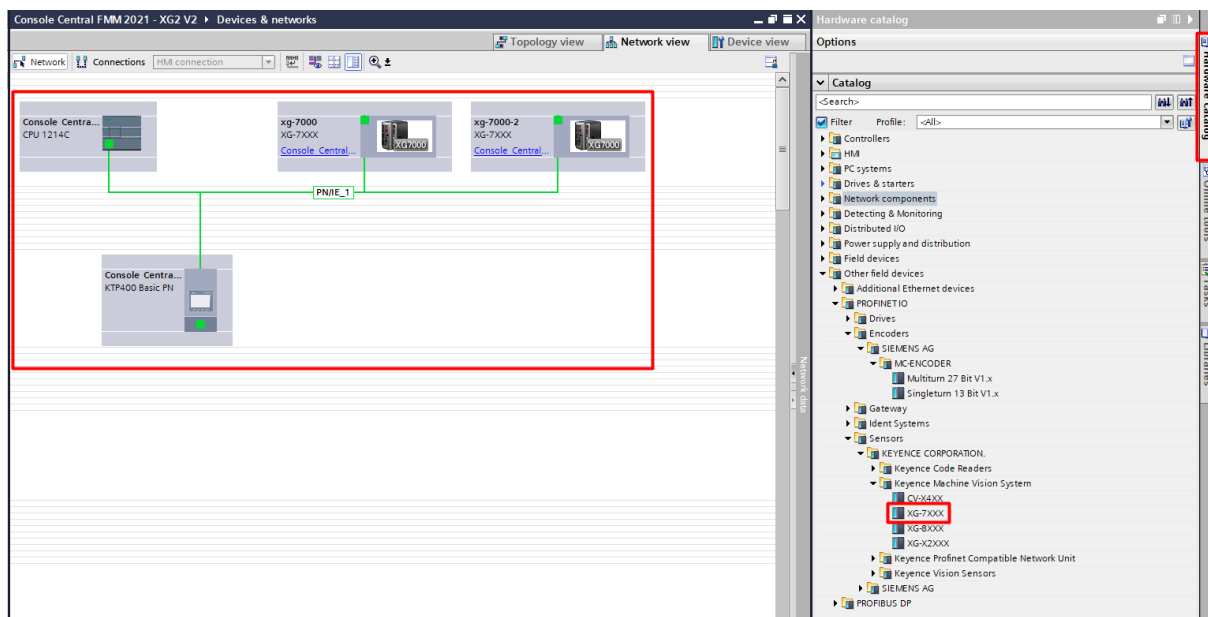


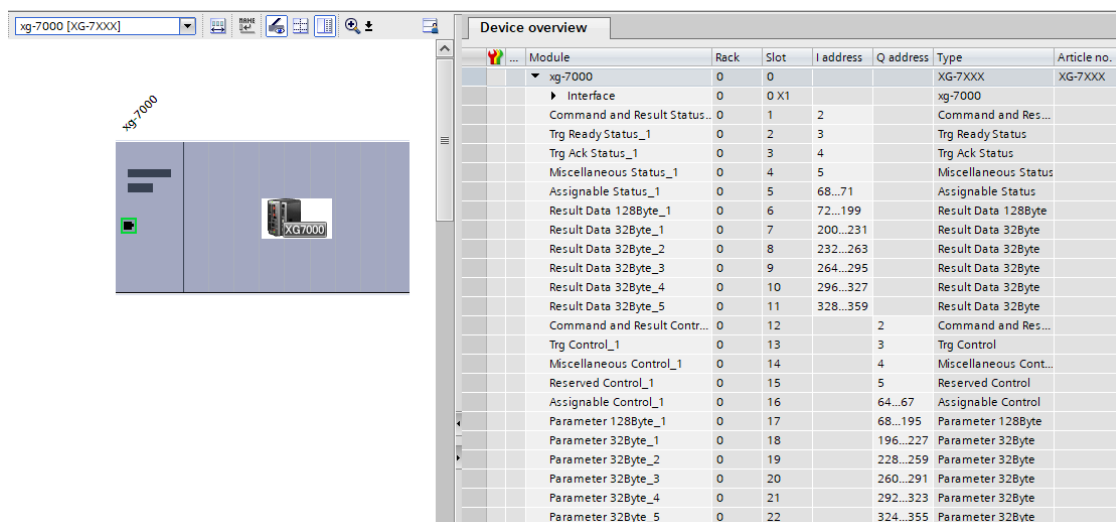
Figura 35 - Rede PROFINET da bancada de inspeção para console central

3.11.2 Configuração dos dispositivos na rede PROFINET

A configuração dos dispositivos na rede PROFINET é feita individualmente nas configurações de cada equipamento. Para hardwares *Siemens* instalados direto na árvore do projeto, como o CLP e a IHM, basta apenas definir um endereço IP na mesma faixa de rede e fazer a ligação na da rede dos dois na aba de dispositivos e rede do TIA Portal.

Demais dispositivos com comunicação PROFINET precisam ter um *device name* definido junto do IP. Após essa configuração, as memórias digitais serão criadas para a comunicação do I/O Device com o dispositivo PROFINET, no caso o CLP *Siemens* e os controladores *Keyence*.

Para ilustrar essa conexão, a Figura 36 mostra como ficou o XG na rede PROFINET. Na imagem, memórias de entrada e saída foram atribuídas para fazer a comunicação entre CLP e XG, são elas os comandos que o CLP envia para o controlador das câmeras e os status e variáveis internas do XG que o CLP pode usar no programa. A própria *Keyence*, fabricante do XG, tem um manual com a função de cada uma dessas variáveis e como fazer a integração.



The screenshot shows the Siemens TIA Portal software interface. On the left, there is a graphical representation of a rack with an 'XG-7000' module installed. The main window displays the 'Device overview' table, which lists the module's properties and its internal components.

Module	Rack	Slot	I address	Q address	Type	Article no.
xg-7000	0	0			XG-7000	XG-7000
Interface	0	0 X1			xg-7000	
Command and Result Status...	0	1	2		Command and Res...	
Trg Ready Status_1	0	2	3		Trg Ready Status	
Trg Ack Status_1	0	3	4		Trg Ack Status	
Miscellaneous Status_1	0	4	5		Miscellaneous Status	
Assignable Status_1	0	5	68...71		Assignable Status	
Result Data 128Byte_1	0	6	72...199		Result Data 128Byte	
Result Data 32Byte_1	0	7	200...231		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_2	0	8	232...263		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_3	0	9	264...295		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_4	0	10	296...327		Result Data 32Byte	
Result Data 32Byte_5	0	11	328...359		Result Data 32Byte	
Command and Result Contr...	0	12		2	Command and Res...	
Trg Control_1	0	13		3	Trg Control	
Miscellaneous Control_1	0	14		4	Miscellaneous Cont...	
Reserved Control_1	0	15		5	Reserved Control	
Assignable Control_1	0	16		64...67	Assignable Control	
Parameter 128Byte_1	0	17		68...195	Parameter 128Byte	
Parameter 32Byte_1	0	18		196...227	Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_2	0	19		228...259	Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_3	0	20		260...291	Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_4	0	21		292...323	Parameter 32Byte	
Parameter 32Byte_5	0	22		324...355	Parameter 32Byte	

Figura 36 - XG na rede PROFINET

3.12 Programação: Software *TIA PORTAL*

Neste capítulo vamos apresentar algumas das lógicas desenvolvidas para o funcionamento da bancada. Vamos dar foco na máquina de estados que faz a comunicação com o Middleware, no funcionamento da bancada durante a realização de um evento e nas lógicas envolvidas no teste elétrico.

3.12.1 Máquina de estados Middleware

O conjunto de softwares que compõe a solução dentro do PC industrial é comandado pelo CLP durante a sua operação. Uma máquina de estados foi criada para facilitar o funcionamento sendo que para cada estado, há um conjunto de tarefas que são executadas dentro do software. Vamos apresentar o funcionamento do PC com mais detalhes e como isso é comandado dentro do CLP, algumas das informações contidas nesse capítulo já foram mencionadas durante o capítulo de funcionamento da bancada.

O fluxograma apresentado na Figura 37 apresenta esses estados.

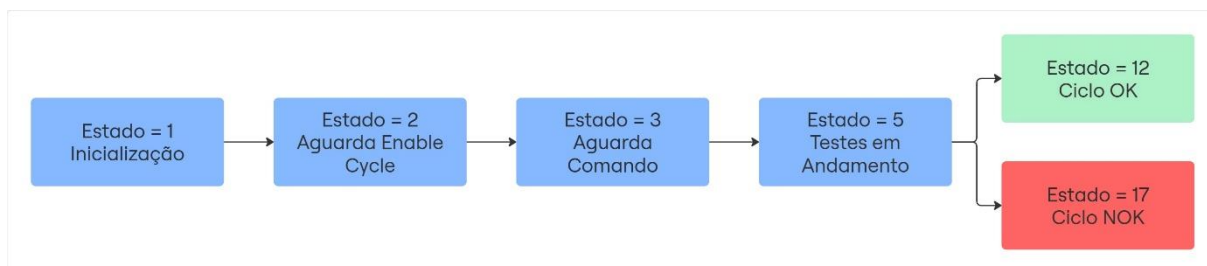


Figura 37 - Estados do Middleware

Durante o estado 1, algumas rotinas de inicialização ocorrem no PC, aqui as pastas de armazenamento dos eventos em progresso são criadas, além de outras rotinas de inicialização. Após isso, o Middleware manda um sinal de OK para o CLP para informar que suas atividades foram realizadas. Figura 38 CLP aguarda o OK do Middleware.

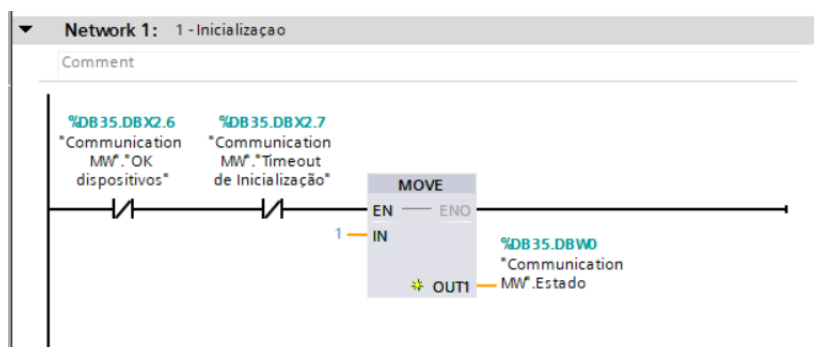


Figura 38 - Estado Middleware 1

Ao receber o sinal de OK do Middleware e dos demais equipamentos da rede PROFINET, o CLP altera o estado do Middleware para 2. No estado 2 a bancada está pronta para iniciar um evento, aguardando apenas a leitura de uma etiqueta pelo operador. Nesse estado, o Middleware não executa nenhuma função e a bancada pode ficar horas parada sem realizar nenhum evento. A Figura 39 apresenta essa mudança de estados.

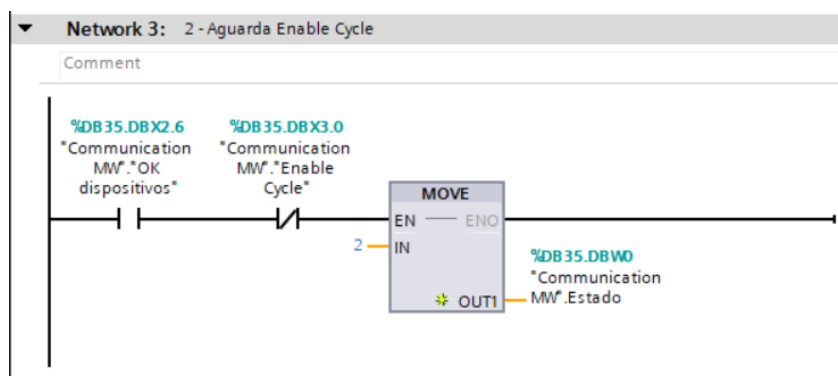


Figura 39 - Estado Middleware 2

Assim que o operador lê uma etiqueta e o CLP recebe o *Enable Cycle* do sistema de rastreabilidade o estado do Middleware é trocado para 3. Nesse estado o Middleware procura no banco de dados o PartNumber da peça que está sendo produzida e carrega o *JSON* com os resultados esperados de cada teste. O MW também carrega a imagem do console em questão no monitor da bancada, essa imagem informa ao operador quais os resultados dos testes ao final da inspeção. Após esse processo, o CLP aguarda o botão de start para alterar o estado para 'Testes em Andamento'.

Na programação do CLP ainda foram incluídas algumas barreiras para impedir que o CLP volte ao estado 3 durante a execução dos próximos estados. Podemos ver na Figura 40 todas as variáveis envolvidas nesse controle.

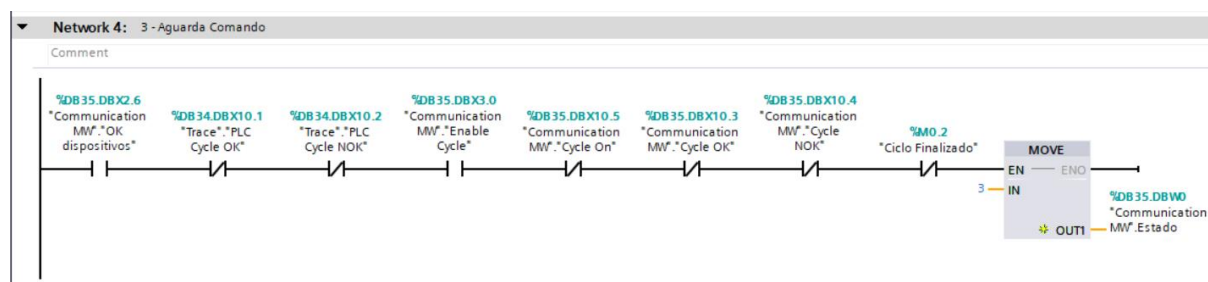


Figura 40 - Estado Middleware 3

Quando o operador se certifica que está tudo correto e aperta o botão de start, o estado muda para o número 5. Nesse estado o Middleware carrega algumas mensagens na tela e fica aguardando uma variável do CLP informando que todas as fotos já foram feitas para poder analisar o resultado dos testes. Essa interação será apresentada no próximo capítulo, quando vamos abordar o funcionamento da bancada durante os testes.

Ao receber essa variável, o Middleware compara o *JSON* recebido do XG com o *JSON* de resultados que foi carregado no início do evento, ele também verifica se todas as imagens chegaram no diretório do evento e caso tudo esteja correto, ele informa ao CLP que o ciclo teve resultado OK, do contrário, o CLP recebe uma variável de ciclo NOK.

Na Figura 41 abaixo, está apresentado quais variáveis mantem o estado cinco ativo, precisamos do *Enable Cycle* recebido do TCO, um *PartNumber* diferente de zero e ambas as variáveis de *Cycle On* e *Cycle Run* ativas.

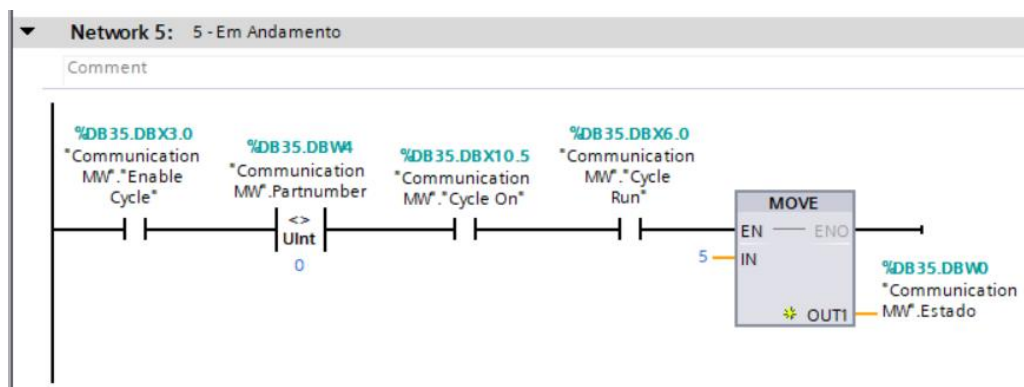


Figura 41 - Estado Middleware 5

Os últimos estados da máquina de estados do Middleware estão dispostos na Figura 42. Embora seja o software embarcado no PC que informe o resultado das inspeções, o CLP ainda é responsável por fechar o evento. Caso receba um resultado OK do Middleware, o CLP automaticamente altera o estado para 12, finalizando assim o evento.

Caso receba um resultado NOK do Middleware, o CLP mantém o estado como cinco. O estado doze só é atingido após a chave NOK ser ativada, encerrando o evento como NOK.

Para o Middleware, os dois estados são muito parecidos, nele o MW junta as imagens e resultados do evento em um pacote e envia ao servidor, onde ele ficará armazenado e disponível para consulta posterior. A maior diferença fica por conta do resultado mostrado na interface, sendo OK ou NOK, dependendo das inspeções.

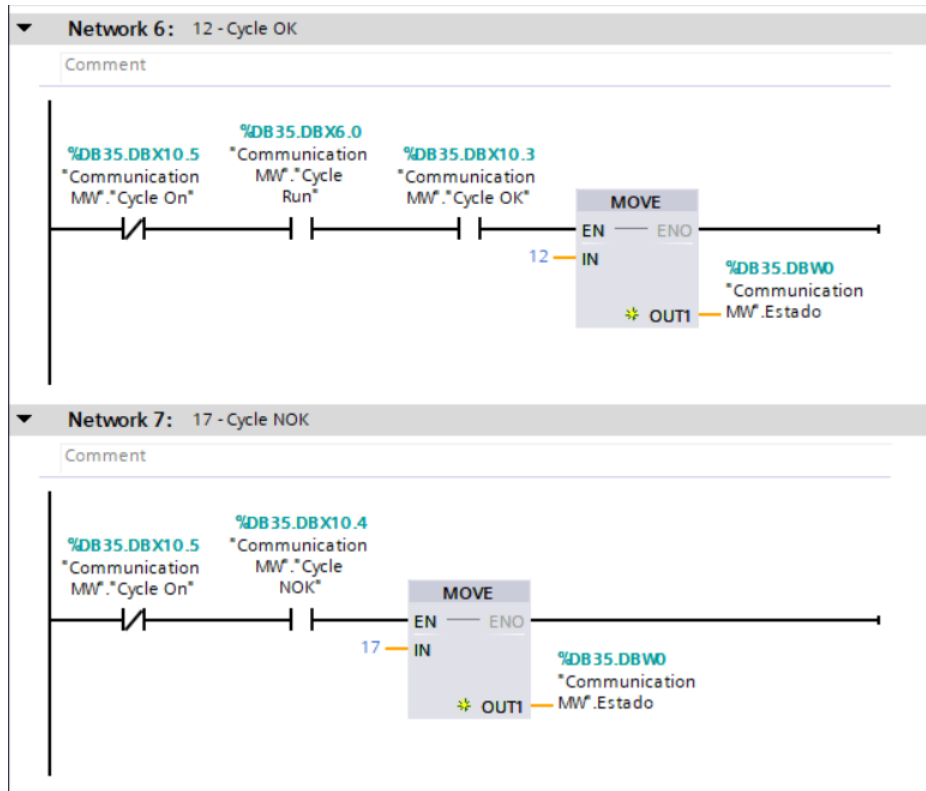


Figura 42 - Estados Middleware 12 e 17

3.12.2 Funcionamento da bancada durante a realização dos eventos

O bloco que faz a gestão dos eventos se chama *Normal Operation*, sua chamada está apresentada na Figura 43 e seu conteúdo na Figura 44. Ele é ativo caso todos os equipamentos da bancada estiverem prontos para executar um ciclo e após o recebimento do Enable Cycle.

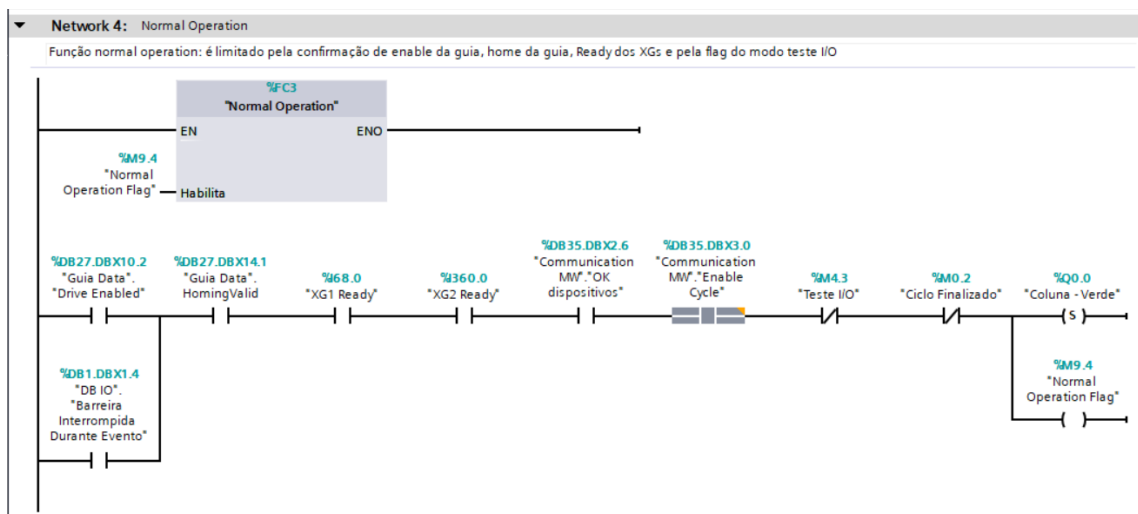


Figura 43 – Chamada do bloco Normal Operation

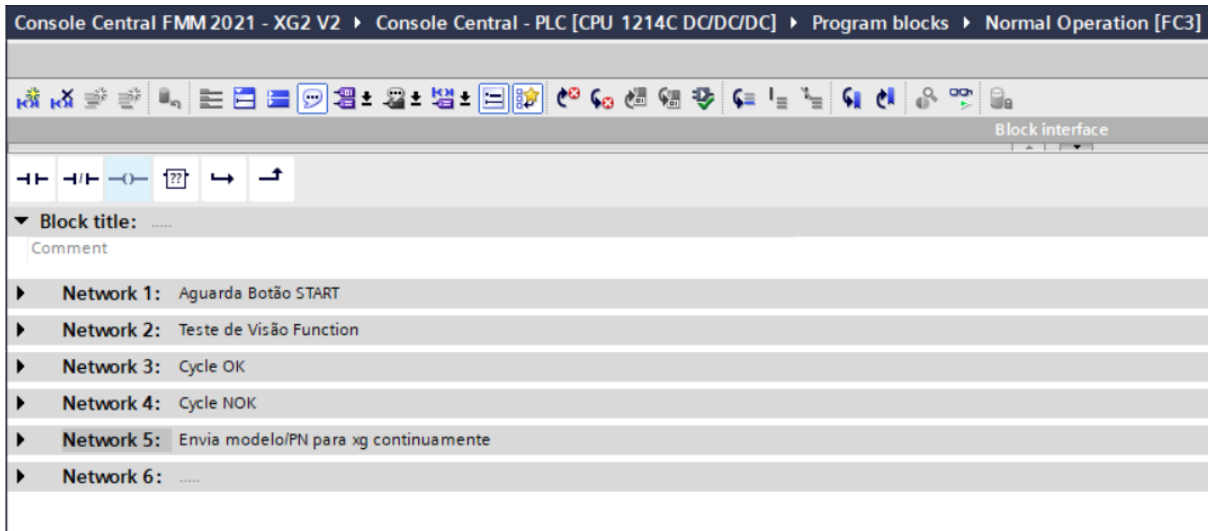


Figura 44 - Bloco Normal Operation

O conteúdo do bloco é composto por uma network onde é feita a comparação do modelo com o sensor correspondente da peça em paralelo com o botão de Start. Ele é apresentado na Figura 45. Após o botão de Start, diversas variáveis do ciclo são setadas e resetadas.

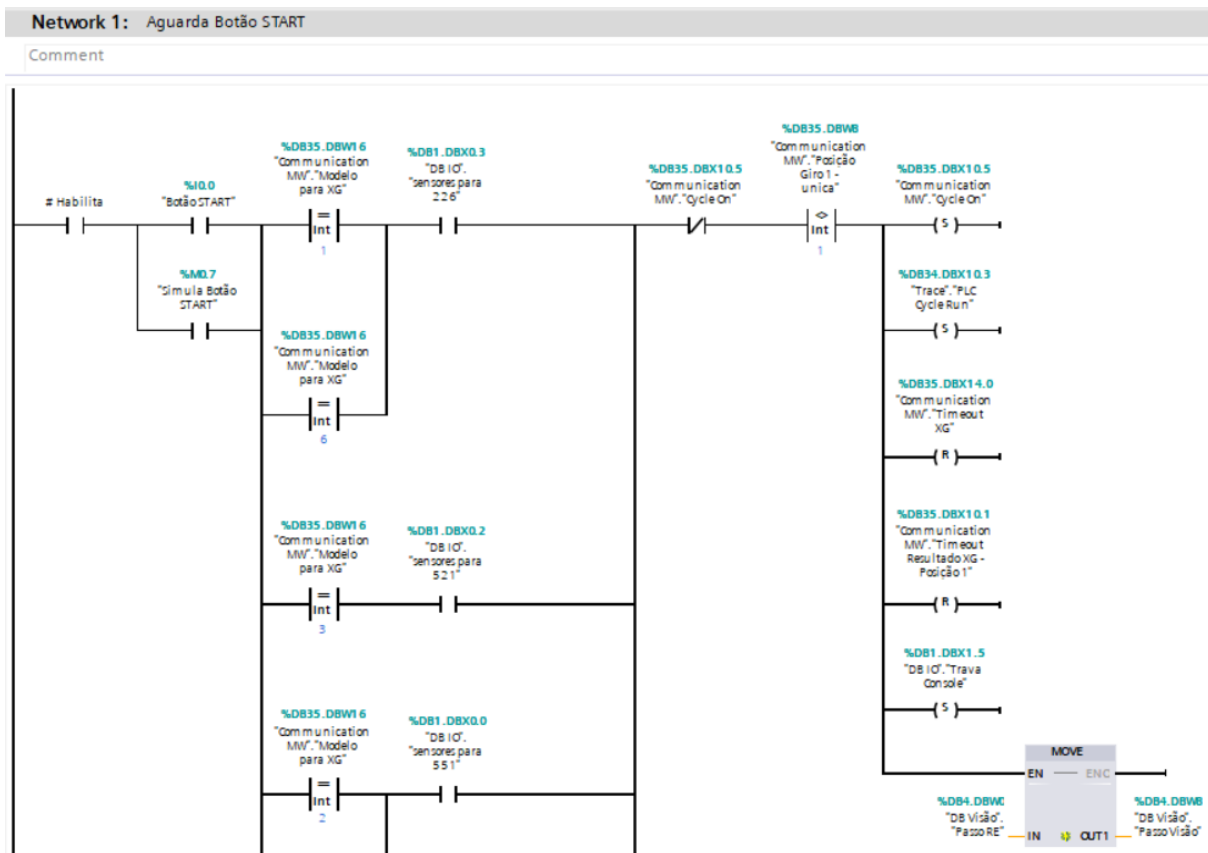


Figura 45 - Network 1 Normal Operation

Dentro desse bloco também é feita a gestão do resultado do evento, caso o resultado seja OK ou a chave NOK seja ativada, variáveis responsáveis por encerrar o evento são setadas e muitas variáveis necessárias para o funcionamento do evento são resetas, deixando a máquina pronta para executar o próximo ciclo de inspeção.

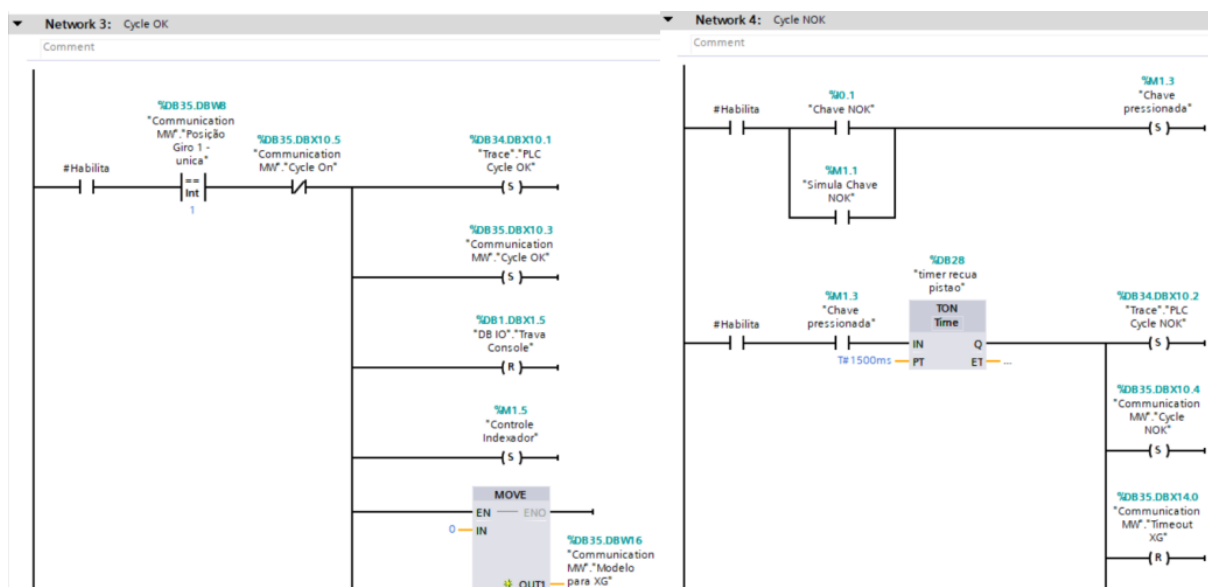


Figura 46 - Processamento do resultado do ciclo

Nas outras Networks temos a chamada do bloco que controla o passo a passo de um evento e uma network onde algumas informações são enviadas ao XG. A Figura 47 apresenta essas duas networks.

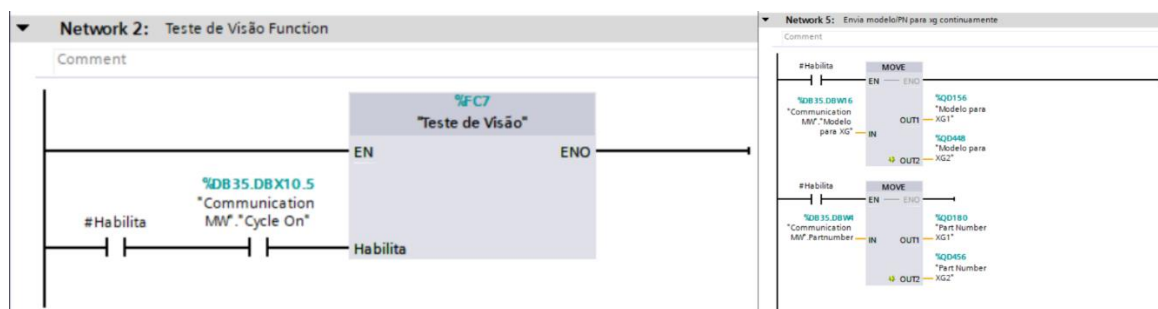


Figura 47 - Networks do Normal Operation

O bloco Teste de Visão foi criado como um FC, ele possui um conjunto de networks agrupadas e pode ter variáveis de entrada e saída, porém não necessita de um *Data Block* para armazenar suas variáveis internas.

Nesse bloco temos as rotinas de movimentação da guia, comandos para o controlador XG fazer as imagens, acionamento dos iluminadores e outros comandos

referentes ao fluxo de inspeção. Uma visão geral do funcionamento deste bloco pode ser vista na Figura 49.

Além disso, um fluxograma foi feito para facilitar o entendimento desse passo a passo de inspeção. Ele está apresentado na Figura 48.

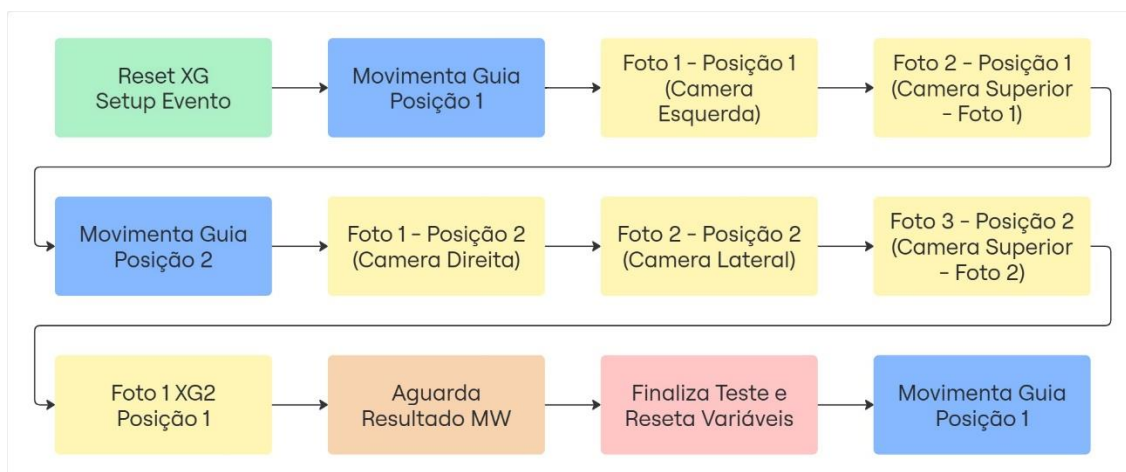


Figura 48 - Fluxograma de funcionamento do Teste de Visão

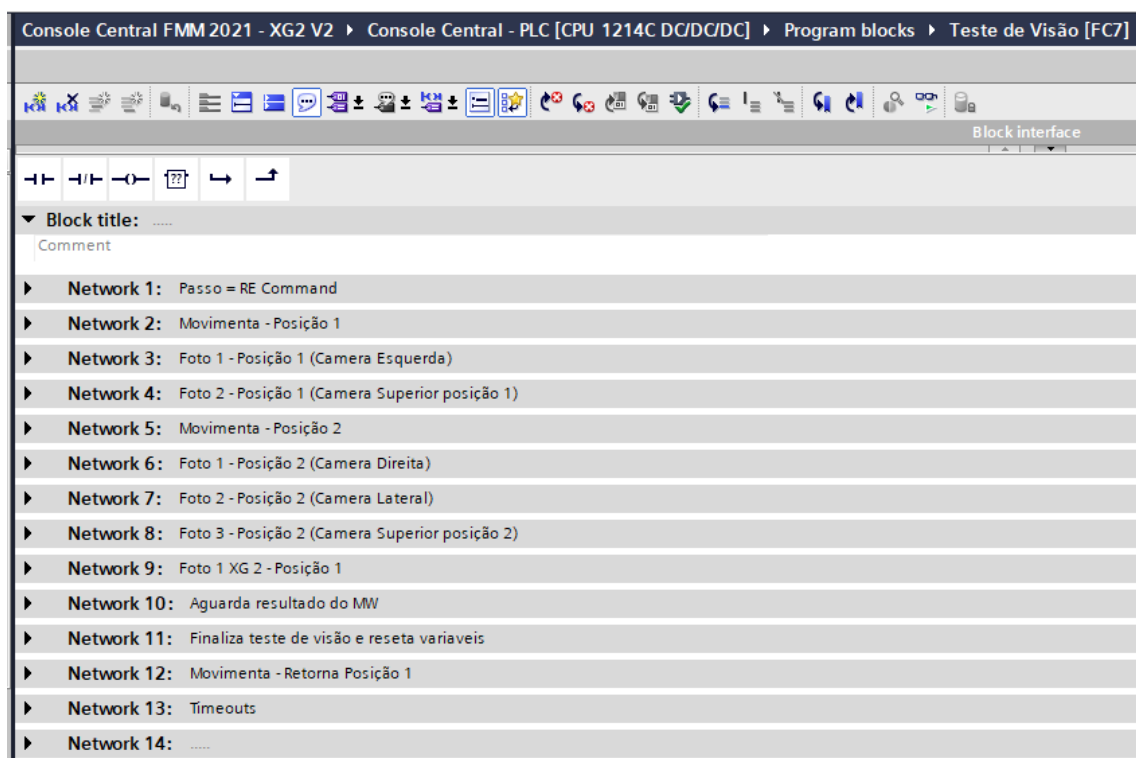


Figura 49 - Bloco do Teste de Visão

A rotina de inspeção de consoles começa com um comando de reset que é enviado ao controlador de câmeras, esse comando força o controlador a voltar para o início do seu programa, para garantir que todos os equipamentos estarão no mesmo

ponto. Outras variáveis do evento também são setadas e resetadas aqui, como pode ser visto na Figura 50.

O reset do XG é feito através de um comando enviado via rede PROFINET, uma das variáveis dessa rede se chama *Command Number*, o XG tem uma lista de comandos e cada um corresponde a um número. O número do comando de reset é o 42, ele pode ser encontrado no manual de comunicação PROFINET do XG.

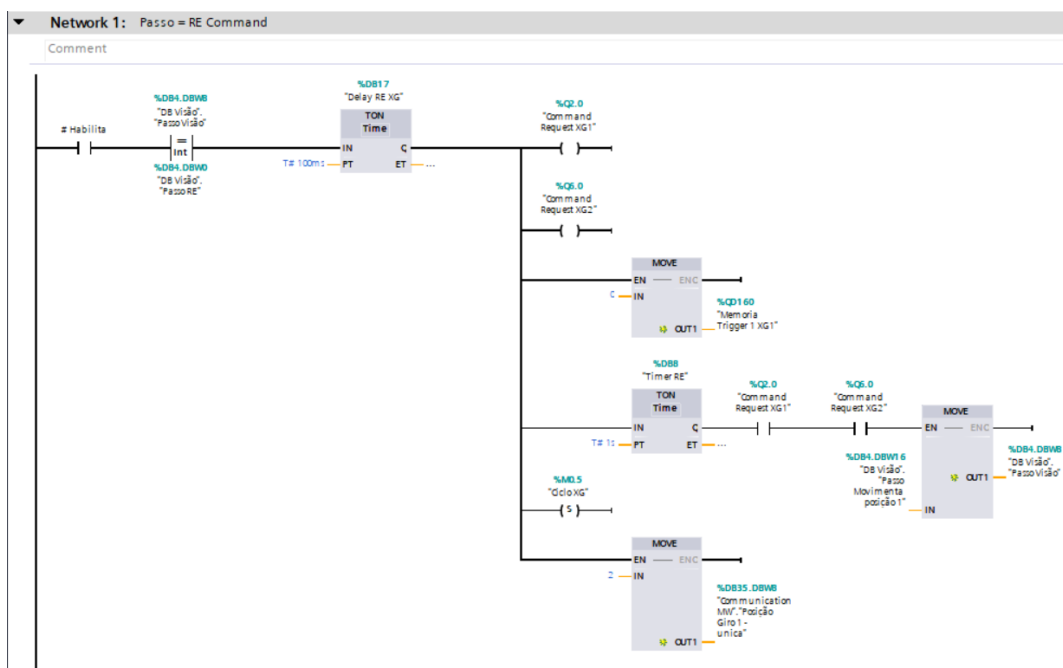


Figura 50 - Reset XG e setup de evento

Como vimos pela descrição das networks na Figura 49, o ciclo de inspeção é composto majoritariamente por movimentações na guia e o envio do comando de *trigger* para o XG.

Como cada câmera usa um conjunto diferente de iluminadores, um setup é feito antes de tirar a foto, na Figura 51 temos uma dessas networks. Inicialmente ligamos e desligamos alguns dos iluminadores para deixar da maneira correta para a foto em questão. Depois enviamos o comando de trigger para o XG e avançamos para o próximo passo na máquina de estados. Todas as networks de captura de foto têm a mesma estrutura.

Da mesma maneira, as networks de movimentação da guia também seguem um padrão. Como pode ser visto na Figura 52, o funcionamento segue a seguinte lógica, primeiramente atualizamos a variável de posição da guia, depois acionamos a variável *Start Task*, ao receber essa variável, o driver movimenta a guia

para a posição que foi definida. No final dessa networks é feita a confirmação que a guia chegou na posição correta, avançando assim a máquina de estados.

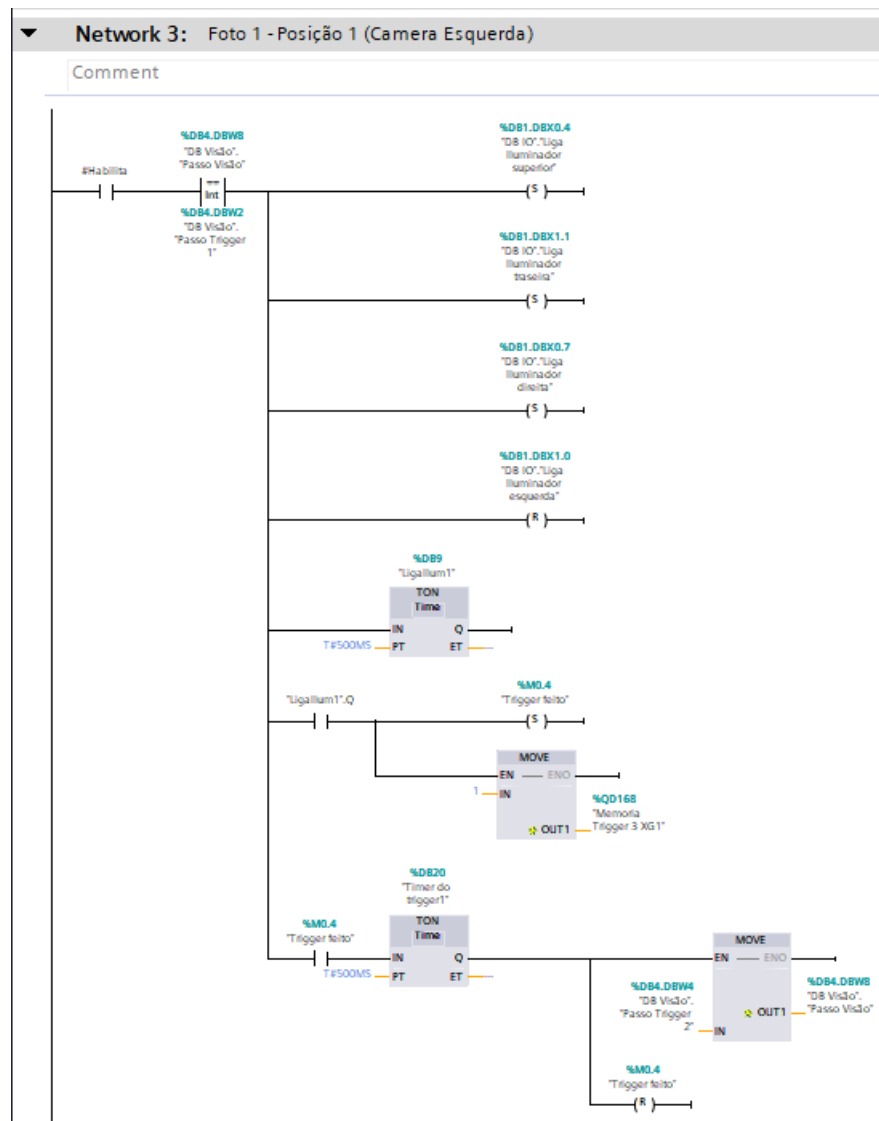


Figura 51 – Acionamento dos iluminadores e trigger XG

Após todas as movimentações e fotos, o CLP envia um sinal para o Middleware informando o final do fluxo de inspeção. O CLP então aguarda a resposta do Middleware com o resultado do evento, e após o recebimento, faz o reset das variáveis usadas durante a inspeção, preparando o sistema para o próximo ciclo.

O bloco que faz a gestão do teste elétrico funciona de maneira simples, dentro do bloco as entradas digitais que recebem o sinal dos relés 12VDC estão constantemente alterando o valor de uma variável atribuída à cada teste elétrico no Middleware. O teste foi elaborado dessa maneira para que consigamos ter o resultado do teste apresentado na tela, como se fosse um teste de visão qualquer, além de ter todos os testes no supervisório Laudit ao final de uma inspeção. Abaixo nas figuras: Figura 53, Figura 54 e Figura 55 podemos ver essa interação.

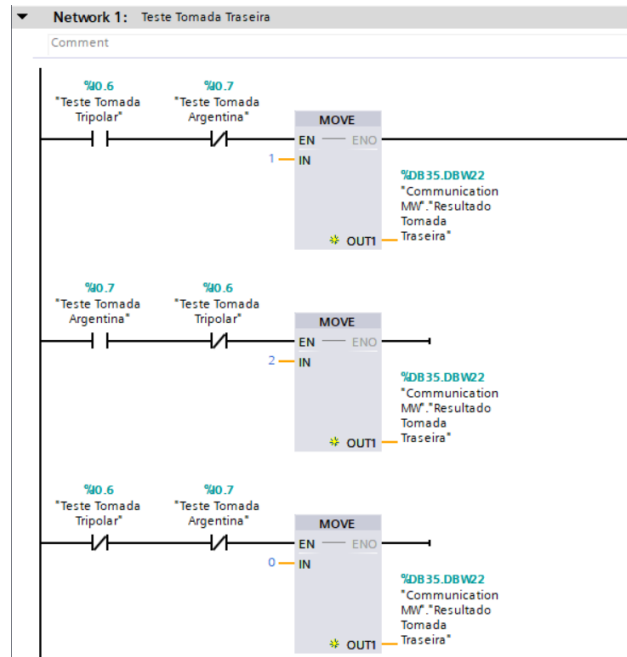


Figura 53 - Networks do Teste Elétrico 1

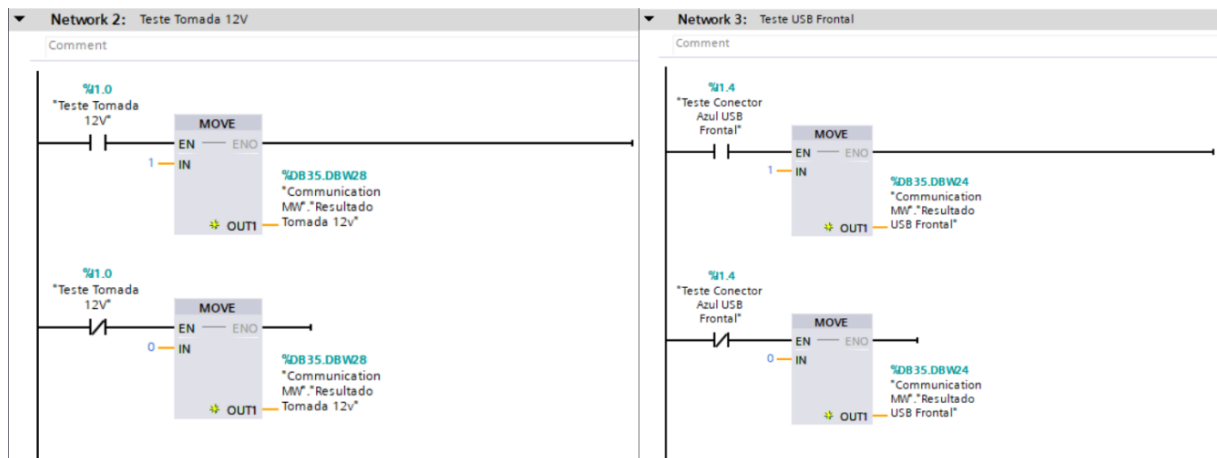


Figura 54 - Networks do Teste Elétrico 2

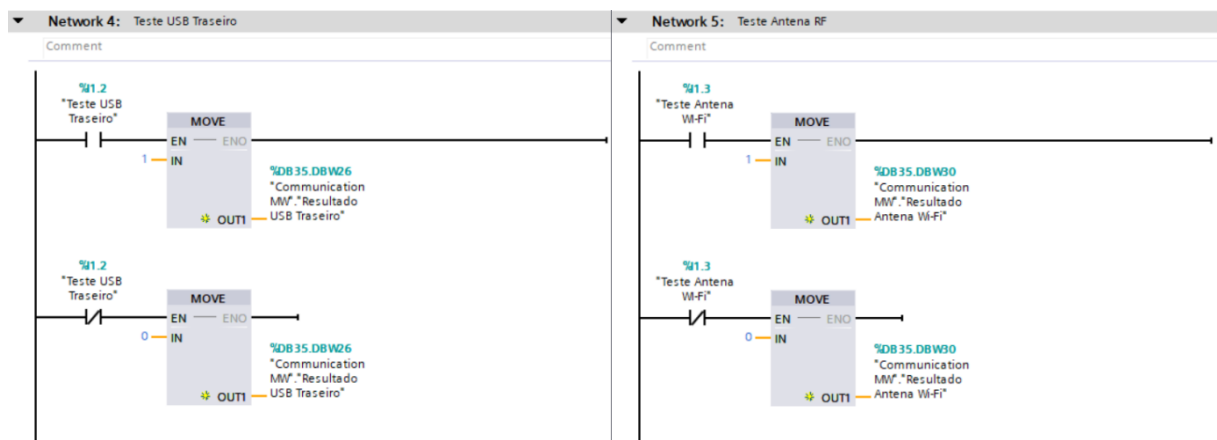


Figura 55 - Networks do Teste Elétrico 3

3.13 Desenvolvimento telas IHM

A IHM usada no projeto é uma KTP400 Basic PN da *Siemens*, foram desenvolvidas seis telas que tem funções como auxiliar durante rotinas de manutenção, apresentar algumas informações importantes para o funcionamento do fluxo da bancada e movimentação da guia manualmente. A Figura 56 mostra essas telas na estrutura do projeto.

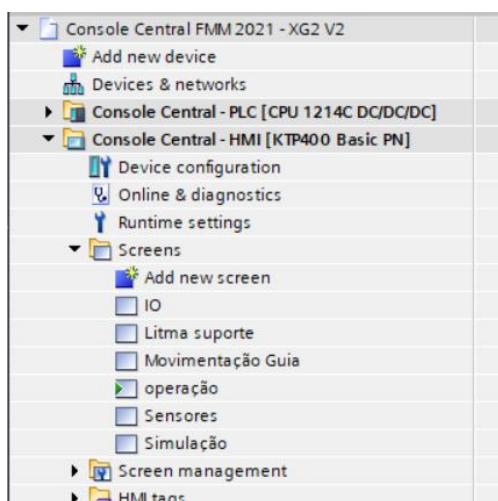


Figura 56 – Telas da IHM

Essa IHM conta com uma tela touch screen e quatro botões físicos que podem ter suas funções atribuídas de acordo com a necessidade do projeto. Para esse projeto apenas o primeiro e o último botões estão sendo utilizados e possuem função de troca de página, o primeiro botão chama a tela de produção e o último leva para as telas de manutenção e diagnóstico.

A Figura 57 ilustra o processo de criação de telas dentro do TIA Portal, uma aba lateral contém diversos elementos que podem ser dispostos na tela, podendo ser botões, displays e outros elementos gráficos como textos e formas geométricas. Além de alguns outros blocos mais complexos e que não estão sendo usados nesse projeto.

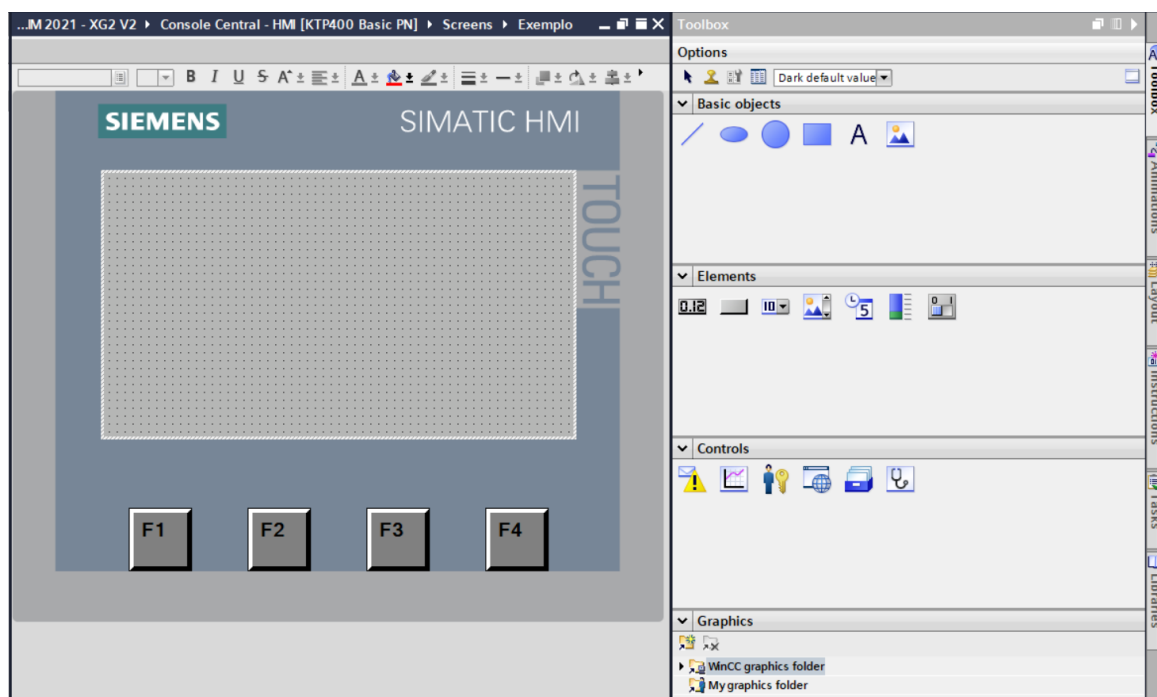


Figura 57 - Criação de telas

A tela de operação é a tela padrão da IHM, nela estão disponíveis informações importantes ao ciclo de inspeção. A versão da peça em produção, estado atual da máquina de estados do Middleware, status da comunicação com o TCO, a leitura em tempo real dos sensores de peça e o resultado dos testes elétricos são apresentados para o operador nessa tela. A Figura 58 apresenta essa tela.



Figura 58 – Tela da IHM em operação

Outras telas foram desenvolvidas para a manutenção e diagnóstico da bancada, vamos apresentá-las abaixo. A Figura 59 apresenta a tela de simulação, nela podemos simular a comunicação entre o TCO e o CLP da bancada. Ao ativar o botão 'SIMULA TCO', o CLP passa a usar as variáveis simuladas na IHM no lugar das variáveis provenientes do sistema de rastreabilidade. Procedimento necessário para validar os fluxos e trocas de dados antes da instalação da bancada na planta.

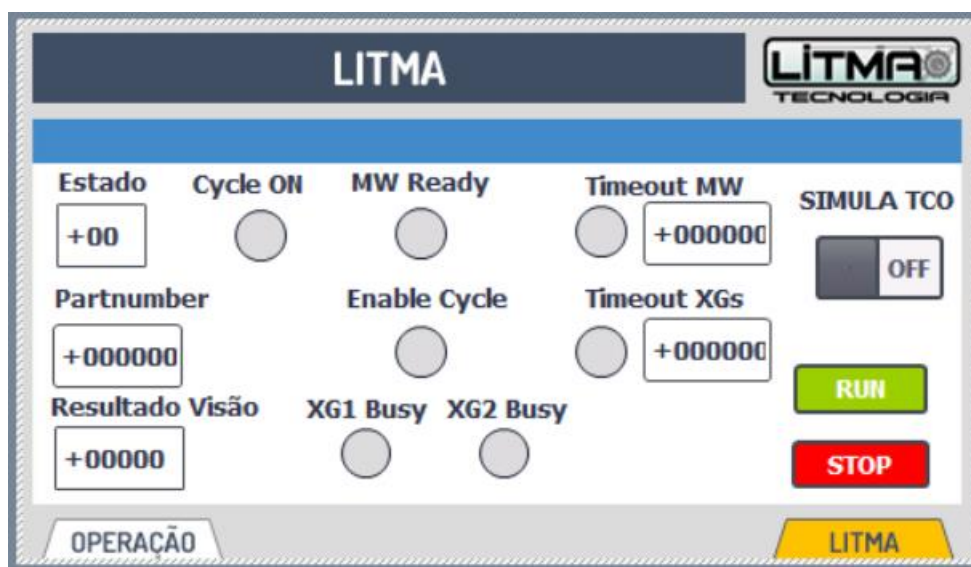


Figura 59 - Tela da IHM para simulação

Outra tela essencial durante a programação da bancada é a tela de movimentação da guia, disposta na Figura 60. Nela conseguimos mover a guia sem a necessidade de mexer no software do CLP ou no software da *Festo*, auxiliando a equipe de visão a encontrar as melhores posições para a câmera durante o desenvolvimento do projeto e para manutenções posteriores.

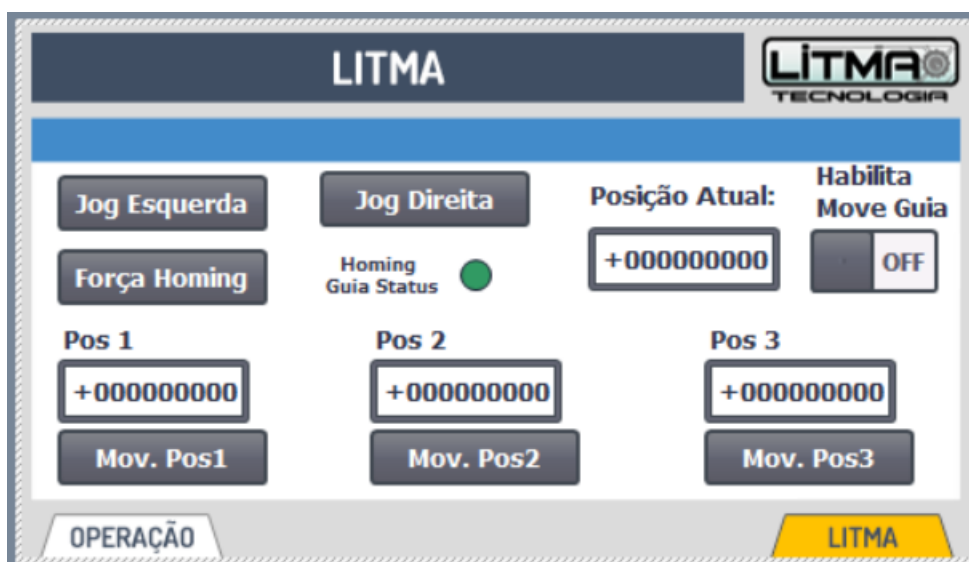


Figura 60 - Tela da IHM com movimentação da guia

Na Figura 61 temos a tela de controle das saídas digitais, também útil durante manutenções e recalibrações. E por fim, na Figura 62 temos o status dos sensores de posição.

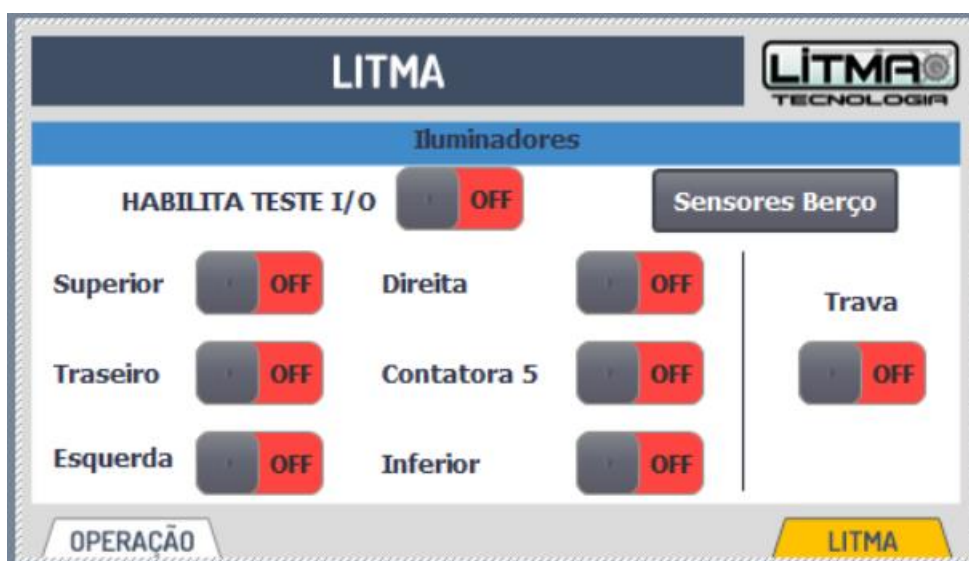


Figura 61 - Tela da IHM com as saídas digitais

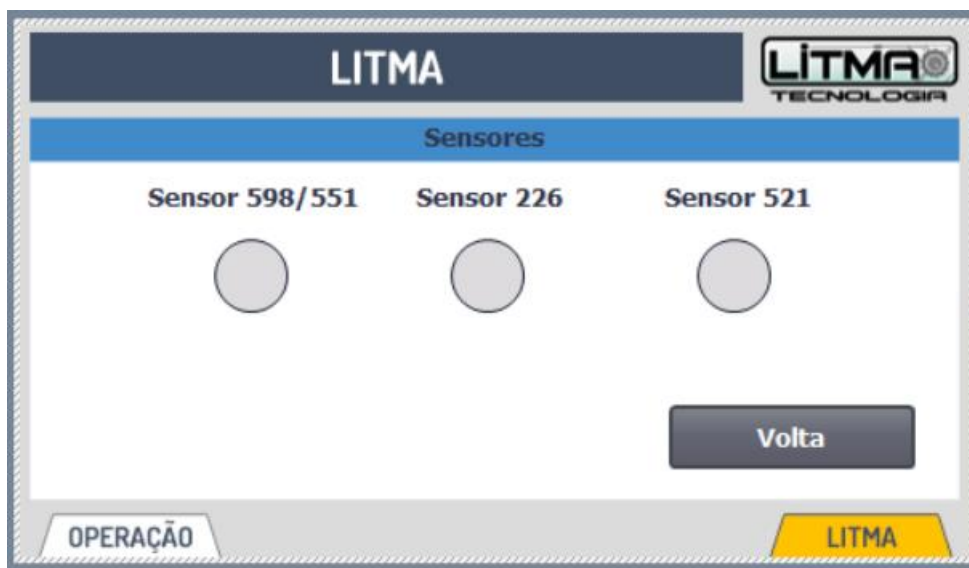


Figura 62 - Tela da IHM com sensores de peça

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A bancada foi entregue durante a instalação da linha de produção de consoles centrais na planta de Goiana-PE da *Forvia*. Na Figura 63, temos uma imagem da bancada pronta durante o processo de instalação na planta da Forvia. Para a instalação, a ajuda da equipe de manutenção da Forvia é necessária para fazer a ligação da rede pneumática e da energia à bancada.



Figura 63 – Instalação da bancada na planta da *Forvia* em Pernambuco

4.1 Dados de produção retirados do supervisório Laudit

Vamos utilizar algumas informações retiradas do supervisório Laudit para apresentar alguns dos resultados obtidos pela bancada. Na Figura 64 temos a tela de apresentação dos resultados de um evento. Nela encontramos os resultados de cada teste junto com as fotos retiradas durante a realização do evento.

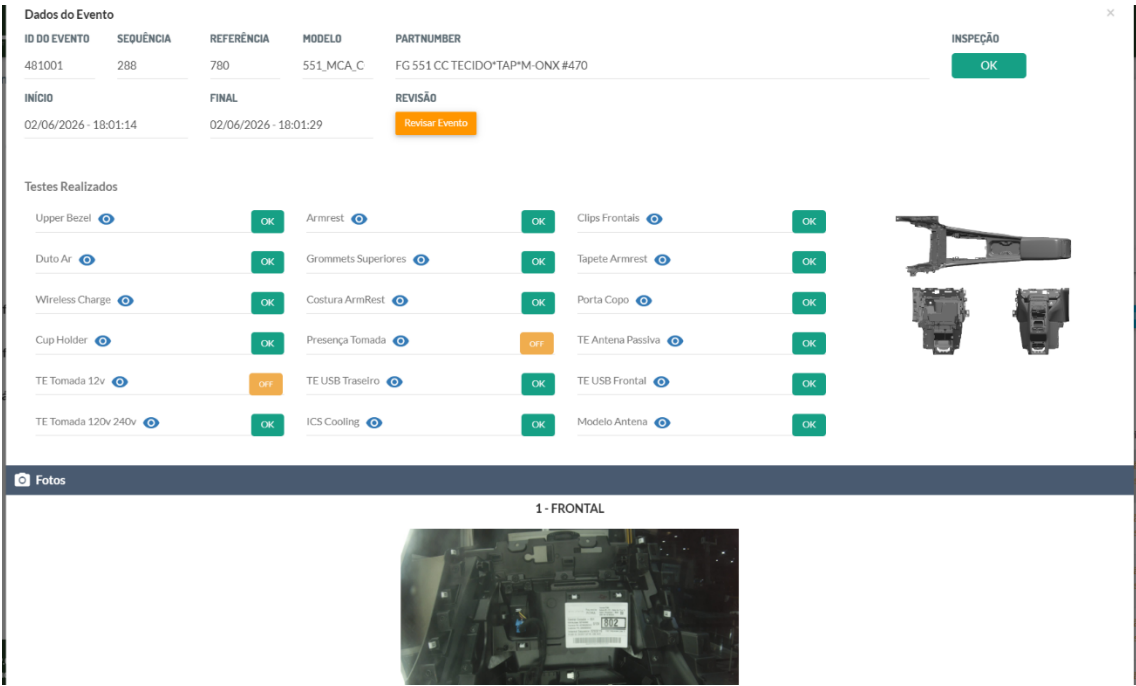


Figura 64 - Exemplo: Relatório de inspeção de um Jeep Compass

Por dia, são produzidos por volta de 1000 carros na planta da *Stellantis* e nos fornecedores internas do parque automobilístico. Isso quer dizer que por volta de 1000 consoles centrais são produzidos por dia.

Desde a entrega da bancada de inspeção de consoles centrais, a *Forvia* fez o pedido de uma segunda bancada, idêntica ao primeiro projeto. Dividindo então as inspeções nas duas bancadas.

Para ilustrar esses números de produção a Figura 65 apresenta um filtro nos eventos disponíveis no *Laudit*. O filtro foi feito entre o período de 03/06/2026 00:00 e 04/06/2026 00:00. Neste período de 24 horas, um total de 469 consoles foram inspecionados na bancada.

Ao ajustarmos o filtro para um período de 30 dias, de 01/05/2026 00:00 à 01/06/2026 00:00, temos um total de 9754 peças inspecionadas, como ilustrado na Figura 66. Já para o ano de 2026, ao ajustar os filtros temos um total de 48195 peças produzidas e inspecionadas na bancada de inspeção final da linha de consoles centrais.

Esses números evidenciam a totalidade desse projeto, envolvendo diversas tecnologias e equipamentos para suprir uma demanda da indústria, um projeto

entregue em uma das plantas mais modernas do setor no Brasil e que entrega resultados a anos.

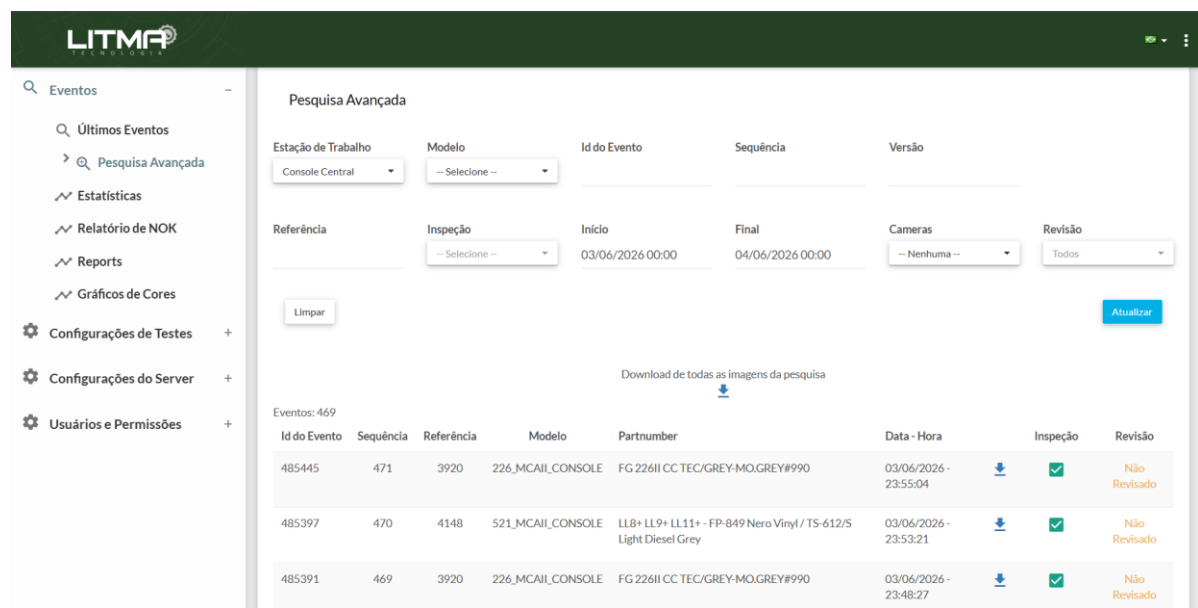


Figura 65 - Números de produção diária

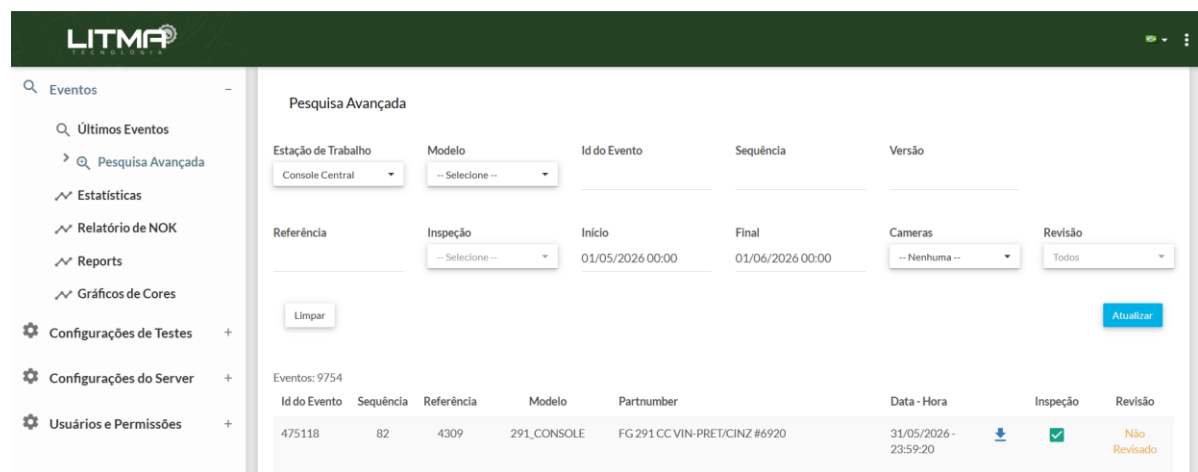


Figura 66 - Números de produção mensal

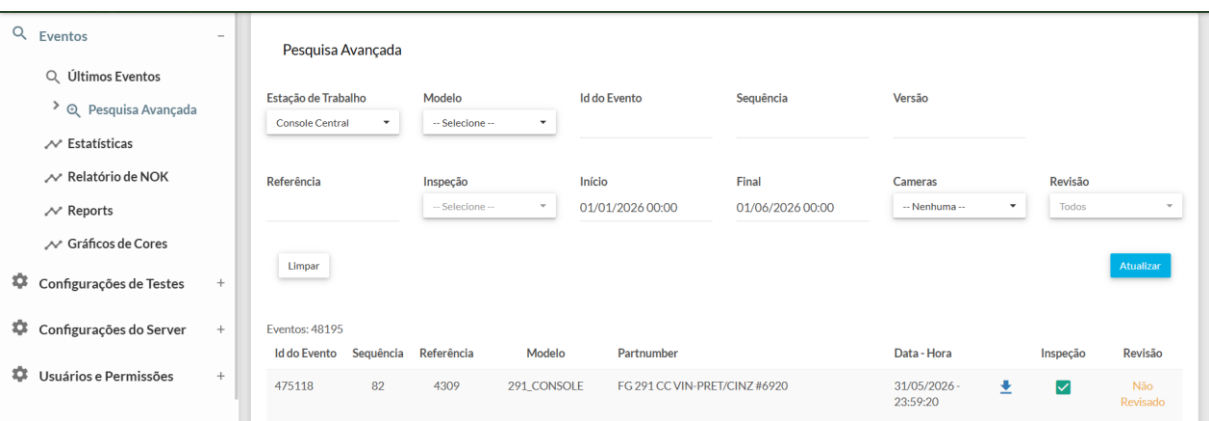


Figura 67 - Números de produção 2026

4.2 Análise dos problemas de produção

Vamos agora analisar a produção da bancada, apresentando alguns dos eventos onde a bancada auxiliou no processo de montagem, informando falhas antes que as peças fossem enviadas à montadora.

A Figura 68 apresenta um gráfico de produção diária, ela foi retirada diretamente do supervisorio Laudit e cada coluna equivale a um dia de produção. Em detalhe, um dos dias em que tivemos uma produção de 379 peças, sendo 372 peças OK e 7 peças com alguma não conformidade.

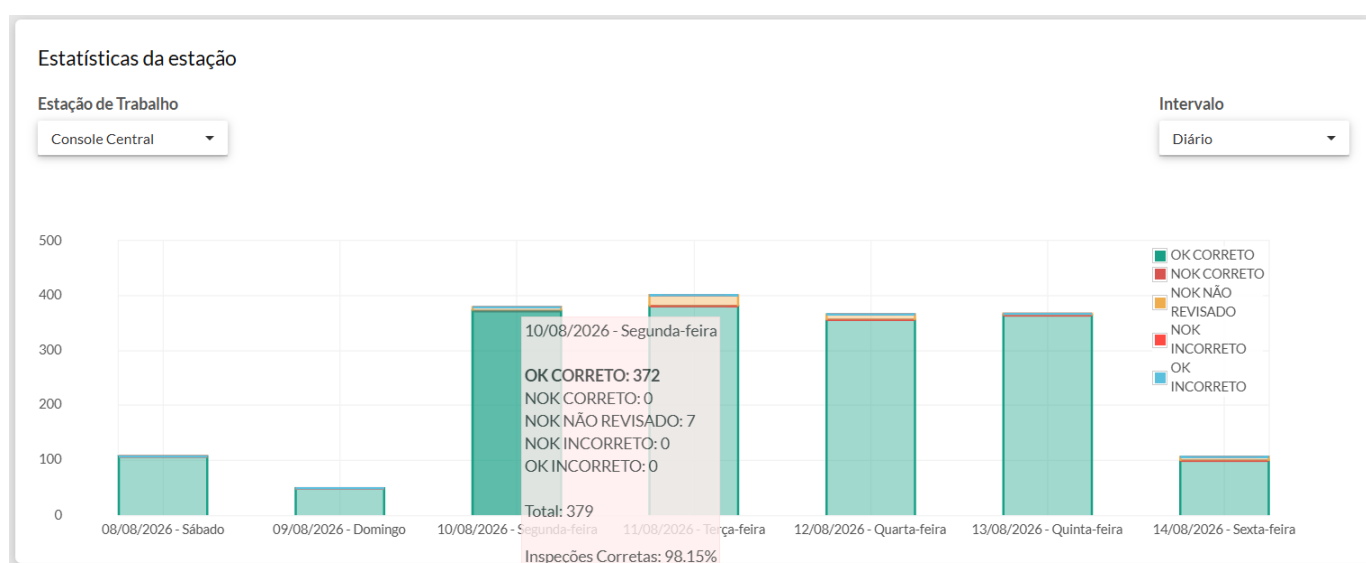


Figura 68 - Estatísticas de produção semanal

Essas não conformidades podem ser, ausência de peça, versão incorreta e montagem incorreta dos componentes elétricos do chicote. Para fazer uma análise melhor, vamos usar um dos dias de produção como exemplo. A Figura 69 apresenta os eventos em que alguma não conformidade foi detectada durante o dia 10/08/2026

Eventos: 7

Id do Evento	Sequência	Referência	Modelo	Partnumber	Data - Hora	Inspeção	Revisão
663106	320	3920	226_MCAII_CONSOLE	FG 226II CC TEC/GREY-MO.GREY#990	10/08/2026 - 20:48:47	 	Não Revisado
662738	277	3041	551_MCA_CONSOLE	FG 551 CC PRE/GREY*TAP*M-ONX #470	10/08/2026 - 17:53:42	 	Não Revisado
662288	233	809	291_CONSOLE	FG 291 CC VIN-PRET/CINZ #6920	10/08/2026 - 15:10:56	 	Não Revisado
662009	206	809	291_CONSOLE	FG 291 CC VIN-PRET/CINZ #6920	10/08/2026 - 13:05:43	 	Não Revisado
661575	165	4150	521_MCAII_CONSOLE	LL6+ - TS-811/Z Black Agunon Fabric / TS:404/K BLUE VERT ESMERAUDE	10/08/2026 - 09:33:14	 	Não Revisado
661425	147	810	291_CONSOLE	FG 291 CC VIN-PRET/VERM #6920	10/08/2026 - 08:44:49	 	Não Revisado
661400	144	810	291_CONSOLE	FG 291 CC VIN-PRET/VERM #6920	10/08/2026 - 08:32:37	 	Não Revisado

Figura 69 - Eventos com resultado NOK dia 10/08/2026

Ao analisar esses eventos, montamos a Tabela 3 para definir a falha de montagem de cada peça. O evento 165 teve a versão do armrest instalada na cor diferente da peça final, portanto após a análise das imagens, o mesmo foi considerado não conforme.

Os eventos 277 e 320 acusaram falta de componentes nos cliques frontais dos consoles. Esse erro foi causado pois o chicote da peça estava na frente do clipe durante a inspeção, impossibilitando assim a conferência dele. Já os demais eventos acusaram erros relacionados a montagem dos componentes elétricos no chicote do console central.

Tabela 3 - Falhas de montagem das peças

Número da sequência:	Falha de montagem detectada:
144	Falha na montagem de componentes elétricos
147	Falha na montagem de componentes elétricos
165	Troca de versão do armrest
206	Falha na montagem de componentes elétricos
233	Falha na montagem de componentes elétricos
277	Ausência de cliques frontais
320	Ausência de cliques frontais

Tais erros tem relação com a alta diversidade de produtos com diferentes sequências de montagem, aliado ao trabalho manual de operadores que estão sujeitos a erros humanos.

A habilidade de proteger a fabricante dos consoles de possíveis erros humanos, torna essencial a presença da bancada de inspeção de consoles centrais no final da linha produtiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo apresentar e documentar as etapas envolvidas no desenvolvimento, montagem, programação e entrega de uma bancada de inspeção final para a linha de produção de consoles centrais da FORVIA, instalada no Polo Automotivo de Goiana, Pernambuco. Ao longo deste estudo, foram abordados os principais conceitos teóricos relacionados à automação industrial, às redes industriais e às tecnologias empregadas no projeto, bem como a aplicação prática desses conhecimentos em uma solução industrial real.

Os objetivos específicos definidos para o trabalho foram alcançados de forma satisfatória. O projeto contemplou o desenvolvimento do painel elétrico da bancada, incluindo a definição dos circuitos de potência, controle e segurança. Também foi realizado o desenvolvimento da metodologia de testes elétricos aplicada aos consoles centrais, permitindo a validação da correta montagem dos componentes eletrônicos presentes nos chicotes elétricos dos produtos.

No âmbito da automação, foram desenvolvidos e implementados os softwares do CLP Siemens S7-1200 e da Interface Homem-Máquina, utilizando o ambiente TIA Portal. A lógica de controle baseada em máquinas de estados permitiu a criação de um sistema robusto, organizado e de fácil manutenção, garantindo a correta execução das etapas de inspeção. Além disso, foram realizadas as integrações necessárias entre o CLP e os demais dispositivos da bancada por meio de redes industriais, incluindo controladores de visão artificial, sistemas pneumáticos e dispositivos de movimentação.

Outro objetivo atingido foi a integração da bancada aos sistemas de rastreabilidade da planta, possibilitando a associação dos resultados dos testes às

peças produzidas. Essa integração contribui diretamente para a redução de erros de montagem e melhoria da qualidade do produto.

Os resultados obtidos validam as decisões técnicas adotadas durante o projeto. A bancada encontra-se em operação contínua há vários anos, funcionando praticamente 24 horas por dia, seis dias por semana, realizando a inspeção de aproximadamente 500 peças por dia. Esses números demonstram a confiabilidade da solução desenvolvida e comprovam a eficácia dos conceitos de automação, integração de sistemas e controle de qualidade empregados.

Por fim, este trabalho evidencia a importância da engenharia mecatrônica para soluções industriais completas, integrando conhecimentos de elétrica, automação, programação, redes industriais e controle de processos. Além de documentar um caso real, desenvolvido para a indústria automotiva, este estudo pode servir como referência para futuros projetos acadêmicos e profissionais na área de automação industrial.

REFERÊNCIAS

CEZÁRIO, A. L. O. **Proposta de um sistema de supervisão e controle de tanques acoplados**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Computação) — Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

FERNANDO, J. M. **Desenvolvimento de um Controlador Lógico Programável com Interface de Programação Ladder via Aplicação Web Embarcada**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

NASCIMENTO, A. B. **Um breve tópico na história da automação: do painel elétrico ao Controlador Lógico Programável (CLP)**. 2022. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

LAGE, F. A. D. **Aplicação de um sistema automatizado de uma linha de produção MPS 500 utilizando CLP S7-1200**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Controle e Automação) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BOTELHO, D. S. **Projeto de um sistema de automação de uma célula de manufatura utilizando CLP Siemens S7-1200**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, J. C. S.; IGESKI, O. E.; PAZINI, T. L. **INTEROPERABILIDADE DE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS EM REDE ETHERNET TCP/IP E PROFINET**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MARCOS, L. B. **Metodologia para análise de desempenho do protocolo PROFINET aplicado a redes de comunicação industrial**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2013.

SANTANA, R. L. **Desenvolvimento de um simulador de servidores modbus TCP com interface gráfica para integração com sistemas SCADA**. 2025. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecatrônica) - Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025.

DIAS, A. L. **Análise de desempenho de redes de comunicação industrial em acionamentos de motores elétricos trifásicos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências pelo programa de Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2014.

PETRY, Helô. **Middleware para gerência de informações contextuais de dispositivos de computação móvel**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CORDEIRO, J. A. F. **Estudo dos principais protocolos de redes industriais utilizadas no Brasil: AS-I, MODBUS e PROFIBUS**. 2019. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

FAUSTINO, M. R. **Norma IEC61131-3: aspectos históricos, estado da arte e propostas de continuidade**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

COUTO, R. T. **Ethernet Industrial**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de computação) – Universidade São Francisco, Itatiba, 2010.

LEITÃO, Marcos Alves. **Implementação de um Servidor OPC UA em linguagem C#**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ANEXO A – CDE - Vision System CC_03_06_2020

Technical Description for Automatic Vision System Control



WS Project FCA, Plan Goiana – PE/Brasil, Vision System Control Workbench

PURPOSE

- Describe as specifications needed for a quotation and a purchase of a vision system

SCOPE

- Updated by PLTL for the PSA projects at the Porto Real Plant - RJ / Brazil

Related Documents

- FAU-S-LSG-5803 - Ergonomic Memorandum
- AUS-12/10/23-10 - TRACEABILITY SYSTEM COMMUNICATION STANDARD SPECIFICATION with the PLCs
- PPS-08/04/04-11-EN - ELECTRICAL EQUIPMENT SPECIFICATIONS
- PPS-08/04/04-12-EN - PNEUMATICAL EQUIPEMENT SPECIFICATIONS
- Standard Cores

<i>Edi- tion</i>	<i>Date</i>	<i>Description of Changes</i>	<i>Editor</i>
01	02/06/2020	Document update	Wellington Amaral

Technical Description for Automatic Vision System Control



✓ **Description:**

Implement a complete turn-key solution for automatic conformity inspection by cameras on final control station. As part of contract are: software development and licenses, hardware, integration, installation, commissioning, training and start of production follow up.

The whole system must be connected into Faurecia Traceability System - TCO box following ISCP1 protocol on PLC programming.

System Characteristics:

- Images on high definition;
- Register of images on local server, allowing post production analysis;
- High Confidence on Quality Control
- Operation performance indicator

Cycle time: **60 s / CC**

✓ **Repetibility***

The vision system must ensure repeatability 100% for False ok, and 98% for false NOK

✓ **Operator Interface**

In order to facilitate fast operator's analysis is expected to have one indication screen of minimum 19" showing test result: missed component(s), non-conformity component(s), NOK/OK status, version verification and others.

✓ **Image Registration**

It is expected to have all pictures / report passed through vision system being storage on WEB for easy consulting by model, production date or any other search defined between parts involved on development.

The vision system should be able to store 30 days (30,000 pieces) in high resolution and then + 11 months (110,000 parts in low resolution). After 12 months the files will be forwarded to a back-up folder. (Memory server is property of Faurecia, Supplier must be responsible to provide a system to organize the pictures ensuring a easy way to consult by Part number, production date / time, Sequence number, etc).

✓ **Remote Access**

It's mandatory to consider remote access in order to guarantee support on line after supplier's implementation team leave the company, providing quick failure diagnosis and eventually acting on parameter adjustment. This support must be default for 90 days after production acceptance and be offered separately on monthly basis in case of production demand for that.

Technical Description for Automatic Vision System Control



✓ Workstation Structure

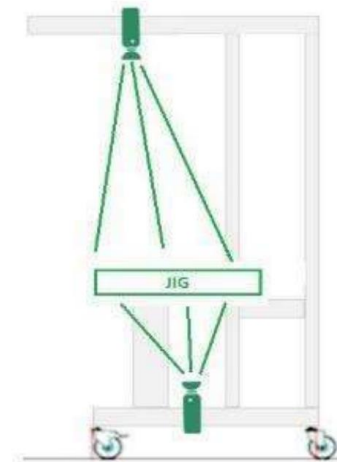
is already developed by Faurecia and could be provided to develop complete workstation.

Preferred might not allow operator turning movement, becoming total cycle time faster and safe.

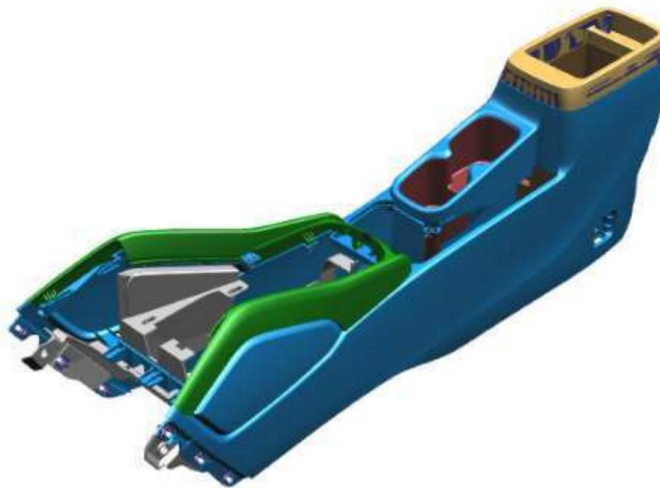
This configuration may requires at least 2 set of color cameras on upper position and lower position.

Angle of JIG, quantity of cameras, positioning of lightening and quantity of lights should be according to supplier expertise.

*No influence of the outside environment is acceptable, once the system is going to run 3 shifts 6 days a week.



According to image below, conformity verification points are:



Technical Description for Automatic Vision System Control



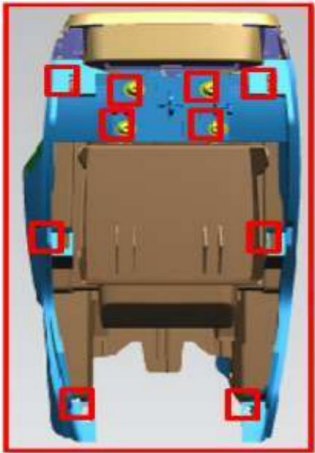
Console Assy - ENDURANCE (VERSÃO SEM APOIA BRAÇO)



7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Peca no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

Missing part

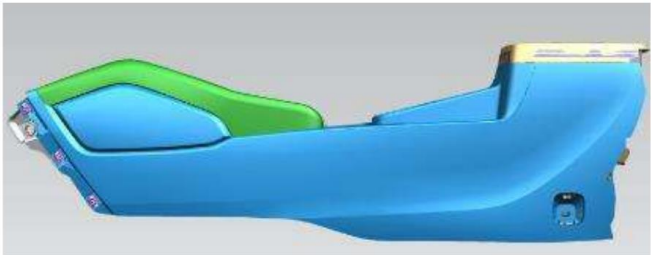
Nok Part
Presence of screws
Missing metal clips



Ok Part
Missing of screws
Precense metal clips



Technical Description for Automatic Vision System Control



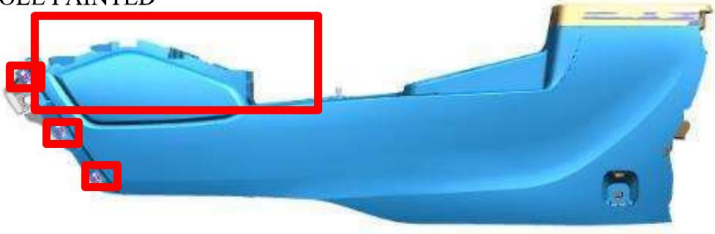
7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		○
Incorrect part		○
Peça no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

Missing part

Nok Part

Missing metal clips

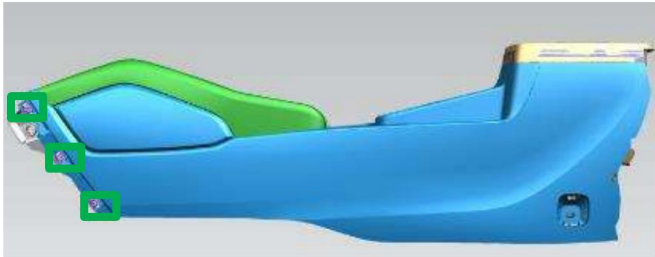
Missing BEZEL CONSOLE PAINTED



Ok Part

Precense metal clips

Presence BEZEL CONSOLE PAINTED

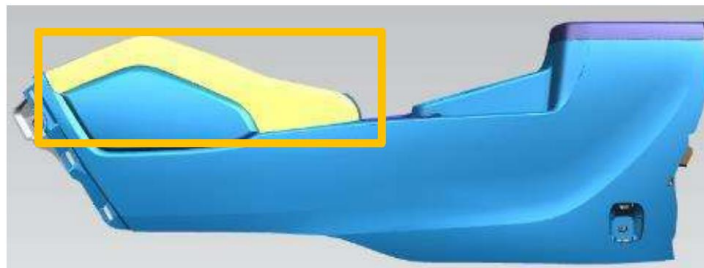


Technical Description for Automatic Vision System Control

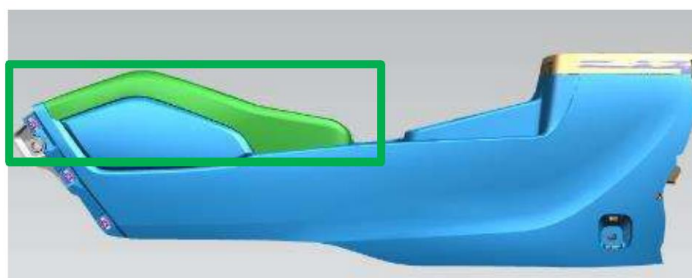


Incorrect part

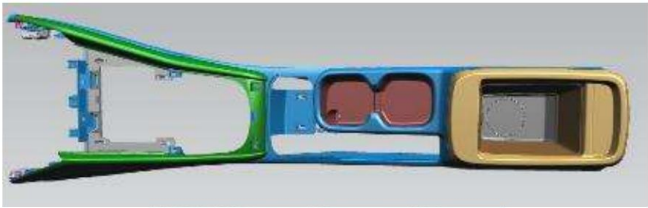
Nok Part
Bezel Console painted



Ok Part
Bezel Console painted – VV-604/R – FEM GRAY



Technical Description for Automatic Vision System Control

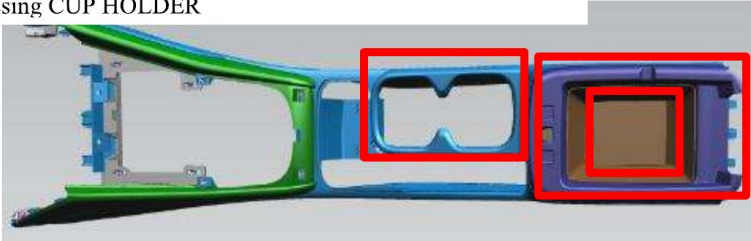


7 FAULT MODES	OK	NOK	
Missing part			○
incorrect part			○
Peça no local incorreto			
Order in the wrong place			
Incomplete assembly			
Part Damage			
Loet / Degraded Function	NA	NA	

Missing Part

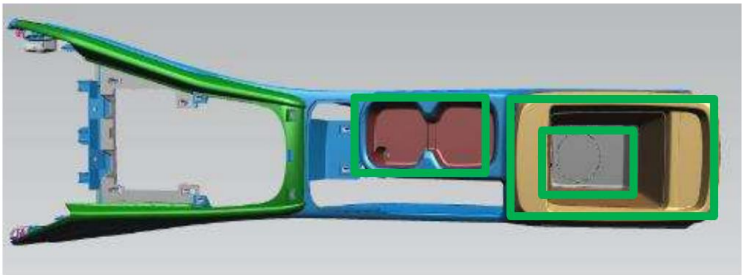
Nok Part

Missing CUP HOLDER UPPER
Missing MAT FLOOR CONSOLE CUP HOLDER
Missing CUP HOLDER



Ok Part

Presence CUP HOLDER UPPER
Presence MAT FLOOR CONSOLE CUP HOLDER
Presence CUP HOLDER



Technical Description for Automatic Vision System Control



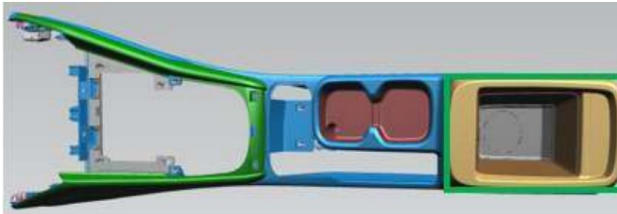
Incorrect Part NOK Part

CUP HOLDER UPPER incorrect

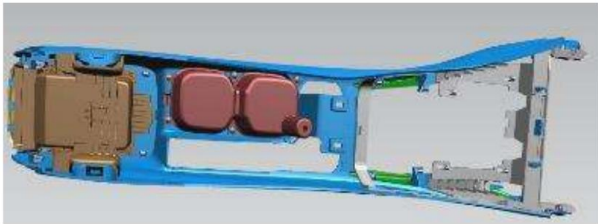


OK Part

CUP HOLDER UPPER correct

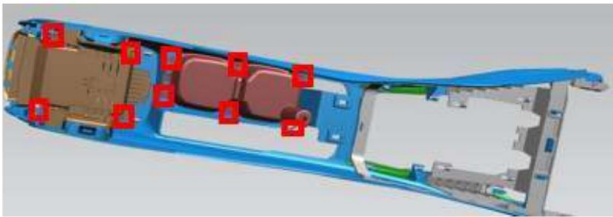


Technical Description for Automatic Vision System Control

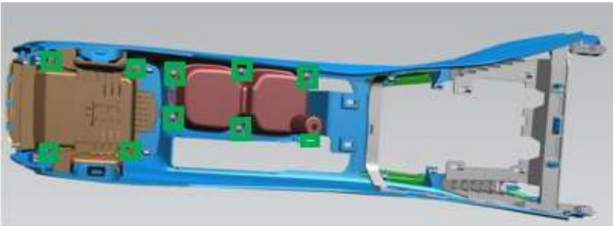


7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Peca no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

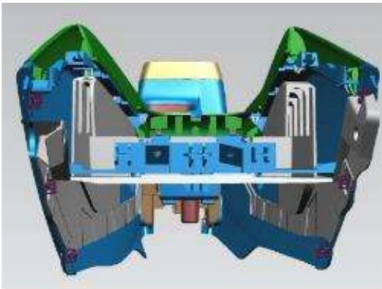
NOK Part
Missing screws



OK Part
All screws



Technical Description for Automatic Vision System Control

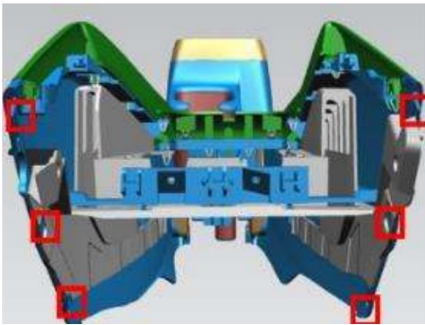


7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Peca no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

0

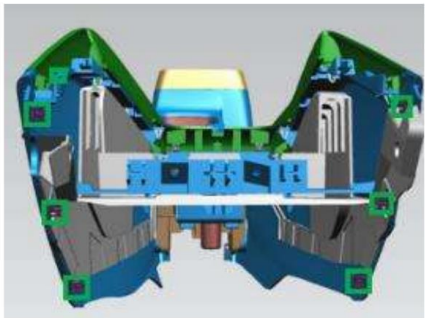
NOK Part

Missing Clips DASH/BODY



OK Part

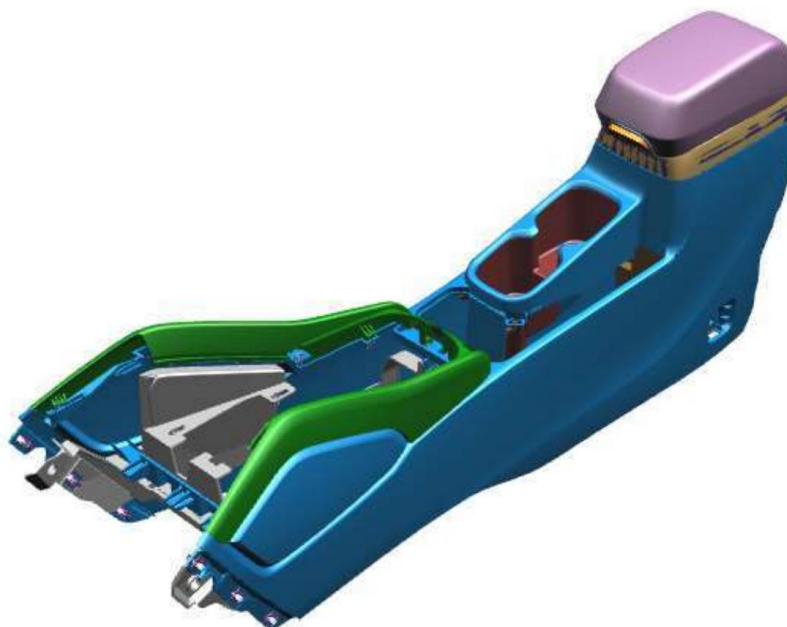
Clips DASH/BODY



Technical Description for Automatic Vision System Control



226MCA Console Assy - ENDURANCE (VERSÃO COM APOIA BRAÇO)



Technical Description for Automatic Vision System Control

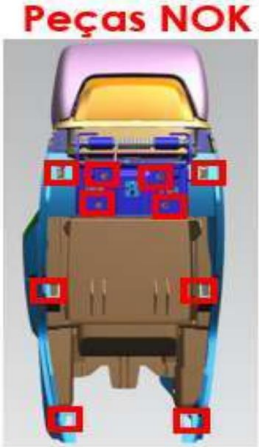
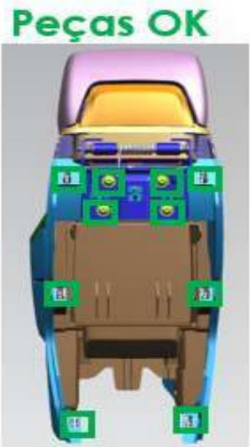


7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Peça no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

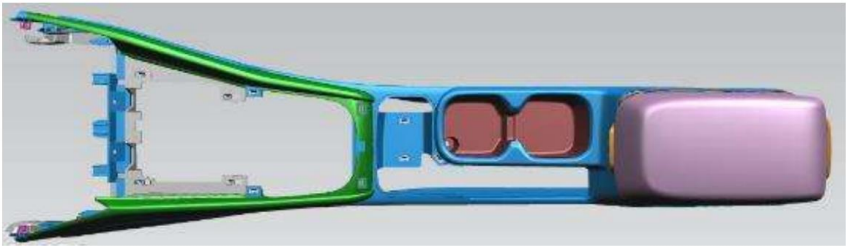
Missing Part

Ok Part
Missing of screws
Precense metal clips

Nok Part
Presence of screws
Missing metal clips



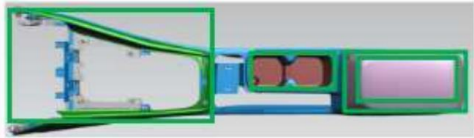
Technical Description for Automatic Vision System Control



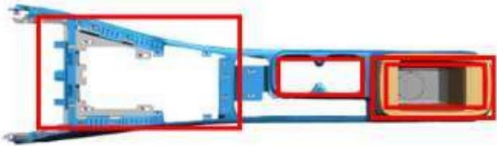
7. FAULT MODES	OK	NOK	
Missing part			
Incorrect part			
Peça no local incorreto			
Order in the wrong place			
Incomplete assembly			
Part Damage			
Lost / Degraded / unfunction	NA	NA	

Missing Part

OK Part
Presence Bezel console
Presence of Cup Holder
Presence armrest



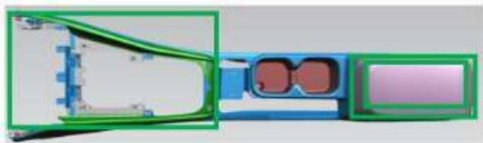
NOK Part
Missing Bezel console
Missing of Cup Holder
Missing armrest



Incorrect Part

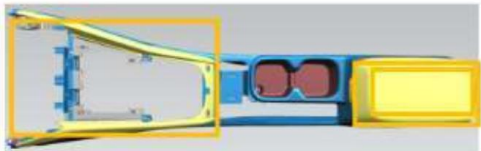
OK Part
Bezel console de acordo com master label
Armrest de acordo com master label

Peças OK

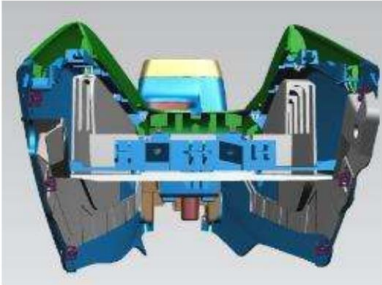


NOK Part
Bezel console de outro projeto
Armrest incorret (Modelo incorreto)

Peças NOK



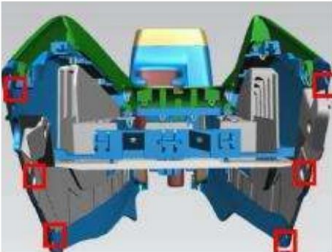
Technical Description for Automatic Vision System Control



7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Pega no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

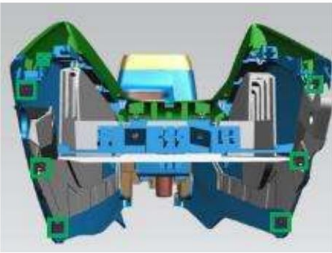
NOK Part

Missing Clips DASH/BODY

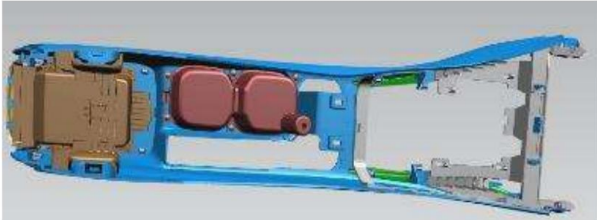


OK Part

Clips DASH/BODY



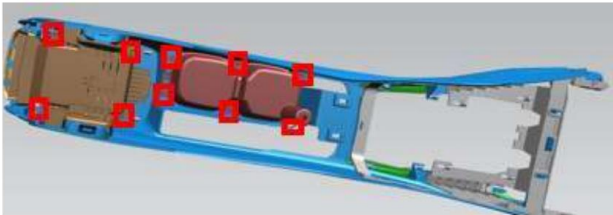
Technical Description for Automatic Vision System Control



7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Pega no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

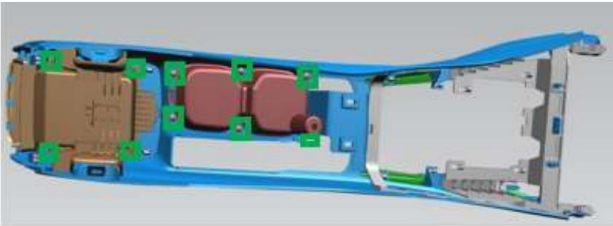
NOK Part

Missing screws



OK Part

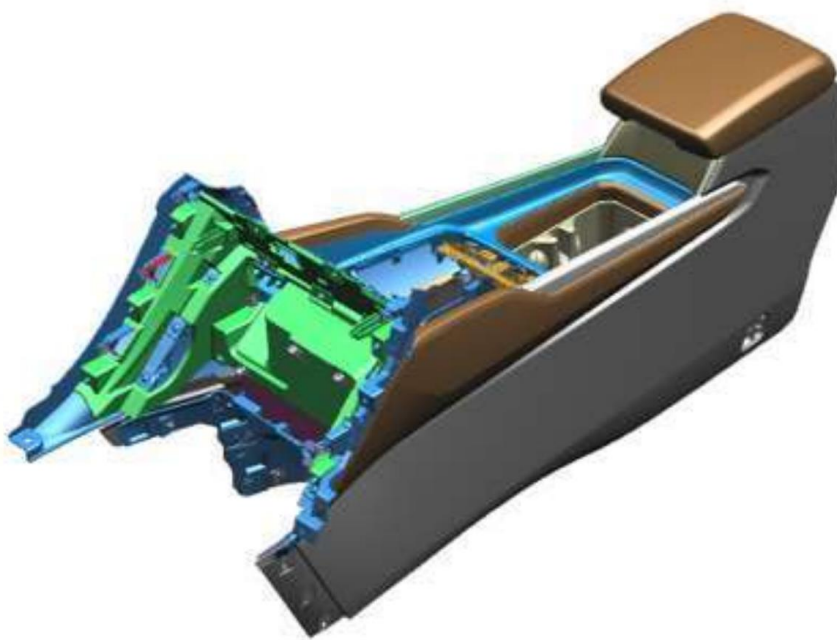
All screws



Technical Description for Automatic Vision System Control



551MCA



Technical Description for Automatic Vision System Control



551MCA VISTA OPOSTA

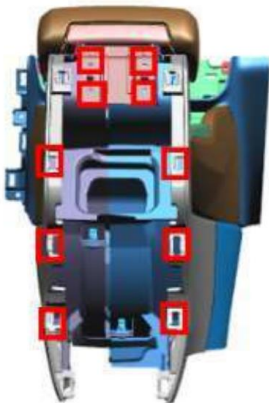


7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		O
Incorrect part		
Pecado local incompleto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

Missing Part

Ok Part
Missing of screws
Precense metal clips

Nok Part
Presence of screws
Missing metal clips



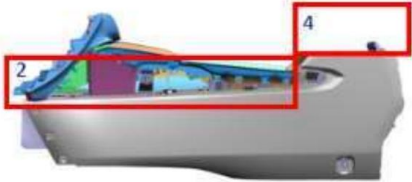
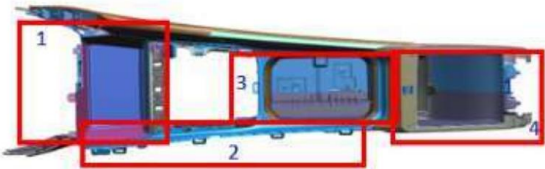
Technical Description for Automatic Vision System Control



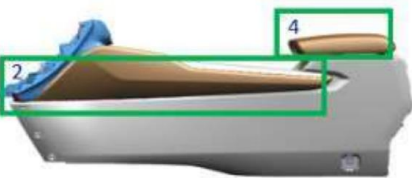
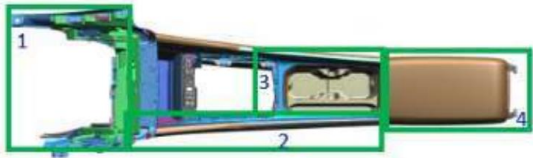
7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Peça no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

Missing Part

- NOK Part
- 1 Missing BEZEL ASSY FLOOR CONSOLE FRT
 - 2 Missing BEZEL ASSY FLOOR CONSOLE FRT
 - 3 Missing CUP HOLDER FLOOR CONSOLE
 - 4 Missing UPPER LEFT SIDE CONSOLE CLOSEOUT BEZEL CPL



- OK Part
- 1 Presence BEZEL ASSY FLOOR CONSOLE FRT
 - 2 Presence BEZEL ASSY FLOOR CONSOLE FRT
 - 3 Presence CUP HOLDER FLOOR CONSOLE
 - 4 Presence UPPER LEFT SIDE CONSOLE CLOSEOUT BEZEL CPL



Technical Description for Automatic Vision System Control

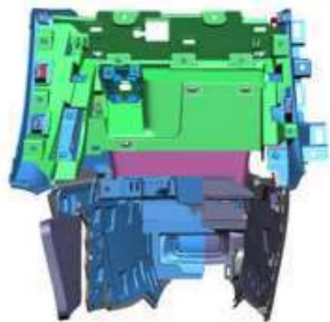


Incorrect Part



- *Armrest Cover FP-843 BLACK / Sewing TS-706/G BURNISHED COPPER;*
- *Armrest Cover FP-700/E – ARIZONA BROWN / Sewing TS-706/G BURNISHED COPPER;*
- *CC Armrest Cover FP-700/E – ARIZONA BROWN / Sewing TS-706/G BURNISHED COPPER*

Technical Description for Automatic Vision System Control



7 FAULT MODES	OK	NOK
Missing part		
Incorrect part		
Peca no local incorreto		
Order in the wrong place		
Incomplete assembly		
Part Damage		
Lost / Degraded Function	NA	NA

O

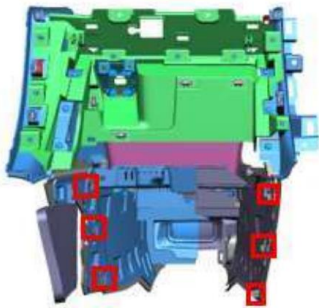
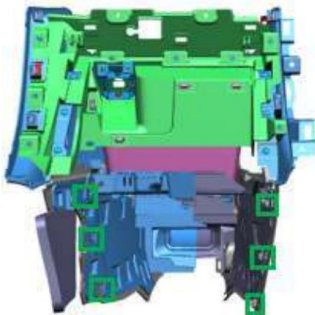
Missing Part

NOK Part

OK Part

Missing Clips DASH/BODY

Clips DASH/BODY



Technical Description for Automatic Vision System Control



✓ Hardware

Cameras and Controllers Brands approved by Faurecia:



or



✓ Faurecia Standard

Please follow our standard for PLC/CPU and traceability interface, as below:



✓ Commercial Proposal

1 Automatic Vision System Workbench

Offer should be split at least in 6 items:

- a) Hardware
- b) Software development
- c) Implementation cost (travel, meals, and on)
- d) Freight
- e) Spare Parts
- f) Remote access after 90 days

SOP: Out/2020

The interface machine / IJ Core must follow: *TRACEABILITY SYSTEM COMMUNICATION STANDARD SPECIFICATION with the PLCs.*

✓ Electrical connections and interfaces - refer to the following documents:

PPS-08/04/04-11-EN - ELECTRICAL EQUIPMENT SPECIFICATIONS

PPS-08/04/04-12-EN - PNEUMATICAL EQUIPEMENT SPECIFICATIONS

✓ Language: All interfaces must be in Portuguese (Brasil) and must allow to be changed to English.

✓ Colors:

The structure must be White RAL 9010. The machine must comply with the attached Faurecia color standard. Prior to delivery to Faurecia the colors need to be reviewed by Faurecia's security team.

✓ Ergonomics:

Technical Description for Automatic Vision System Control



✓ **Warranty and service life:**

The life of the equipment should be 10 years. The supplier must state in the quotation the guarantees of the equipment.

✓ **Production data:**

Equipment works in 2 shift 528 minutes each

Project of 6 years

Number of vehicles per day: 583

Possible variation of [+ 10%]

The cycle time of the machine with load and unload must be less than 50 seconds.

Technical Description for Automatic Vision System Control



✓ Service made by the supplier:

The supplier must include training for system users.

The training must be divided into an operator training, a training for the supervisor / key user and a training for maintenance staff.

Operators must be trained on how to start the system, the basic functions of the system and how to operate the system in the verification mode.

Operator training also has to include basic maintenance (level 1 and 2) of the machine, the basic interpretation of control results and system failures.

Training for key supervisors / users has to include additional content such as complete system maintenance, new configuration and system tuning. And that of maintenance should be about complete maintenance of the machine and interpretation of specific parts of the diagrams.

ITEM	Scope of work	Faurecia	Supplier
1	Concept design	X	X
2	Drawing design		X
3	Drawing design approval	X	
4	Material list		X
5	Part Sample	X	
6	Machine/Equipment launch and build		X
7	Job progressive update by weekly status		X
8	Test & Trial at supplier	X	X
9	Machine/Equipment adjustment		X
10	Pre-acceptance	X	
11	Delivery		X
12	Area, Power supply and Air supply	X	
13	Machine/Equipment installation		X
14	Manual Document, CD ROM		X
15	Technical and maintenance training		X
16	Machine/Equipment acceptance	X	

✓ Security and Environment:

The equipment shall not present any risk to the health and physical integrity of the operator.

The structure of the equipment should not spoil the product. The machine must meet the NR12 in full and all regulations in force in the country.

✓ Documentation:

It must be delivered with the machine:

- User manual for operators describing:
 - How the Workstation Works,
 - The various procedures applicable from the control unit and the indicators available to the operators in all modes of operation.
- Maintenance Manual containing:
 - The leaflets explaining the operation of special components,
 - The list of parameters and their values determined at start-up or installation of the machine,
 - The positioning map of sensors and equipment components,
 - For automated systems, a back-up of programs must be provided,

ANEXO B – ESPECIFICAÇÃO DE MÁQUINAS EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS FMM V1

- Materiais e equipamentos

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	FABRICANTE	
	PADRÃO	2ª OPÇÃO - onde "não aplicável", utilizar somente o PADRÃO - onde "sob consulta" informar aplicação previamente
PRODUTOS ELÉTRICOS		
Caixa de distribuição (painéis / gabinetes elétricos em geral) ** Tamanho de acordo com a quantidade de componentes (elétricos / pneumáticos / hidráulicos). Deverá existir aprovação prévia do layout.	Rittal	Cemar
Fecho para painel com chave – ref 23011	Tasco	Não aplicável
Chave Seccionadora / disjuntor para bloqueio de energia elétrica, com manopla rotativa externa e dispositivo para bloqueio por cadeado, modelo Vario – Versão Universal (a chave não deve bloquear a abertura da porta do painel quando ligada)	Schneider	Siemens
Disjuntores para proteção de circuitos elétricos (mono, bi e trifásicos), de qualquer amplitude de corrente (com ou sem disparador)	Siemens	Schneider
Disparador para disjuntor de proteção	Siemens	Schneider
Moto disjuntores para proteção de motores elétricos	Siemens	Não aplicável
Bornes auxiliares para disjuntores ou contatores	Siemens	Não aplicável
Relés de comando contato seco ou estado sólido (modelo conforme necessidade)	Phoenix Contact / Murr / Siemens	Finder
Relé temporizador	Siemens	Não aplicável

Contatores de comando ou potência (qualquer potência ou tensão)	Siemens	Não aplicável
Sensor Capacitivo M12 ou M18, com conector M12 – 4 pinos.	Sick/Balluff	IFM
Sensor fotoelétrico e Laser ** Conforme aplicação e sob aprovação prévia do modelo.	Sick/Balluff	IFM
Sensor Indutivo de proximidade M12 - Sn = 3 mm, com conector M12 – 4 pinos, face em aço e corpo revestido em teflon – modelo IFR 200. (para detecção de presença de peças em áreas de solda)	Sick/Balluff	IFM
Sensor Indutivo de proximidade M12 - Sn = 3 mm, com conector M12 – 4 pinos, face em aço, sem revestimento – modelo IFT 240 (para detecção de presença de peças e movimentos fora de áreas de solda)	Sick/Balluff	IFM
Sensor Indutivo de proximidade M8 - Sn = 3 mm, com conector M8 – 3 pinos – modelo IE5338	Sick/Balluff	IFM
Sensor Indutivo de Proximidade M8 – Sn = 2 mm, com conector M8 – 3 pinos	Sick/Balluff	IFM
Sensor Indutivo Analógico M12 - Sn = 0 - 2 mm – saída 0-10 Vdc ou 4 – 20 mA.	Sick/Balluff	IFM
Sensor de pressão com saída configurável - modelo PN 7002	Sick/Balluff	IFM
Cabo com conector M12 – 4 pinos – 90 ° - com LED – para utilização em área de solda – modelo EVW008. (este cabo não necessita proteção adicional)	Sick/Balluff	IFM
Cabo com conector M12 – 4 pinos / reto ou 90 °, em PUR, com led, para utilização fora de áreas de solda.	Sick/Balluff	IFM
Cabo com conector M8 – 4 pinos / reto ou 90°, em PUR, com led, para utilização fora de áreas de solda.	Sick/Balluff	IFM
Cabo com conector M8 – 3 pinos / reto ou 90°, em PUR, com led, para utilização fora de áreas de solda	Sick/Balluff	IFM
Conector para sensor – macho – M12 – Reto – 4 Polos – modelo E11504	Sick/Balluff	IFM
Conector para sensor – Fêmea – M12 – 90° - 4 Polos – modelo E11508	Sick/Balluff	IFM
Outros sensores não constantes nesta lista	Sick/Balluff	IFM

Mangueira de silicone Ø 8 x 12 mm (espessura 2 mm), para proteção de cabos não próprios para trabalhos em áreas de solda.	Silicone Casa do	Sob consulta
Conectores para bobinas com indicador LED	IFM	Sob consulta, quando IFM não atender aplicação
Cortina (barreira) de segurança , com resolução de 14 mm em qualquer situação. (preferencia para os tamanhos: 300, 750 e 1500 mm)	Sick	Reer ou Pilz
Sensor magnético de posição de cilindro, com conector M12 - 4 pinos	Sick/Balluff	IFM – modelo MK5107
Sensor magnético de posição de cilindro, com conector M8 - 3 pinos	Sick/Balluff	IFM – modelo MK5101
Sensores fim de curso, série XCK-J	Schneider	Não aplicável
Contador / Pré-seletor	Siemens	COEL
Tomadas / Conectores multi-pólos	Harting	Não aplicável
Plugue Macho 2P + T – 16 A – 220/240 V Newton – mod.: N - 3076	Steck	Não aplicável
Plugue Femea 2P + T – 16 A – 220/240 V Newton – mod.: N - 3056	Steck	Não aplicável
Plugue Macho 3P + T – 32 A – 380/440 V Newton – mod.: N - 4276	Steck	Não aplicável
Plugue Femea 3P + T – 32 A – 380/440 V Newton – mod.: N - 4256	Steck	Não aplicável
Tomada de embutir 2P + T – 16 A – 220/240 V Newton – mod.: N - 3046	Steck	Não aplicável
Tomada de embutir 3P + T – 32 A – 380/440 V Newton – mod.: N - 4246	Steck	Não aplicável
Tomada de Embutir 2P + T – 10 A – 250 V Multiplex - S – 205810	Steck	Não aplicável
Bornes diversos	Siemens	Phoenix Contact, Murr
Botoeiras/chaves/sinalização - Unidades de controle e sinalização Æ 22 mm - Harmony® XB4, metal sub-assemblies, ZB4 B	Schneider	Não aplicável

Coluna luminosa vertical 400 mm - tipo XVA	Schneider	Siemens
Sensor de fluxo d'água, com conector M12 – 5 pinos- modelo SI 5000	IFM	Não aplicável
Sensor de segurança RFID para portas de máquinas – modelo MN701S, com conector M12.	IFM	Não aplicável
Relé de segurança para barreiras de segurança, circuitos de emergência, portas de segurança, acionamentos bimanuais, Para grandes aplicações utilizar relés programáveis da família PNOZ Multi da PILZ.	Sick PILZ ou	IFM - modelo G1501S da IFM.
Fonte Chaveada de alimentação 24 Vdc - SITOP	Siemens	IFM
Fonte chaveada de alimentação padrão ASI	Siemens	Murr
Módulos I/O – ASI	Siemens	Murr ou IFM
Pedestal para acionamento simultâneo (Bi manual)	Schneider	Não aplicável
Amplificador para célula de carga – saída	HBM	Não aplicável
0 – 10 Vdc, modelo AE-301.		
Célula de carga	HBM	Não aplicável
CLP (Controlador lógico programável) ** Depende da complexidade do funcionamento e da programação da máquina. Deverá ser informado o modelo a ser utilizado para aprovação prévia. Todas as CPU da família S7-300 e 400 devem conter comunicação PROFINET, MPI e Profibus.	Siemens S7 - 300 PN / 2DP S7 - 400 PN / 2DP S7 - 1200 (1214C – DC/DC/rele) S7 - 1500	Não aplicável
IHM - Interface Homem máquina (Touch Screen) **Depende da complexidade do funcionamento e da programação da máquina. Deverá ser informado o modelo a ser utilizado para aprovação prévia.	Siemens	Proface (utilizar em casos onde a Siemens não atenda as especificações)
Inversor de frequência (qualquer potência)	Siemens	Não aplicável
Servo Drive (qualquer potência)	Siemens	Não aplicável
Servo Motores	Siemens	Não aplicável
Transição de sinais para mesas giratórias	IFM	Balluff

Acopladores indutivos	Balluff	Não aplicável
Comandos para solda resistência	Bucher Serra	Sob consulta
Fontes de solda arco manual e/ou robotizada	Fronius	Não aplicável
Consumíveis para solda	Fronius Binzel ou	Não aplicável
Motor elétrico trifásico (comum ou alto rendimento)	WEG	Siemens
Esteiras porta cabos em geral	IGUS	Não aplicável
Distribuidor de sinais elétricos – 8 x M12 – 2 sinais - com conector M23 – modelo EBC012	IFM	Phoenix Contact / Murr
Cabo com conector M23 – 19 pinos – 5 metros – 90 ° - para uso em distribuidor de sinais – modelo E11745	IFM	Phoenix Contact / Murr
Sensores de segurança codificados para segurança de máquinas	PILZ	Não aplicável
Cabos elétricos em geral (EPR - 90 °C)	sob consulta	sob consulta
Cabos elétricos de comando não blindados	IGUS	Sob consulta
Cabos elétricos de comando blindados	IGUS	Sob consulta
Chave de partida estática suave - Softstart	Siemens	Não aplicável
Capacitores para correção de fator de potência	Siemens	Não aplicável
Fusíveis em geral (retardado, ultra rápido, NH, Diazed)	Siemens	Não aplicável
Chave eletrônica tipo chaveiro modelo Ch.Eletr.EKS-A-K1RDWT32-EU – (verificar código correto para cada cor: vermelha / preta / azul)	Euchner	Não aplicável
Chave eletrônica adaptador modelo EKS-A-IIX-G01-ST02/03	Euchner	Não aplicável
Chave eletrônica Adaptador modelo EKS-A-IDX-G01-ST09/03	Euchner	Não aplicável
PRODUTOS HIDRÁULICOS		

Bombas hidráulicas (conforme aplicação)	REXROTH / Vickers / MOOG	Não aplicável
Cilindros hidráulicos (conforme aplicação)	REXROTH / Vickers / Parker	Não aplicável
Acessórios hidráulicos diversos	REXROTH	Vickers / ATOS / Parker
Válvulas em geral	REXROTH	Vickers / ATOS / Parker
Filtro de óleo (qualquer modelo)	HYDAC	REXROTH
Trocador de calor para óleo tipo casco tubo	REXROTH	Evacon
Válvula auxiliar proporcional	REXROTH	Não aplicável
Reservatório de nitrogênio/ óleo	REXROTH	Vickers / ATOS / Parker
Engates rápidos valvulados	Staubli	Não aplicável
Bomba para engraxamento	Rexson	Dopag
Válvulas para sistema de engraxamento	Rexson	Dopag
Reguladores de pressão e filtros de sistemas de engraxamento	Rexson	Dopag
*** é proibido o uso de conexões e terminais hidráulicos padrão JIC. Somente é permitido o uso de conexões com rosca métrica, junta dupla e fabricadas em aço carbono.		

PRODUTOS PNEUMÁTICOS

Cilindros pneumáticos	Festo	Conforme necessidades especiais
Acessórios pneumáticos	Festo	Sob consulta
Válvulas pneumáticas	Festo	Sob consulta
Conexões Pneumáticas	Conforme aplicação	Não aplicável
Válvulas Proporcionais	Festo	Não aplicável
Válvulas pneumáticas de segurança	ROSS	Não aplicável
Cilindro de fixação (grampos)	Univer	Tunkers / Festo / Destaco

Tubos de ar comprimido para áreas que não possuem processo de solda. **As tubulações pneumáticas devem ter acabamento em três cores. · Posição de repouso: azul · Posição de trabalho: preto · Circuitos de bloqueio: vermelho	Festo	Sob consulta
Tubos de ar comprimido com proteção PUV para utilização em áreas de solda. **As tubulações pneumáticas devem ter acabamento em três cores. · Posição de repouso: azul · Posição de trabalho: preto · Circuitos de bloqueio: vermelho	Festo	Sob consulta

ACIONAMENTOS E ROBÓTICA

Robôs	ABB	Motoman / (conforme aplicação) KUKA
Mesas giratórias (Turn Table)	ABB	Expert
Moto redutor	SEW	Geremia
Acoplamentos rápidos	Destaco	Staubli
Amortecedores de movimento	Endine	Festo
Fusos e roscas sem fim	HIWIN	INA / SKF
Unidades centralizadas de lubrificação	SKF	Dropsa
Rolamentos para alta temperatura	ENC	Não aplicável
Rolamentos	SKF / INA	Sob Consulta
Guias e Carros Lineares	HIWIN	INA / SKF

EQUIPAMENTOS EM GERAL

Técnica de rebites pop	Gesipa	Advel
Ferramentas/Parafusadeiras pneumáticas	Atlas Copco	Não aplicável
Sistema de parafusamento eletrônico	Atlas Copco	Não aplicável