



Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Escola Superior de Tecnologia

Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Automação Industrial
Sistema Automatizado de Triagem
e Armazenamento de Caixas

Telmo Fernandes 15868



INSTITUTO POLITÉCNICO
DO CÁVADO E DO AVE
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

Resumo

O relatório aborda o desenvolvimento de um projeto prático relacionado com a automação industrial, realizado no âmbito da licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. O projeto consistiu na criação de uma linha de seleção e armazenamento de caixas automatizada, controlada por um único PLC (Controlador Lógico Programável), com o objetivo de simular um ambiente industrial à escala reduzida.

Principais pontos abordados:

1. **Preparação do projeto:** Elaboração de *Grafcets* (nível 1 e 2), dedução de equações de transição, mapeamento de endereços de memória, e definição do mapa de inputs/outputs.
2. **Implementação prática:** Configuração do autómato, configuração protocolo comunicação Modbus, atribuição de endereços IP, a criação de redes, programação em linguagem ladder, e a montagem física dos componentes.
3. **Tecnologias utilizadas:** Ferramentas como o *Factory IO* (simulação de fábrica), o *Sysmac* (para a programação em ladder), o NB-Designer (para desenvolver a interface HMI), além de dispositivos físicos como o autómato e um display interativo.
4. **Simulação de uma linha automatizada:** Simulação de uma linha de seleção de caixas, onde três tipos de caixas, com diferentes alturas e pesos, eram processados. Dependendo das suas características, o sistema tomava decisões automáticas para encaminhar as caixas para diferentes linhas e armazená-las em estantes.

5. **Integração HMI e controlo físico:** A HMI (Interface Homem-Máquina) permitiu a visualização do estado do sistema e o controlo manual de funções como alarmes e parâmetros de configuração. Além disso, houve uma interligação entre a parte digital e física do projeto, permitindo que ações realizadas fisicamente tivessem impacto no sistema digital e vice-versa.
6. **Constituição da fábrica:** Constituição de uma fábrica automatizada, composta por sensores, atuadores, tapetes transportadores, e um sistema *Pick & Place*, responsável por manipular e organizar as caixas nas estantes de armazenamento.

Índice

<i>Resumo</i>	2
<i>Índice</i>	5
<i>Índice de Figuras</i>	7
<i>Índice de Tabelas</i>	11
1.1 Enquadramento	1
1.2 Apresentação do trabalho prático	1
1.3 Tecnologias utilizadas	1
3.1 Factory.io	4
3.2 Autómato PLC	5
3.2.1 Vantagens do PLC	6
3.2.2 Constituição do PLC	7
3.2.3 Linguagem de programação.....	9
3.2.4 Tipos de comunicação	10
3.3 Constituição de uma fábrica	11
3.3.1 Atuadores	11
3.3.2 Sensores	12
3.3.3 Controlador	12
3.3.4 Pick and Place	13
3.3.5 Tapetes transporte materiais industriais	15
3.3.6 Stacker Crane	15
3.3.7 Sensores ópticos (Sensor Difuso)	16
3.3.8 Balanças Industrial.....	16
3.3.9 Medidor de Altura (Light Array)	17
4.1 Projeto (Requisitos)	18
4.2 Atribuição de IP's	19

4.3 Factory IO	21
4.3.1 Descrição do Projeto	21
4.3.2 Configuração Factory IO	32
4.3.2.1 IP	32
4.3.2.2 I/O Config	33
4.3.2.3 Mapeamento dos endereços de Memória	35
4.3.3 Configuração ModBus TCP.....	36
4.3.4 Parte Física	39
4.4 Grafcets	44
4.5 Mapa de IO's	66
4.6 Equações de Transição	67
4.6.1 Equações de Transição	67
4.6.2 Equações de saída	70
4.7 HMI	73
<i>Bibliografia</i>	83
Anexo 1 - Conteúdo em anexos	85

Índice de Figuras

<i>Figura 1 Imagem ilustrativa Factory IO</i>	4
<i>Figura 2 Diagrama de atribuição IPS</i>	19
<i>Figura 3 IP do Computador</i>	20
<i>Figura 4 IP Factory IO</i>	20
<i>Figura 5 Configuração IP sysmac</i>	20
<i>Figura 6 Atribuição IP HMI</i>	20
<i>Figura 7 linha de seleção</i>	21
<i>Figura 8 Peso Caixa L</i>	22
<i>Figura 9 Altura Caixa L</i>	22
<i>Figura 10 Altura Caixa M</i>	22
<i>Figura 11 Altura Caixa M</i>	22
<i>Figura 12 Peso Caixa S</i>	22
<i>Figura 13 Altura Caixa S</i>	22
<i>Figura 14 Linhas</i>	23
<i>Figura 15 Dispensador Paletes, Pick & Place</i>	24
<i>Figura 16 Esteiras de Transporte</i>	24
<i>Figura 17 Stacker Crane</i>	25
<i>Figura 18 Interface HMI, Stacker Crane</i>	26
<i>Figura 19 Interface Física</i>	26
<i>Figura 20 Tapetes transporte</i>	27
<i>Figura 21 seleção caixas tipo M & S</i>	27
<i>Figura 22 Pick and Place, dispensador de paletes linha Caixa M</i>	28
<i>Figura 23 Esteiras de Transporte linha caixa M</i>	28
<i>Figura 24 Stacker Crane 2</i>	29
<i>Figura 25 Caixas tipo S7</i>	30
<i>Figura 26 Contabilização caixas</i>	30
<i>Figura 27 Amostragem do Peso medido em cada balança</i>	31

<i>Figura 28 Atribuição IP e porta</i>	32
<i>Figura 29 IPv4 Computador</i>	32
<i>Figura 30 Configurações I/O</i>	33
<i>Figura 31 Posição I/O digitais</i>	34
<i>Figura 32 Posição I/O digitais</i>	34
<i>Figura 33 Posição I/O Analógicas</i>	34
<i>Figura 34 Digital Inputs</i>	35
<i>Figura 35 Digital Outputs</i>	35
<i>Figura 36 Inputs/Outputs Analógicas</i>	36
<i>Figura 37 Mestre-Escravo</i>	36
<i>Figura 38 Atribuição IP Sysmac</i>	37
<i>Figura 39 Atribuição IP Sysmac</i>	37
<i>Figura 40 configuração ModBus</i>	38
<i>Figura 41 Configuração da trama ModBus</i>	38
<i>Figura 42 Trama</i>	38
<i>Figura 43 Esquema de ligações</i>	39
<i>Figura 44 ligações ao Autómato</i>	40
<i>Figura 45 Exemplo ligações aos botões</i>	40
<i>Figura 46 Terminal Blocks</i>	41
<i>Figura 49 Exemplo Ligações ao LEDS</i>	41
<i>Figura 50 Outputs terminal Blocks</i>	42
<i>Figura 47 Montagem final</i>	42
<i>Figura 48 Montagem final</i>	43
<i>Figura 51 Grafset Nível 1</i>	46
<i>Figura 52 Grafset nível 2</i>	46
<i>Figura 53 Grafset Nível 2</i>	47
<i>Figura 54 Grafset Nível 1</i>	47
<i>Figura 55 Grafset Nível 1</i>	48
<i>Figura 56 Grafset Nível 2</i>	48
<i>Figura 57 Grafset Nível 1</i>	49

<i>Figura 58 Grafset Nível 1</i>	50
<i>Figura 59 Grafset Nível 2</i>	50
<i>Figura 60 Grafset Nível 1</i>	51
<i>Figura 61 Grafset Nível 2</i>	51
<i>Figura 62 Grafset Nível 1</i>	52
<i>Figura 63 Grafset Nível 2</i>	52
<i>Figura 64 Grafset Nível 1</i>	53
<i>Figura 65 Grafset Nível 2</i>	53
<i>Figura 66 Grafset Nível 1</i>	55
<i>Figura 67 Grafset Nível 2</i>	56
<i>Figura 68 Grafset Nível 1</i>	58
<i>Figura 69 Grafset 70 Grafset Nível 2</i>	58
<i>Figura 71 Grafset Nível 1</i>	59
<i>Figura 72 Grafset Nível 2</i>	59
<i>Figura 73 Grafset Nível 1</i>	60
<i>Figura 74 Grafset Nível 2</i>	60
<i>Figura 75 Grafset Nível 1</i>	61
<i>Figura 76 Grafset Nível 2</i>	61
<i>Figura 77 Grafset Nível 1</i>	62
<i>Figura 78 Grafset Nível 2</i>	62
<i>Figura 79 Grafset Nível 1</i>	63
<i>Figura 80 Grafset Nível 2</i>	63
<i>Figura 81 Grafset Nível 2</i>	63
<i>Figura 82 Grafset Nível 1</i>	65
<i>Figura 83 Grafset Nível 2</i>	65

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1</i>	<i>21</i>
-----------------------	-----------

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Este relatório descreve todas as atividades desenvolvidas ao longo do trabalho prático de Automação recorrente no âmbito do curso de Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. O trabalho prático aqui descrito passa pela elaboração de uma Fábrica, linha industrial, completamente automatizada

Ao longo do trabalho várias vezes analisados conceitos de automação industrial convidando os a fazerem análises críticas levando assim a uma melhor compreensão deste conceito.

1.2 Apresentação do trabalho prático

O projeto baseou-se na criação de uma linha de produção completamente automatizada, controlada por um único PLC (Controlador Lógico Programável). A maior parte do projeto foi simulada e executada digitalmente, com exceção de alguns componentes físicos, permitindo recriar um ambiente industrial real em escala reduzida.

O objetivo principal do projeto foi a montagem de uma linha de seleção e armazenamento de caixas, onde três tipos de caixas, com diferentes características de altura e peso, foram processados. O sistema, através da análise automática destas características, tomava decisões, direcionando as caixas para diferentes linhas de produção conforme o seu tipo. Posteriormente, as caixas eram armazenadas de forma totalmente automática em estantes, sem necessidade de intervenção manual, o que simula um processo industrial eficiente e altamente automatizado.

2 Contexto

Este projeto surge no âmbito de um curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, com o objetivo de fornecer aos alunos uma experiência prática no campo da automação industrial. A tarefa envolveu a criação de uma linha de produção automatizada, onde três tipos de caixas, com diferentes alturas e pesos, eram selecionados e armazenados de forma totalmente automática. O controlo da linha foi feito através de um PLC, programado com a linguagem ladder, e a comunicação entre o sistema físico e digital foi estabelecida via o protocolo Modbus TCP/IP. Para completar o sistema, foi desenvolvida uma interface HMI, permitindo um controlo intuitivo e eficiente por parte do operador. Este projeto não só consolidou os conceitos teóricos aprendidos nas aulas, como também proporcionou uma visão prática e realista dos processos industriais automatizados.

3 Descrição técnica Teórica

3.1 Factory.io

Factory I/O é uma simulação de fábrica 3D para aprender tecnologias de automação. Projetado para ser fácil de usar, permite construir rapidamente uma fábrica virtual usando uma seleção de peças industriais comuns. O Factory I/O também inclui muitas cenas inspiradas em aplicações industriais típicas, variando do nível de dificuldade iniciante ao avançado.

O cenário mais comum é usar o Factory I/O como uma plataforma de testes de PLC, pois os PLC são os controladores mais comuns encontrados em aplicações industriais. Porém, também pode ser utilizado com microcontroladores, SoftPLC, Modbus, entre diversas outras tecnologias.

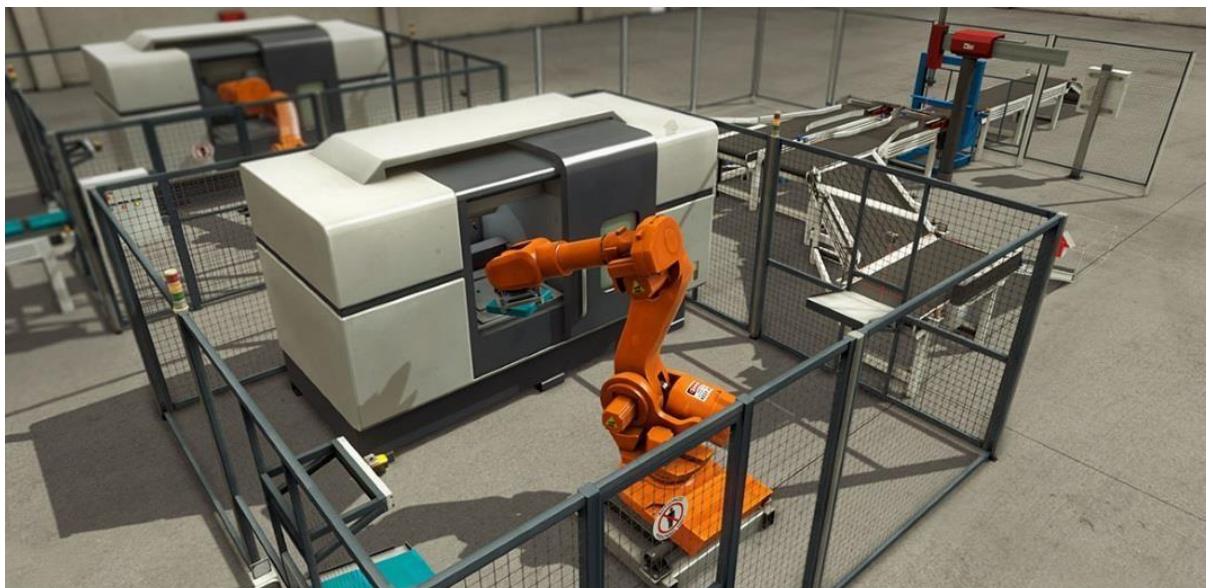


Figura 1 Imagem ilustrativa Factory IO

3.2 Autómato PLC

Os controladores lógicos programáveis, do inglês Programmable Logic Controllers (PLC), são neste momento a tecnologia mais usada para o controlo a nível industrial. Entende-se por PLC um computador de nível industrial com a capacidade de ser programado para executar funções de controlo, baseado em microprocessador, que utiliza uma memória programável para guardar instruções e para implementar determinadas funções. Este controlador diz-se por lógico pois de uma forma primária a sua programação assenta em princípios de lógica e de switching.

A utilização de um controlador programável permite que se elimine o excesso de cablagem associado aos circuitos convencionais compostos por relés. Estes equipamentos permitem ainda uma resposta rápida, possuem uma programação mais fácil bem como a sua instalação, permitem um controlo de velocidade, permitem a ligação a redes e são bastante fiáveis e com capacidade de teste e solução de problemas. O PLC está pensado para várias combinações de entradas e saídas, para trabalhar em escalas alargadas de temperatura, possui imunidades a ruído elétrico e é resistente à vibração e a danos por impacto. De forma resumida, um PLC é um computador digital para utilização no controlo de máquinas.

Estes dispositivos foram inicialmente criados para substituir a lógica dos relés, mas graças ao aumento constante das suas capacidades começaram a ser usados em aplicações mais complexas. Como os princípios de funcionamento de um PLC são semelhantes aos de um computador, estes possuem outras capacidades como: contagem, temporização, cálculo, comparação e análise de sinais analógicos.

3.2.1 Vantagens do PLC

Os PLC possuem as seguintes vantagens:

Maior Confiabilidade: após a escrita e teste do programa este pode ser facilmente descarregado para o PLC. Uma vez que o programa esteja escrito em memória não existe forma de ocorrerem erros de contactos.

Maior Flexibilidade: é mais simples criar ou mudar um programa num PLC do que alterar as ligações de um circuito. O utilizador define as relações entre as entradas e as saídas através do programa inserido no PLC. Podem ser efetuadas melhorias através da criação de novos programas.

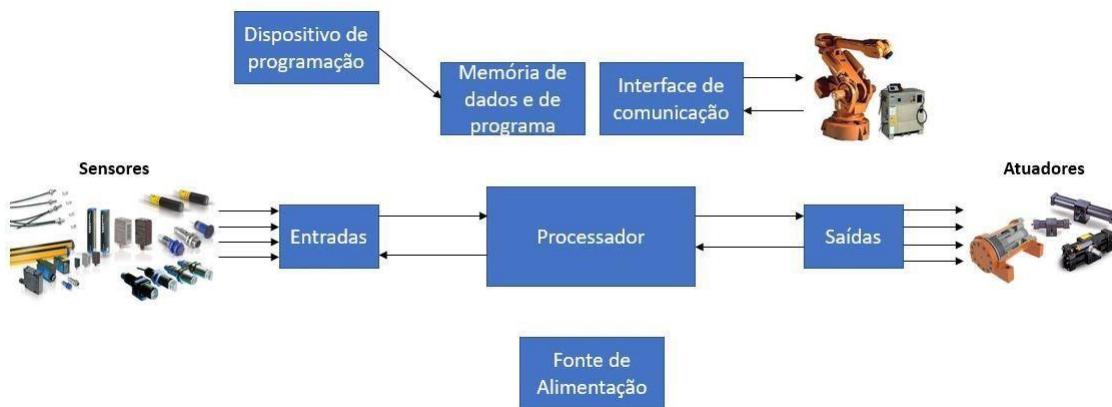
- Baixo Custo: inicialmente os PLC foram pensados para substituírem os relés, pois apresentam um custo mais baixo. Em aplicações industriais é comum a utilização de um número elevado de relés. Desta forma, é compensatório o uso de um PLC em substituição do elevado número de relés;
- Capacidade de Comunicação: os PLC conseguem comunicar com outros controladores ou computadores para execução de tarefas de controlo, transferência de dados, monitorização e processamento.
- Tempo de Resposta Rápido: os PLC foram criados para executarem tarefas que necessitem de velocidades mais elevadas e aplicações em tempo real. O processamento de milhares de itens por segundo, por parte de uma máquina, e a leitura a uma taxa elevada de objetos por parte de um sensor, requer uma capacidade rápida de resposta;

Fácil Solução de Problemas: os PLC possuem conjuntos de funções que permitem aos utilizadores seguirem e corrigirem erros de software e hardware.

3.2.2 Constituição do PLC

Um PLC pode ser dividido em diversas partes fundamentais, como está representado na Figura: a unidade central de processamento, do inglês central processing unit (CPU), as unidades de entradas e saídas, a fonte de alimentação, o dispositivo de programação, a unidade de memória e a interface de comunicação. Um PLC semelhante a um computador.

Um computador é otimizado para a execução de vários programas ou tarefas em simultâneo, ao contrário do PLC que é otimizado para tarefas industriais e de controlo, possuindo internamente a interface para as entradas e saídas.



3.2.3 Linguagem de programação ladder

A linguagem ladder é uma linguagem de programação baseada numa representação simbólica com recurso à analogia dos circuitos elétricos, imitando a lógica dos relés. Cada bloco do ladder assemelha-se a um contacto tornando a programação em ladder semelhante à construção de um circuito elétrico. Na linguagem ladder o código é escrito por degraus similares. As linhas verticais representam as linhas de potência através das quais se conectam os circuitos. Cada degrau que constitui o código ladder representa uma operação no controlo do processo. Cada degrau deve começar com a leitura de uma entrada e terminar com a ativação de uma saída, podendo estas entradas e saídas serem variáveis internas, como por exemplo contadores.

O texto estruturado é uma linguagem alto nível utilizada principalmente para implementar procedimentos que não são facilmente implementados através de linguagens gráficas. Esta linguagem assemelha-se bastante à linguagem de programação Pascal. É utilizada escrevendo linhas de texto separadas por ponto e vírgula. Nestas linhas podem ser utilizadas linhas de código pré-definidas ou subrotinas para se alterarem valores de variáveis. Esta linguagem permite o uso facilitado de condições if, while e for. Os gráficos de funções estruturais, do inglês sequencial function chart (SFC), são uma forma de programação gráfica com recurso a estados, ações e transições como acontece no GRAFCET, para descrever a sequência de eventos de uma operação. Os blocos de funções, do inglês function block diagrams (FBD), correspondem a programas do PLC descritos por blocos gráficos interligados de forma simples ou complexa. O FBD é descrito como uma linguagem gráfica para descrever fluxos de sinal e dados através de blocos, para o desempenho de certas funções. Os FBD típicos incluem lógica, temporizadores e contadores.

3.2.4 Tipos de comunicação

Os tipos de comunicação utilizados nestes sistemas são: comunicação série, data highway, deviceNet, controlnet, ethernetIP, modbus, field bus, profibus, sercos e hart. Para a nossa aplicação iremos só salientar o modbus e ethernet IP. O ethernet/IP é um protocolo aberto, baseado no protocolo CIP utilizado no deviceNet e no ControlNet. Este protocolo permite troca de informação entre dispositivos sem que seja necessário hardware personalizado para o processo. A partilha da camada de aplicação por parte do ethernet/IP, deviceNet e ControlNet, permite criar uma interação plug-and-play entre dispositivos complexos através do Ethernet/IP. O Ethernet/IP permite também uma comunicação full-duplex. Apresenta também a capacidade de interação entre dispositivos e equipamentos de controlo na mesma rede. O Modbus é um protocolo de comunicação série para uso em PLC, consistindo num método de transmissão de informação entre dispositivos eletrónicos através de linhas série. O dispositivo que requer informação é denominado de Master os que providenciam a informação são denominados de Slave. Este protocolo é um protocolo aberto.

3.3 Constituição de uma fábrica

É possível subdividir qualquer sistema em partes por forma a facilitar a sua compreensão. Esta técnica permite ter a percepção da funcionalidade de cada subsistema e da sua interligação para que o sistema global funcione de acordo com o cenário idealizado.

Uma fábrica tem por base na sua constituição a estrutura mecânica, o atuador final, os atuadores, o controlador e a “consola” de programação. Cada uma destas partes integrantes desempenha uma função específica. São necessárias para manter a capacidade de executar as tarefas pré-programadas.

3.3.1 Atuadores

Os atuadores funcionam como os “músculos” dos robôs contribuindo para a alteração da posição, ou seja, para que se movimentem. Estes permitem que a estrutura mecânica contrarie forças como a gravidade, inércia e outras forças caracterizadas por serem contra o movimento. Os atuadores podem ser de vários tipos, desde hidráulicos, pneumáticos e até elétricos e precisam de ser controláveis. A maior parte dos atuadores presentes no mercado são modificáveis e adaptáveis, quando necessário, à aplicação em específico.

Atuadores hidráulicos foram inicialmente escolhidos como fontes de energia para os primeiros robôs industriais. Ofereciam a possibilidade de se exercerem forças elevadas e proporcionavam uma maior capacidade de carga. Num sistema hidráulico a energia é fornecida mecanicamente através de um motor elétrico ou outro tipo de motor responsável por controlar o bombeamento do fluido a altas pressões. Os atuadores hidráulicos mais comuns são os cilindros hidráulicos, atuadores de palhetas rotativas e motores hidráulicos. O controlo destes atuadores é executado por válvulas indutivas ou servo-válvulas que são controladas eletricamente por circuitos eletrónicos de controlo. A fonte de energia para um sistema hidráulico é de elevadas dimensões, bem como os seus custos. A sua manutenção e perigo de fugas limitou o uso deste tipo de atuadores.

Os atuadores pneumáticos são usados principalmente em manipuladores mais simples. Estes atuadores fornecem um movimento incontrolável do ponto de vista de uma paragem mecânica. Este tipo de atuadores são de simples utilização e de baixo custo, o que permite que alguns atuadores de pequenas dimensões possam funcionar com os sistemas de ar já existentes nas fábricas.

Se não for possível a utilização dos sistemas de ar previamente existentes, devido á utilização de uma elevada gama de robôs pneumáticos ou outras razões que determinem a incapacidade do sistema de ar existente suprir as necessidades, é necessário proceder à instalação de fontes de ar comprimido para melhorar o sistema existente. Este tipo de atuadores do ponto de vista energético é pouco eficiente. Revelam-se úteis para utilizar em ambientes em que as condições de segurança e da própria aplicação colocam de parte os elétricos.

Os atuadores elétricos são os mais utilizados nos dias de hoje. Estes atuadores podem classificar-se de acordo com o tipo de motor utilizado.

3.3.2 Sensores

Sensores são dispositivos eletrónicos ou até mesmo mecânicos que detetam e respondem a estímulos físicos, químicos ou ambientais. São amplamente utilizados em diversas áreas, como indústria, automação, eletrónica, medicina, robótica etc

Os sensores funcionam de forma a converter uma grandeza física, como temperatura, pressão, luz, som, movimento, proximidade, humidade, entre outras, num sinal elétrico. Estes sinais elétricos podem ser processados e interpretados por outros dispositivos eletrónicos, controladores ou sistemas de automação, para tomar decisões ou executar ações com base nas informações fornecidas pelos sensores.

3.3.3 Controlador

Controladores são dispositivos ou sistemas responsáveis por monitorar, regular e controlar o funcionamento de outros dispositivos, processos ou sistemas. Estes são amplamente utilizados em diversas áreas, como automação industrial, sistemas de controle de processos, robótica, eletrônica, sistemas de energia, entre outros.

Os controladores recebem informações de entrada de sensores ou de outros dispositivos e tomam decisões com base nesses dados para controlar o funcionamento dos dispositivos ou sistemas conectados a eles. Eles executam algoritmos ou lógicas pré-programadas para processar os dados de entrada e gerar sinais de saída correspondentes, que são enviados aos atuadores para realizar as ações necessárias.

3.3.4 Pick and Place

As aplicações de pick and place consistem no manuseamento de um ponto inicial para o final, sendo que no ponto final pode existir a montagem quando se dá a união de duas peças. Um exemplo clássico de uma operação de pick and place é o manuseamento de materiais entre um tapete de entrada e um tapete de saída que não estejam ligados.

A aplicação a desenvolver tem por objetivo proceder ao pick and place de peças e consequente montagem. Pretende-se reduzir o tempo de ciclo desta tarefa sem perder a qualidade da mesma.

Estes podem ser utilizados numa grande variedade de tarefas de manuseamento de materiais, como por exemplo, paletização, manuseamento de produtos e carga e descarga de máquinas. Estes robôs podem ser utilizados numa configuração circular, que consiste em colocar os postos de pick e de place em forma circular dentro da área de trabalho do robô, podendo interagir com vários postos de pega de produto e de depósito de produto. Podem ainda executar várias funções diferenciadas através da possibilidade atuar como interface entre tapetes e máquinas, através da carga e descarga de máquinas ou através da transferência de partes de uma máquina para outra.

Os robôs de pick and place possuem várias características específicas como:

Precisão: estão equipados com braços longos e finos, possuem repetibilidade constante e podem ser equipados com ferramentas bastante precisas;

Flexibilidade: devido à facilidade de alteração do programa de movimentos do robô, estes assumem uma elevada flexibilidade de tarefas. Esta flexibilidade confere a capacidade de lidar com múltiplos produtos, com formas diferentes. Possuem ainda uma elevada flexibilidade de movimentos;

Aumenta a consistência: estes robôs conferem a capacidade de aumentar a qualidade dos produtos e de reduzir o tempo de ciclo da tarefa. Devido à sua repetibilidade, o resultado dos movimentos, e consequentemente da tarefa, é sensivelmente constante. Esta consistência contribui para o aumento da qualidade.

Eficiência espacial: devido ao seu formato compacto, estes robôs ocupam um espaço reduzido. Podem ainda operar em espaços restritos e espaços de trabalho reduzidos.

Maximização da segurança: através da substituição de colaboradores humanos em tarefas repetitivas contribuem para o aumento da segurança, pois a monotonia associada às mesmas pode resultar em acidentes. Os robôs não sofrem de stress nem cometem erros por repetição de tarefas.

Baixar os custos: a sua precisão e repetibilidade aumentam a eficiência da produção e podem contribuir para a redução do desperdício de materiais. Desta forma o investimento é rapidamente recuperado.

3.3.5 Tapetes transporte materiais industriais

Os tapetes de transporte são sistemas de transporte utilizados em indústrias e fábricas para movimentar caixas por exemplo, embalagens ou produtos ao longo de uma linha de produção ou área de trabalho. São projetados para facilitar o transporte automatizado de materiais de um ponto para outro, eliminando a necessidade de intervenção manual e agilizando o fluxo de produção.

Tapetes de transporte são geralmente compostos por uma superfície plana e contínua, na qual as caixas ou produtos são colocados e transportados, podendo ser feitos de materiais como borracha, plástico, metal ou uma combinação destes materiais, dependendo dos requisitos da aplicação e da natureza dos produtos transportados.

3.3.6 Stacker Crane

Um "stacker crane" é um tipo de equipamento de manuseio de materiais utilizado em armazéns, centros de distribuição e instalações de logística. Também conhecido como "guindaste empilhador" ou "guindaste de empilhamento automático", é projetado para mover e empilhar cargas, como paletes, em prateleiras ou estantes de armazenamento. O stacker crane é composto por uma estrutura vertical, semelhante a uma torre, que se move ao longo de trilhos fixados no chão. Este movimento vertical permite que o equipamento alcance diferentes níveis de estantes para realizar a movimentação de cargas. Além disso, ele possui um braço horizontal ou garfo que se estende para frente para pegar, levantar e posicionar as cargas.

Estes equipamentos são geralmente controlados sistemas automatizados ou por operadores utilizando painéis de controlo. São programados para executar movimentos precisos, empilhamento de altura variável e realizar operações de armazenamento e recuperação de forma eficiente.

3.3.7 Sensores óticos (Sensor Difuso)

Os sensores óticos difusos, também conhecidos como sensores óticos difusos reflexivos ou sensores óticos reflexivos difusos, são uma categoria especial de sensores óticos que utilizam a deteção difusa para medir a presença ou ausência de objetos. Esses sensores funcionam emitindo uma fonte de luz, como um feixe de luz infravermelha, e detetando a luz refletida de volta para o sensor. Ao contrário dos sensores óticos reflexivos convencionais, que possuem um emissor e um receptor separados, os sensores óticos difusos usam o mesmo dispositivo para emitir e receber a luz. A deteção difusa ocorre porque a luz emitida pelo sensor se espalha e reflete em várias direções ao encontrar um objeto. O sensor então recebe uma parte dessa luz refletida, permitindo a deteção do objeto.

Os sensores óticos difusos são adequados para detetar objetos próximos ou presença em uma determinada área, independentemente das características físicas do objeto. Podem ser usados para deteção de peças em processos industriais, verificação de posicionamento de objetos em uma linha de montagem, controlo de presença em esteiras transportadoras e muitas outras aplicações onde a deteção difusa é necessária.

3.3.8 Balanças Industrial

Uma "Conveyor Scale" é um tipo de balança industrial integrada a um tapete transportadora (conveyor) que é utilizada para medir o peso ou a massa de objetos em movimento. Estas balanças são projetadas especificamente para aplicações em que é necessário pesar itens enquanto estão sendo transportados em uma linha de produção ou em um sistema de manuseio de materiais.

Uma Conveyor Scale consiste em uma plataforma de pesagem instalada em uma seção da esteira transportadora. Essa plataforma é equipada com células de carga ou sensores de peso que medem a força aplicada pelo objeto em movimento.

Os sensores de peso convertem essa força em um sinal elétrico proporcional ao peso do objeto. O sinal elétrico é então enviado a um controlador ou sistema de processamento de dados que interpreta a leitura de peso e a exibe ou regista para fins de monitoramento, controle de qualidade ou rastreamento de produção. Dependendo da aplicação, a Conveyor Scale pode ser conectada a um sistema de automação para realizar operações como classificação, desvio ou controle do fluxo de objetos com base em seus pesos.

3.3.9 Medidor de Altura (Light Array)

Light Array para deteção de objetos, é uma espécie de disposição de sensores óticos baseados em luz que são usados para detectar a presença, posição ou movimento de objetos. Estes arranjos podem ser usados em aplicações como sistemas de segurança, automação industrial, deteção de obstáculos em veículos, controle de tráfego e muito mais.

4 Descrição técnica Prática

4.1 Projeto (Requisitos)

Pretende-se para este projeto prático que os alunos desenvolvam um projeto de automação flexível baseado numa fábrica industrial. Este projeto terá os requisitos mínimos:

- **Programação de PLC físico NX (através do sysmac-studio);**
- **Utilização de no mínimo 5 entradas físicas digitais (e.g. sensores fins de curso, botões, etc);**
- **Utilização de no mínimo 3 atuadores físicos digitais (e.g. leds, motores, válvulas, etc);**
- **Criação de fábrica virtual com o Factory IO constituída com um mínimo de:**
- **os 25 inputs digitais; os 25 outputs digitais; os 6 inputs analógicos; os 6 outputs analógicos.**

Além dos requisitos mínimos, serão valorizados os projetos que sejam compostos por:

- **Atuadores e/ou sensores analógicos;**
- **Integração de HMI, que permita, por exemplo, visualizar alguns estados da máquina, definir parâmetros de configuração, criar alarmes, criar menu de controlo manual.**

4.2 Atribuição de IP's

No que diz respeito à configuração de IPs para cada dispositivo, existem três tipos de máscaras de rede. A mais comum é a máscara de rede do tipo C, que é 255.255.255.0. Nessa configuração, o último octeto é usado para identificar cada dispositivo na rede. Para garantir uma comunicação eficaz entre os dispositivos, como FactoryIO, Sysmac, PC e HMI, e evitar erros entre os hosts mestres e escravos, é fundamental que cada um receba um IP distinto. Dessa forma, podemos ter uma visão clara e organizada do nosso sistema.

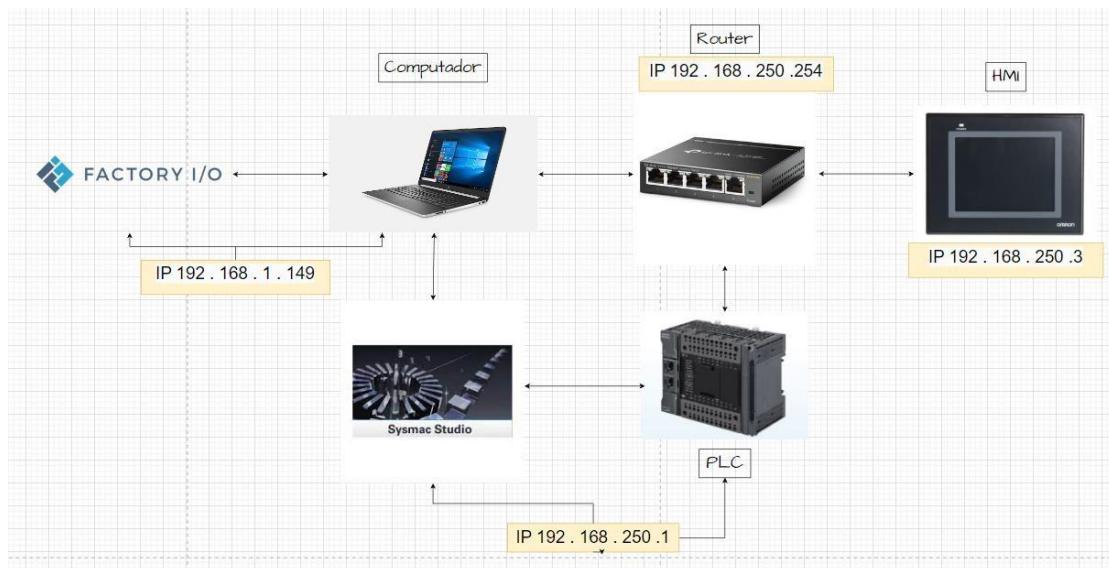


Figura 2 Diagrama de atribuição IPS

Para haver uma comunicação entre o factory IO e os restantes dispositivos, este tem que ter um IP comum ao do computador que o está a correr, neste caso temos que:

```
Wireless LAN adapter Wi-Fi:
Connection-specific DNS Suffix . : home
Description . . . . . : Mediatek Wi-Fi 6 MT7921 Wireless LAN Card
Physical Address . . . . . : 38-D5-7A-65-1D-C5
DHCP Enabled . . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
IPv6 Address . . . . . : 2a01:14:130:6e10:acdc:aba1:90b9:8f4e(PREFERRED)
Temporary IPv6 Address . . . . . : 2a01:14:130:6e10:a8d5:4ca:34c9:2f27(PREFERRED)
Link-Local IPv6 Address . . . . . : fe80::624d:f56d:bd8a:50e4%7(PREFERRED)
IPv4 Address . . . . . : 192.168.1.149(PREFERRED)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.254.0
Lease Obtained . . . . . : 1 de julho de 2023 23:04:22
Lease Expires . . . . . : 2 de julho de 2023 00:34:22
Default Gateway . . . . . : fe80::4ad2:4fff:fe38:bc20%7
192.168.1.1
DHCP Server . . . . . : 192.168.1.1
DHCPv6 IAID . . . . . : 121165178
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-2A-B5-79-53-E4-A8-DF-B6-3B-27
DNS Servers . . . . . : 2001:4860:4860::8888
2001:4860:4860::8844
192.168.1.1
No RTROS ou no Tapis.
```

Figura 3 IP do Computador



Figura 4 IP Factory IO

Já para a configuração do Sysmac é necessário atribuir o IP de igual forma ao IP do autómato a utilizar, desta forma temos que:

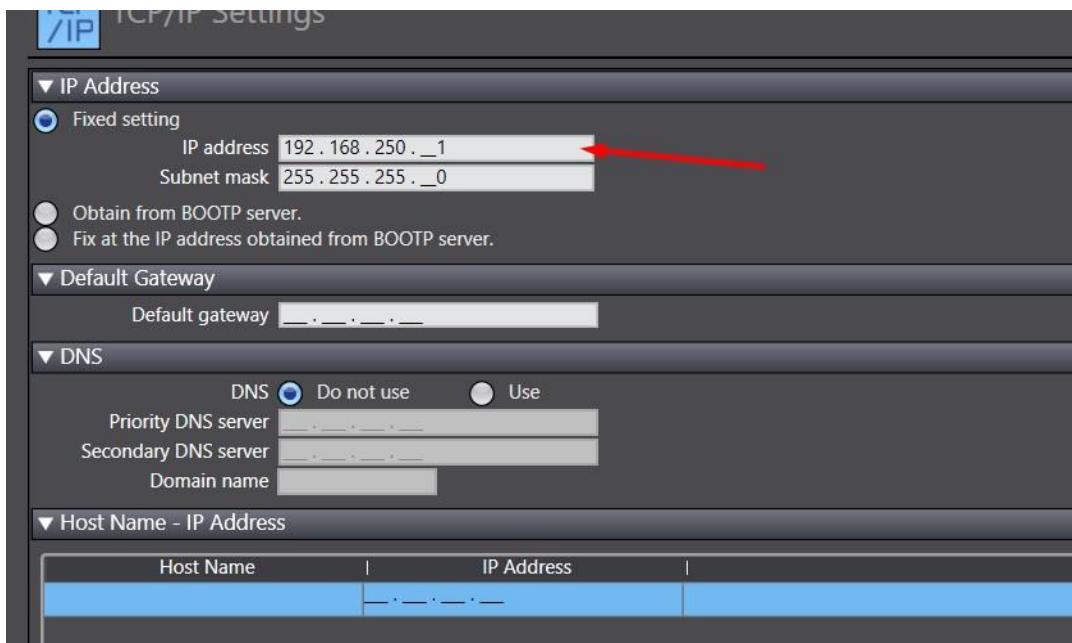


Figura 5 Configuração IP sysmac

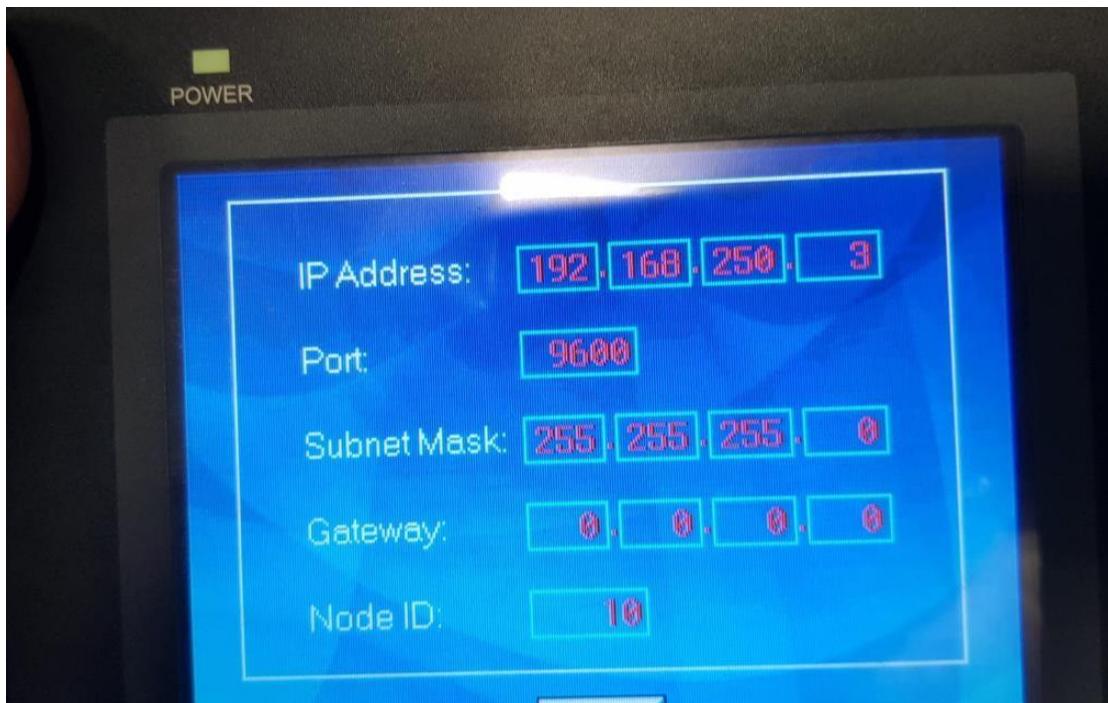


Figura 6 Atribuição IP HMI

4.3 Factory IO

4.3.1 Descrição do Projeto

O projeto passa por aquilo que é a simulação de uma linha de seleção de caixas automatizada, estas caixas têm características físicas próprias e exclusivas, como altura, peso e dimensionamento.



Figura 7 linha de seleção

Existem 3 tipos de caixas que podem ser analisadas e tratadas, a caixa do tipo L, caixa do tipo M e caixa do tipo S.

Caracterização das caixas:

Caixa	Altura (v)	Peso (v)
L (Large)	2.5	7.5
M (Medium)	1.3	5
S (Small)	1.3	4

Tabela 1

- Caixa L



Figura 9 Altura Caixa L



Figura 8 Peso Caixa L

- Caixa M



Figura 10 Altura Caixa M

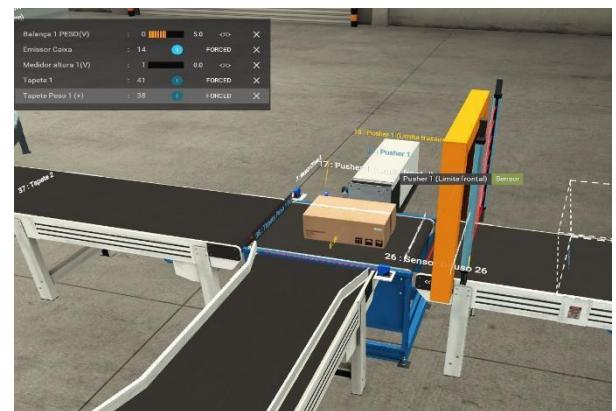


Figura 11 Peso Caixa M

- Caixa S



Figura 13 Altura Caixa S

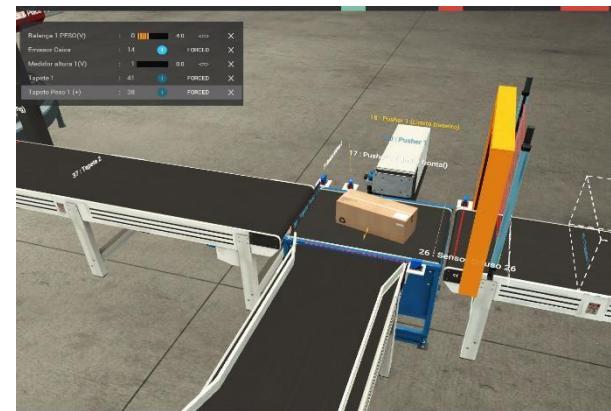


Figura 12 Peso Caixa S

Todas as caixas são submetidas a uma medição de peso (utilizando uma balança industrial) e altura (através de um Light Array), ambos sistemas completamente analógicos. O sistema, posteriormente, toma decisões com base nos dados recolhidos. Numa fase inicial, há um conjunto de balanças e medidores de altura que descartam todas as caixas dos tipos M e S, direcionando apenas as caixas do tipo L para uma linha específica e exclusiva para esse tipo de caixa.

É importante destacar que todos os pontos das linhas são controlados por sensores difusos, que muitas vezes acionam o sistema para realizar tarefas subsequentes, como ligar esteiras, acionar sistemas Pick & Place, entre outros. Todos os dados recolhidos, bem como a contagem de cada tipo de caixa, são apresentados de forma digital, por exemplo, numa interface homem-máquina (HMI). Ou seja, para cada caixa direcionada a uma das linhas, existe um contador associado que faz a contagem do tipo de caixa, exibindo o valor correspondente.

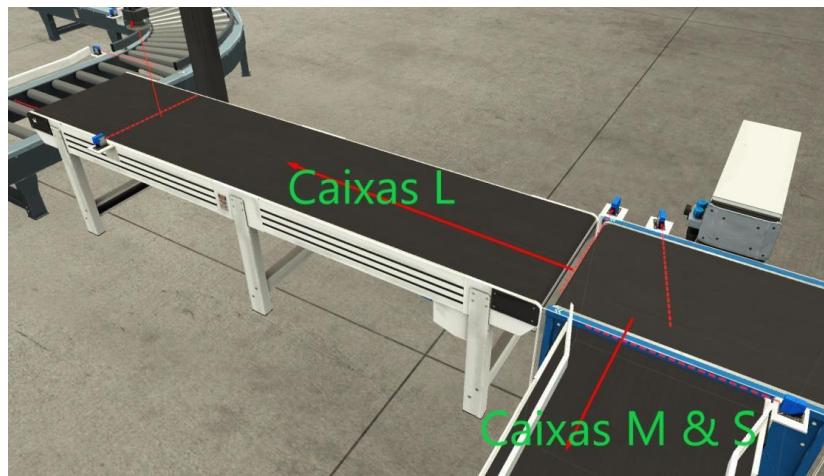


Figura 14 Linhas

Após a caixa L ser direcionada para a sua linha esta é colocada em cima de uma palete emitida através de um dispensador de paletes, para isso é usado o sistema Pick & Place, este equipamento é usado para pegar e colocar caixas de um lugar para outro,

para garantir um funcionamento correto estas foram alinhadas com barras de posicionamento, características:

Curso do eixo X: 1,125 m

Curso do eixo Z: 0,625 m

Velocidade do braço e do picker: 2 m/s

Rotação do eixo Z em incrementos de 90° (braço e garra)

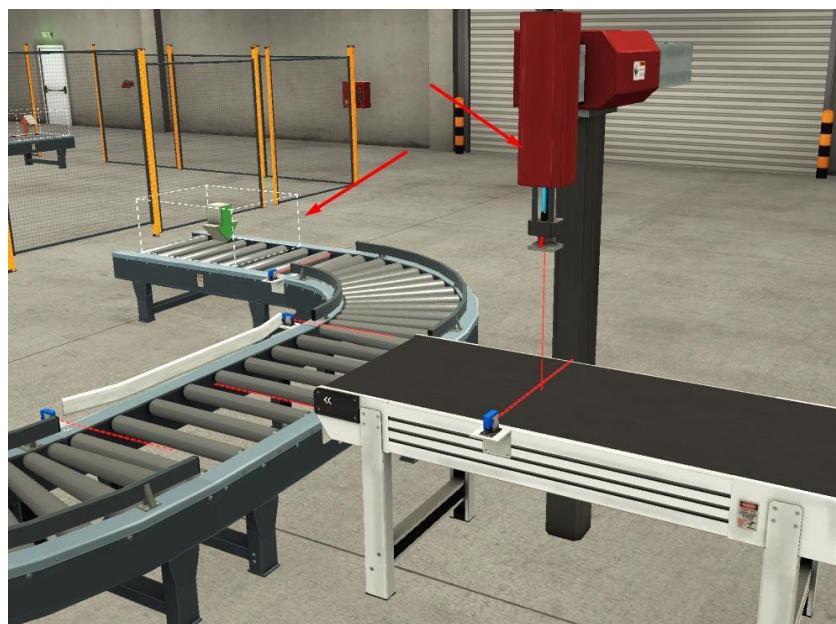


Figura 15 Dispensador Paletes, Pick & Place

Após o conjunto devidamente acondicionado (Caixa + Palete) pelo sistema Pick & Place, este é direcionado para um sistema de armazenamento (Estandes de Armazenamento), todo este processo de direcionar o conjunto até esta fase, é feito através de esteiras de transporte, sendo que numa fase final do trajeto estas esteiras são todas completamente analógicas, para garantir a delicadeza e velocidade ideal de maneira a preparar o conjunto da melhor maneira para ser armazenado.



Figura 16 Esteiras de Transporte

Na fase final da linha o conjunto é armazenado nas estantes de armazenamento através de um Stacker Crane, ou seja, elevador que se move sobre trilhos utilizado para armazenamento de cargas pesadas. Inclui um carrinho, uma plataforma vertical e dois garfos que podem deslizar para ambos os lados com o intuito de colocar carga ou remover carga.

Dois lasers, colocados no carrinho e na plataforma, medem a posição horizontal e vertical da plataforma. Os racks são armações verticais de aço conectadas por vigas horizontais de aço com a finalidade de armazenar cargas. A estante disponível é do tipo estante de profundidade única, também conhecida como estante seletiva, que permite o armazenamento de cargas apenas com profundidade de palete.

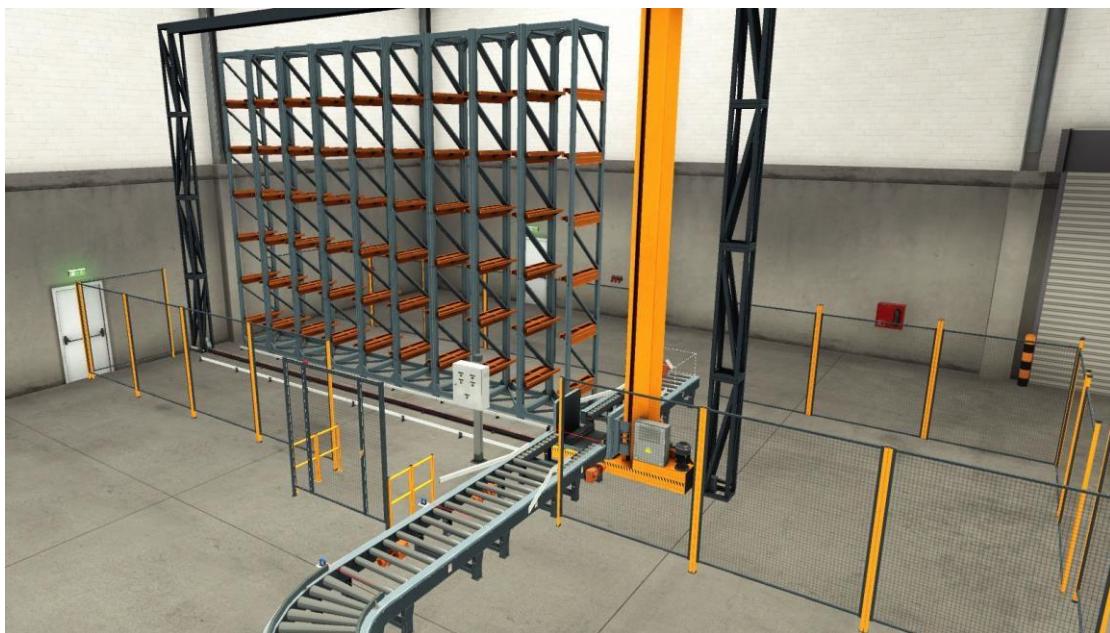


Figura 17 Stacker Crane

Como dito anteriormente o conjunto chega a esta fase por meio de esteiras de transporte sendo que as ultimas são todas completamente analógicas, o Stacker Crane foi desenhado e preparados através de código para ser completamente controlado por um operador através de uma interface homem-máquina (HMI) ou fisicamente através de botões, o operador tem varias opções, como colocar varias caixas nas estantes de armazenamento, remover conjuntos das estantes de armazenamento, colocar uma caixa nova no inicio de linha, dando assim recomeço a um novo ciclo ou simplesmente para a linha de seleção por completo.

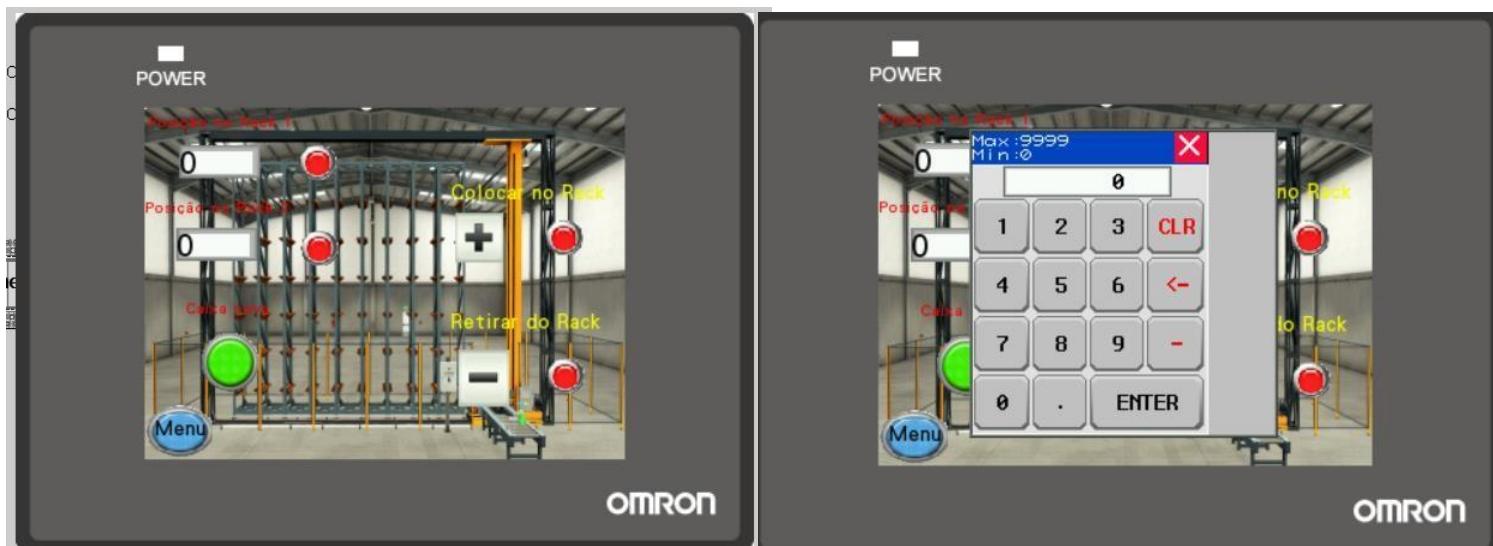


Figura 18 Interface HMI, Stacker Crane



Figura 19 Interface Física

Em relação as Caixas do Tipo M & S estas como dito anteriormente são direcionadas para uma linha diferente, em que são novamente submetidas a analise de peso e altura através de uma balança industrial analógica e um medidor altura analógico, a caixa chega a esta fase transportada por um conjunto de tapetes de 2 metros, 4 metros.

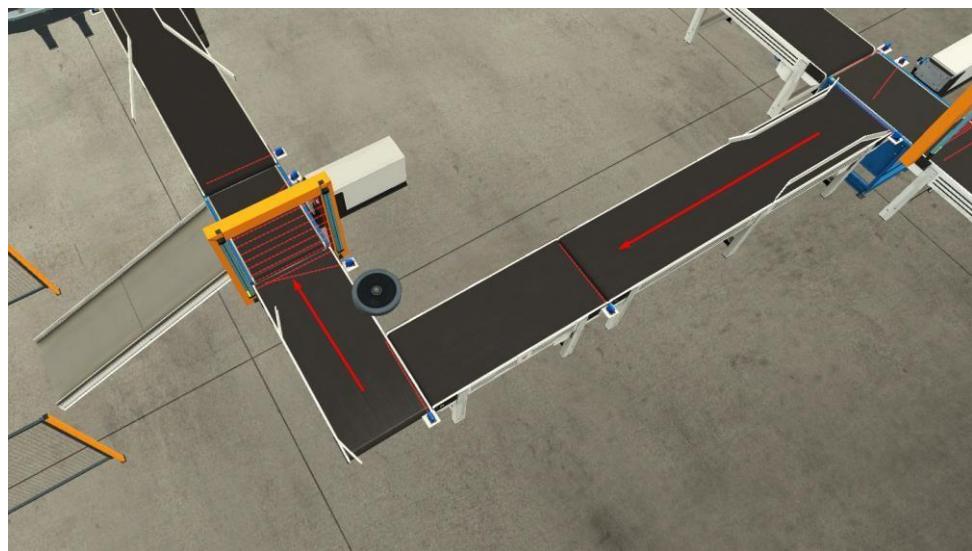
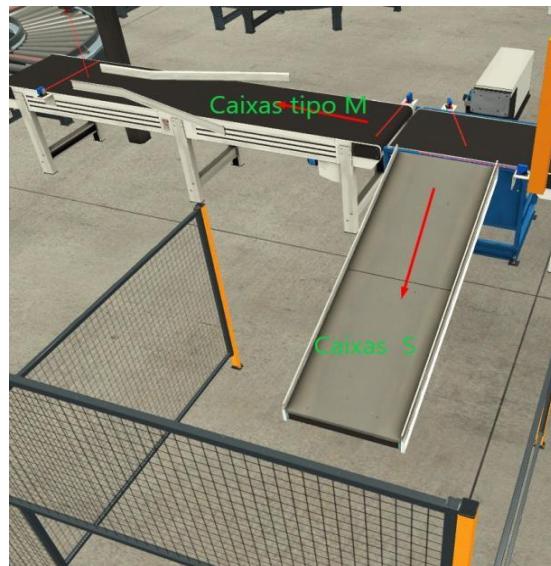
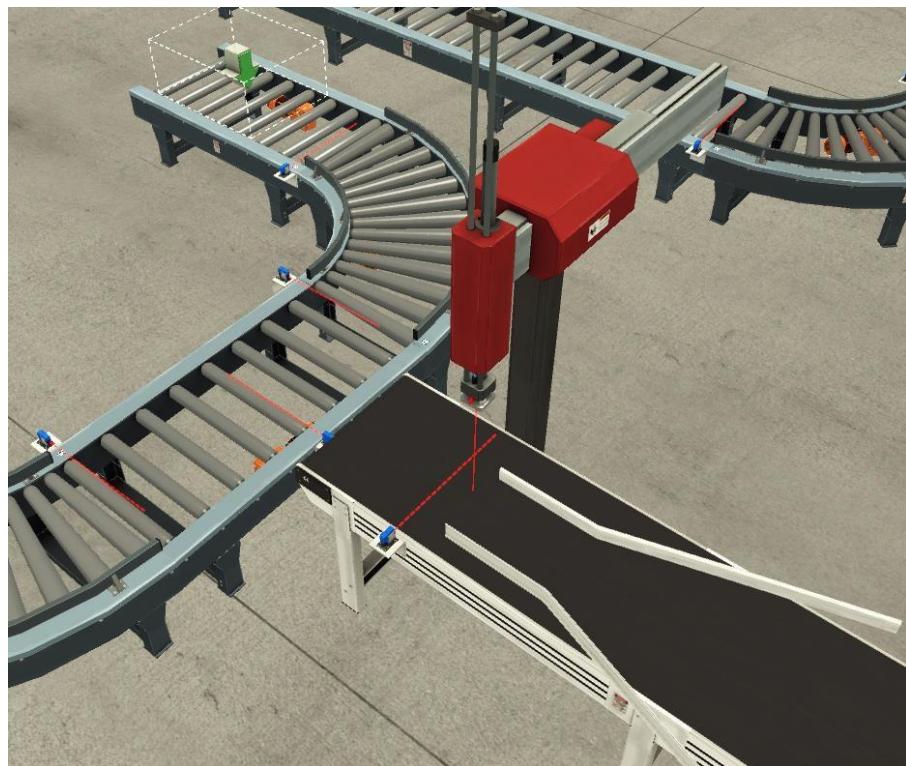


Figura 20 Tapetes transporte

Uma vez verificadas as condições das caixas tipo M e S estas são direcionadas para linhas diferentes do sistema, as caixas M são direcionadas para uma outra linha em que tal como acontece na caixa L, esta é colocada em cima de uma paleta através de um novo sistema de Pick and Place.

*Figura 21 seleção caixas tipo M & S**Figura 22 Pick and Place, dispensador de paletes linha Caixa M*

Uma vez colocado em cima da palete o conjunto é direcionado a um novo sistema de armazenamento, todo o processo é feito através de esteiras de transporte que leva o conjunto até ao novo Stacker Crane(Stacker Crane 2). De Reparar que todos as esteiras numa fase final, são do tipo analógicos para garantir de novo a delicadeza que necessitam para ser colocadas em cima do carrinho do Stacker Crane.



Figura 23 Esteiras de Transporte linha caixa M

Quando o conjunto está pronto a ser armazenado todo o processo de armazenamento é feito através de um novo Stacker Crane, mas desta vez o Stacker Crane funciona de maneira completamente de forma **autónoma**, com isto quer dizer que não há qualquer relação com um operador no armazenamento do conjunto, existe um contador associado que faz com que a cada conjunto que passe num sensor refletivo este é incrementado apenas uma vez, este valor é copiado e inserido na posição de memoria do Stacker Crane, ou seja se tiver um contador igual a 1, temos que a posição a ser guardada é a posição 1 e assim sucessivamente até a posição 54, numero máximo de espaços que retêm as estantes de armazenamento, sempre que o Stacker Crane guarda um conjunto e volta ao valor default, é colocado no inicio de linha uma caixa nova dando inicio a um ciclo.



Figura 24 Stacker Crane 2

Já nas caixas do tipo S estás são completamente descartadas do processo, ou seja são colocadas fora da linha.

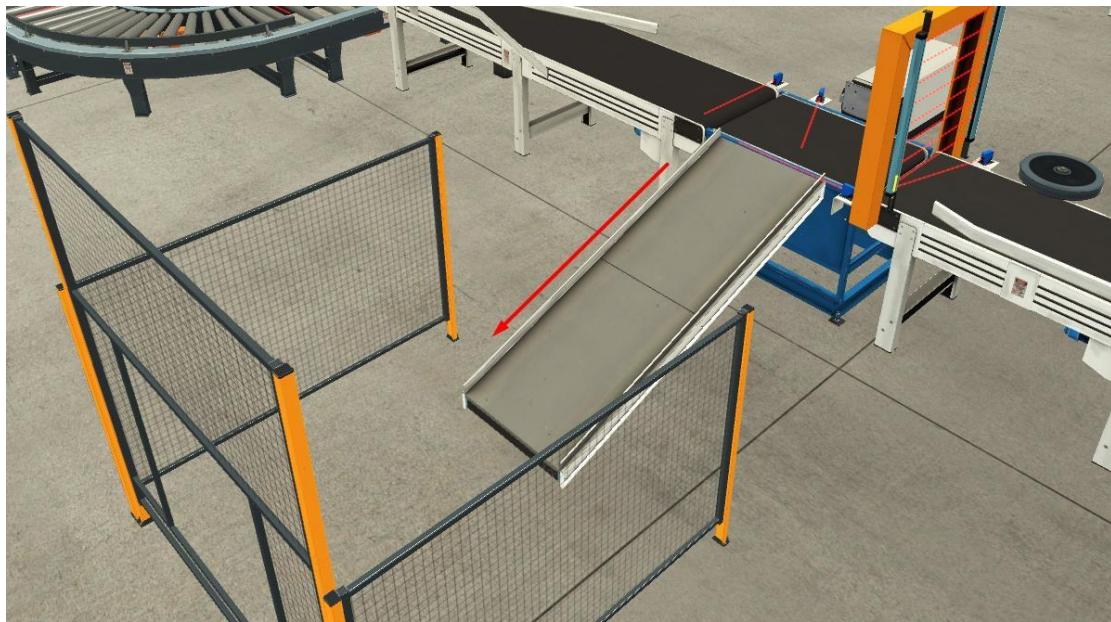


Figura 25 Caixas tipo S7

Tal como nas outras caixas cada vez que uma caixa S é descartada é contabilizada e um novo ciclo começa, isto porque é colocada uma caixa nova no início de linha.

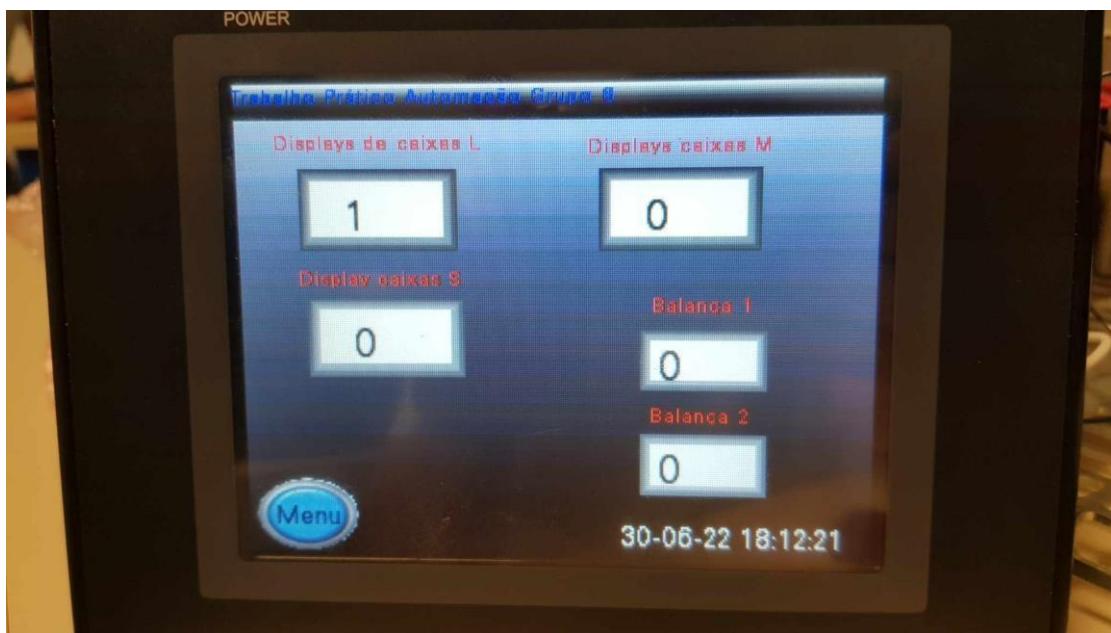


Figura 26 Contabilização caixas

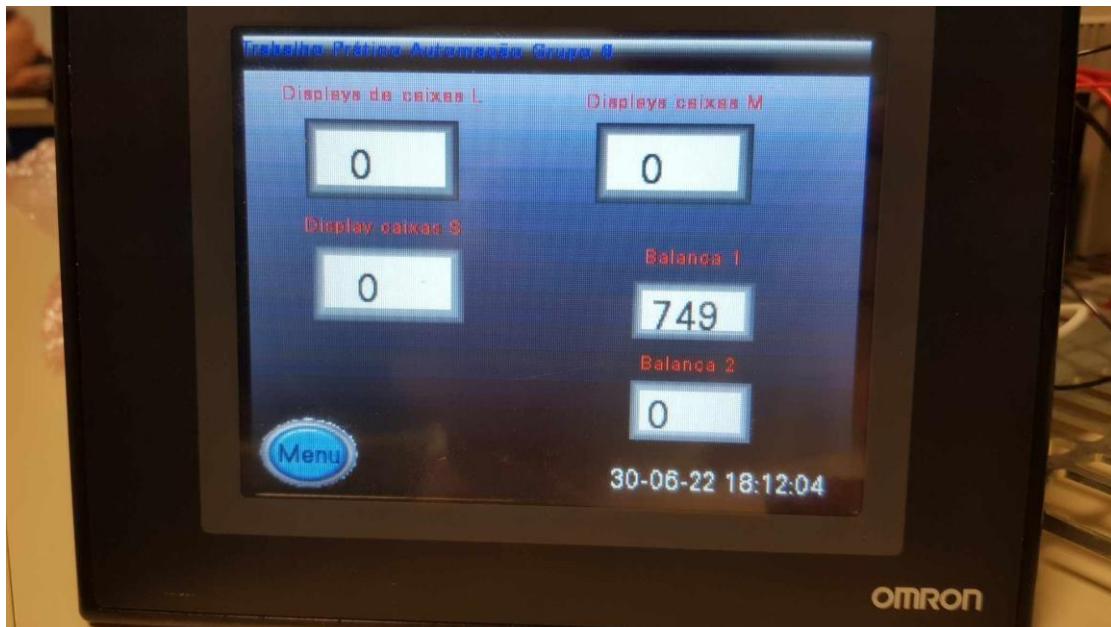


Figura 27 Amostragem do Peso medido em cada balança

4.3.2 Configuração Factory IO

4.3.2.1 IP

Como já visto anteriormente para configurar o Factory IO é necessário tratar este como um “SLAVE” associando-o um IP.

O Factory IO tem que ser configurado com o mesmo protocolo de comunicação que estamos a usar neste caso ModBus TCP/IP:

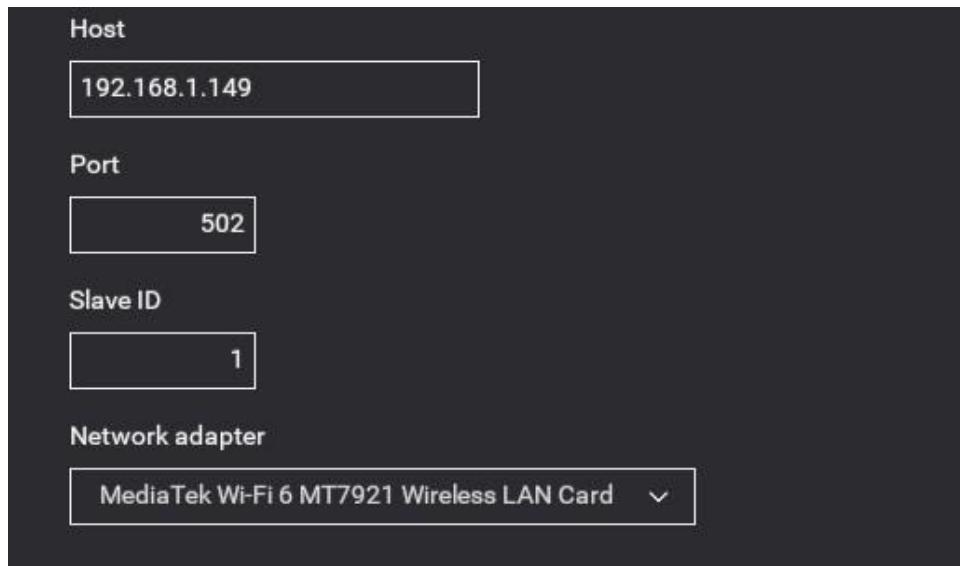


Figura 28 Atribuição IP e porta

Sendo que o IP tem que ser comum ao do computador:

```
Wireless LAN adapter Wi-Fi:
  Connection-specific DNS Suffix . : home
  Description . . . . . : MediaTek Wi-Fi 6 MT7921 Wireless LAN Card
  Physical Address . . . . . : 38-D5-7A-65-1D-C5
  DHCP Enabled . . . . . : Yes
  Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
  IPv6 Address . . . . . : 2a01:14:130:6e10:acdc:aba1:90b9:8f4e(PREFERRED)
  Temporary IPv6 Address . . . . . : 2a01:14:130:6e10:a8d5:e4ca:34c9:2f27(PREFERRED)
  Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::624d:f56d:bdःaa:50e4%7(PREFERRED)
  IPv4 Address . . . . . : 192.168.1.149(PREFERRED) ←
  Subnet Mask . . . . . : 255.255.254.0
  Lease Obtained . . . . . : 1 de julho de 2023 23:04:22
  Lease Expires . . . . . : 2 de julho de 2023 00:34:22
  Default Gateway . . . . . : fe80::4ad2:4fff:fe38:bc20%7
                                192.168.1.1
  DHCP Server . . . . . : 192.168.1.1
  DHCPv6 IAID . . . . . : 121165178
  DHCPv6 Client DUID . . . . . : 00-01-00-01-2A-B5-79-53-E4-A8-DF-B6-3B-27
  DNS Servers . . . . . : 2001:4860:4860::8888
                        2001:4860:4860::8844
                        192.168.1.1
  NetBIOS over Tcpip . . . . . : Enabled
```

Figura 29 IPv4 Computador

4.3.2.2 I/O Config

Para tratar os inputs e outputs temos que especificar os sensores (digitais/analógicos) e atuadores (digitais/analógicos) que constituem o nosso projeto para isso foram atribuídos:

- 65 posições de entradas digitais
- 65 posições de saídas digitais
- 15 posições de entradas Analógicas (Registos)
- 15 posições de saídas Analógicas (Registos)

The screenshot shows the 'I/O Config' software interface. At the top, there are dropdown menus for 'Write Digital' (set to 'Inputs'), 'Read Digital' (set to 'Coils'), 'Write Register' (set to 'Input Registers'), and 'Read Register' (set to 'Holding Registers'). Below these is a 'Scale' input field containing the value '100'. The main section is titled 'I/O Points' and contains a table with four rows:

	Offset	Count
Digital Inputs	0	65
Digital Outputs	0	65
Register Inputs	0	15
Register Outputs	0	15

At the bottom of the interface is a 'DEFAULT' button.

Figura 30 Configurações I/O

Atribuição a cada posição de memória:

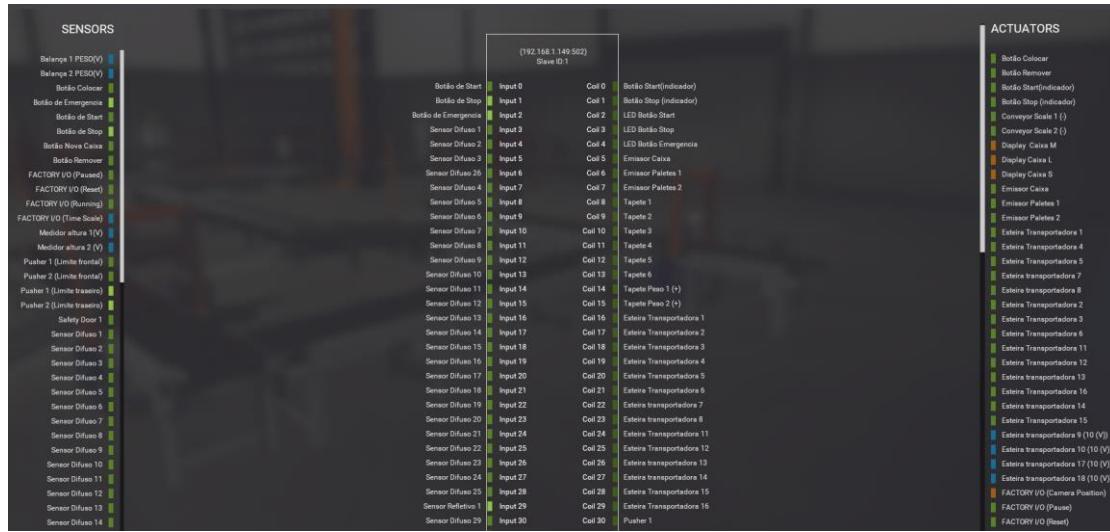


Figura 31 Posição I/O digitais



Figura 32 Posição I/O digitais

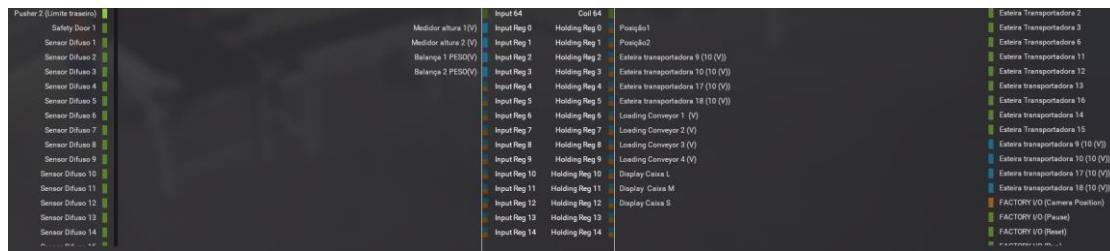


Figura 33 Posição I/O Analógicas

4.3.2.3 Mapeamento dos endereços de Memória

Digital Outputs		
Memória	Posição	Dispositivo
%D10	0	Botão Start(indicador)
	1	Botão Stop(indicador)
	2	LED Botão Start
	3	LED Botão Stop
	4	LED Botão Emergência
	5	Emissor Caixa
	6	Emissor Paleta 1
	7	Emissor Paleta 2
	8	Tapete 1
	9	Tapete 2
	10	Tapete 3
	11	Tapete 4
	12	Tapete 5
	13	Tapete 6
	14	Tapete Peso 1 (*)
	15	Tapete Peso 2 (*)
%D11	16	Esteira Transportadora 1
	17	Esteira Transportadora 2
	18	Esteira Transportadora 3
	19	Esteira Transportadora 4
	20	Esteira Transportadora 5
	21	Esteira Transportadora 6
	22	Esteira Transportadora 7
	23	Esteira Transportadora 8
	24	Esteira Transportadora 11
	25	Esteira Transportadora 12
	26	Esteira Transportadora 13
	27	Esteira Transportadora 14
	28	Esteira Transportadora 15
	29	Esteira Transportadora 16
	30	Pusher 1
	31	Pusher 2
%D12	32	Two-Axis Pick & Place 1 X
	33	Two-Axis Pick & Place 1 Z
	34	Two-Axis Pick & Place 2 X
	35	Two-Axis Pick & Place 2 Z
	36	Two-Axis Pick & Place 1 (Grab)
	37	Two-Axis Pick & Place 2 (Grab)
	38	Two-Axis Pick & Place 1 Rotate CW
	39	Two-Axis Pick & Place 2 Rotate CW
	40	Two-Axis Pick & Place 1 Gripper CW
	41	Two-Axis Pick & Place 1 Rotate CCW
	42	Two-Axis Pick & Place 2 Gripper CW
	43	Two-Axis Pick & Place 2 Rotate CCW
	44	Two-Axis Pick & Place 1 Gripper CCW
	45	Two-Axis Pick & Place 2 Gripper CCW
	46	Stacker Crane 1 Lift
	47	Stacker Crane 3 Lift
%D13	48	Stacker Crane 1 (Left)
	49	Stacker Crane 3 (Left)
	50	Stacker Crane 1 (Right)
	51	Stacker Crane 3 (Right)
	52	Remover 1(Remove)
	53	Remover 3(Remove)
	54	Led Colocar
	55	Led Remover
	56	
	57	
	58	
	59	
	60	
	61	
	62	

Figura 34 Digital Inputs

Digital Inputs		
Memória	Posição	Dispositivo
%D20	0	Botão Start
	1	Botão Stop
	2	Botão Emergência
	3	Sensor Difuso 1
	4	Sensor Difuso 2
	5	Sensor Difuso 3
	6	Sensor Difuso 26
	7	Sensor Difuso 4
	8	Sensor Difuso 5
	9	Sensor Difuso 6
	10	Sensor Difuso 7
	11	Sensor Difuso 8
	12	Sensor Difuso 9
	13	Sensor Difuso 10
	14	Sensor Difuso 11
	15	Sensor Difuso 12
%D21	0	Sensor Difuso 13
	1	Sensor Difuso 14
	2	Sensor Difuso 15
	3	Sensor Difuso 16
	4	Sensor Difuso 17
	5	Sensor Difuso 18
	6	Sensor Difuso 19
	7	Sensor Difuso 20
	8	Sensor Difuso 21
	9	Sensor Difuso 22
	10	Sensor Difuso 23
	11	Sensor Difuso 24
	12	Sensor Difuso 25
	13	Sensor Refletico 1
	14	Sensor Refletico 2
	15	Sensor Refletico 3
%D22	0	Sensor Refletico 4
	1	Sensor Refletico 5
	2	Sensor Refletico 6
	3	Pusher 1(Limite Frontal)
	4	Pusher 2(Limite Frontal)
	5	Pusher 1(Limite Traseiro)
	6	Pusher 2(Limite Traseiro)
	7	Stacker Crane 1 Moving-X
	8	Stacker Crane 1 Moving-Z
	9	Stacker Crane 3 Moving-X
	10	Stacker Crane 3 Moving-Z
	11	Stacker Crane 1 Left Limit
	12	Stacker Crane 3 Left Limit
	13	Stacker Crane 1 Right Limit
	14	Stacker Crane 3 Right Limit
	15	Stacker Crane 1 Middle Limit
%D23	0	Stacker Crane 3 Middle Limit
	1	Two-Axis Pick & Place 2 (Rotating)
	2	Two-Axis Pick & Place 1 (Detected)
	3	Two-Axis Pick & Place 1 (Moving X)
	4	Two-Axis Pick & Place 1 (Moving Z)
	5	Two-Axis Pick & Place 1 (Rotating)
	6	Two-Axis Pick & Place 2 (Detected)
	7	Two-Axis Pick & Place 2 (Moving X)
	8	Two-Axis Pick & Place 2 (Moving Z)
	9	Two-Axis Pick & Place 1 (Gripper Rotating)
	10	Two-Axis Pick & Place 2 (Gripper Rotating)
	11	Sensor Difuso 27
	12	Sensor Difuso 28
	13	Botão Colocar
	14	Botão Remover

Figura 35 Digital Outputs

Analog Outputs			Analog Inputs		
Holding Reg	Memoria	Dispositivo	Inputs Reg	Memoria	Dispositivo
0	%D30	Stacker Crane 1 Target Position	0	%D55	Medidor Altura 1 (V)
1	%D31	Stacker Crane 3 Target Position	1	%D56	Medidor Altura 2 (V)
2	%D32	Esteira Transportadora 9 (10(V))	2	%D57	Balança 1 Peso (V)
3	%D33	Esteira Transportadora 10 (10(V))	3	%D58	Balança 2 Peso (V)
4	%D34	Esteira Transportadora 17 (10(V))			
5	%D35	Esteira Transportadora 18 (10(V))			
6	%D36	Loading Convoyer 1 (V)			
7	%D37	Loading Convoyer 2 (V)			
8	%D38	Loading Convoyer 3 (V)			
9	%D39	Loading Convoyer 4 (V)			
10	%D40	Display Caixa L			
11	%D41	Display caixa M			
12	%D42	Display caixa S			

Figura 36 Inputs/Outputs Analógicas

4.3.3 Configuração ModBus TCP

Modbus é um protocolo de solicitação-resposta usando uma relação mestre/escravo. A comunicação ocorre sempre em pares - um dispositivo deve iniciar uma solicitação e aguardar uma resposta e o dispositivo iniciador mestre é responsável por iniciar todas as interações.

Normalmente, o mestre é um sistema de interface homem-máquina (HMI) ou controlo de supervisão e aquisição de dados (SCADA) e o escravo é um sensor, controlador lógico programável (PLC). O conteúdo dessas solicitações e respostas e as camadas de rede pelas quais essas mensagens são enviadas, são definidos pelas diferentes camadas do protocolo.

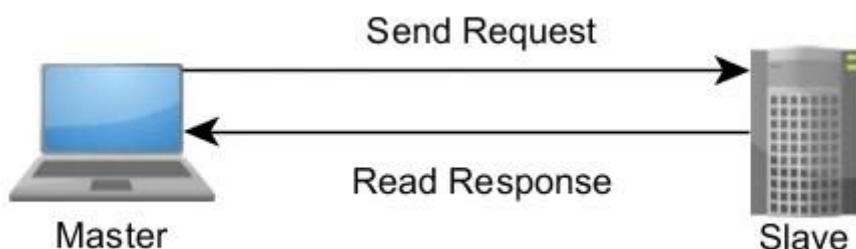


Figura 37 Mestre-Escravo

Todos os dispositivos devem estar na mesma rede, ou seja, devem ter o mesmo IP e máscara de rede e o último endereço de cada IP identifica o dispositivo na rede.

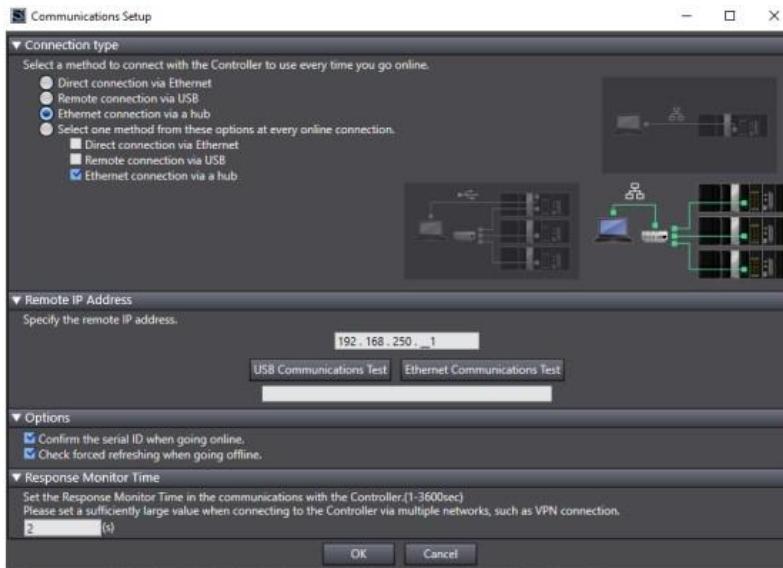


Figura 38 Atribuição IP Sysmac

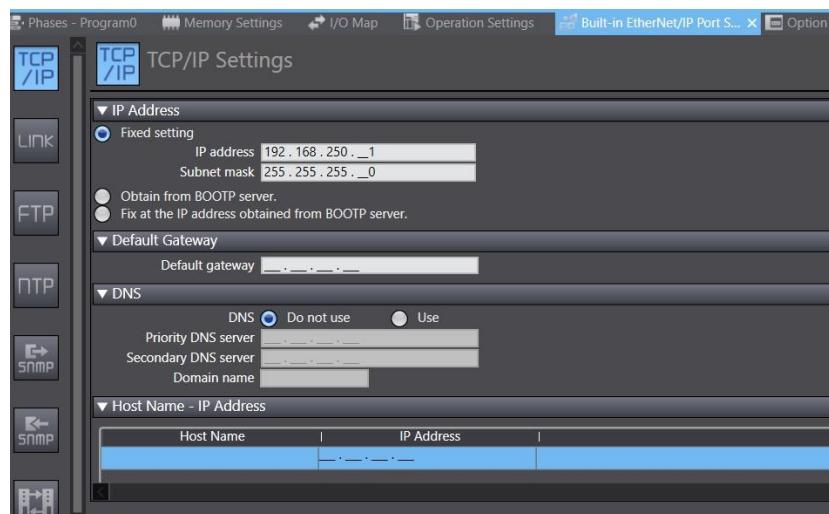


Figura 39 Atribuição IP Sysmac

Configuração ModBus

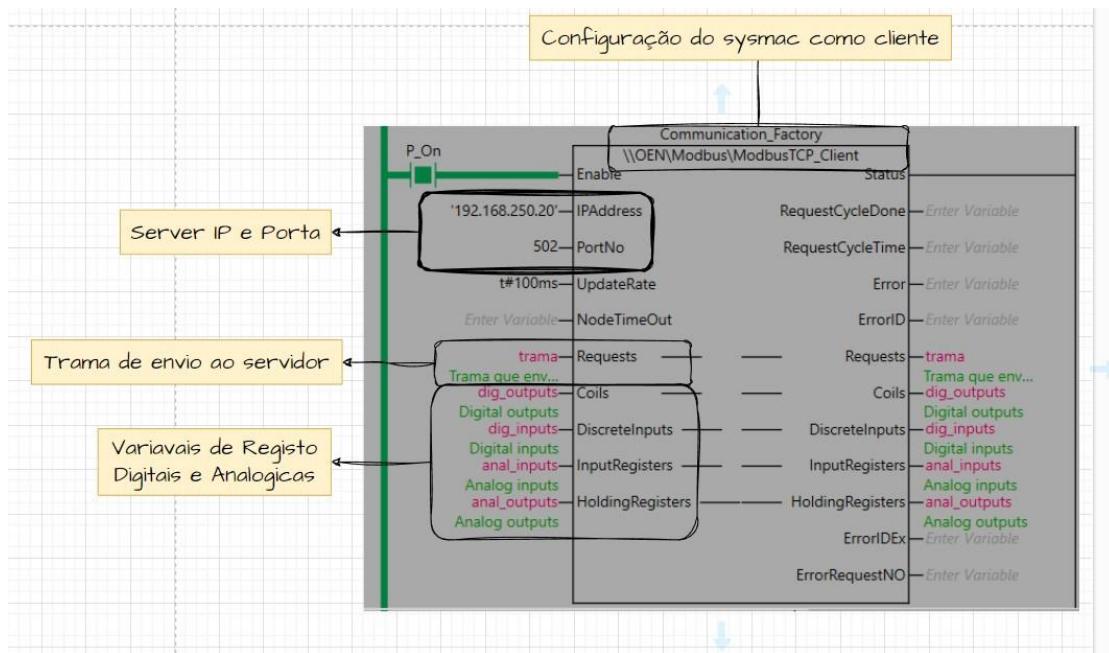


Figura 40 configuração ModBus

	Enable (BOOL)	NodeAddr (UINT)	FunctionCode (ENUM)	Read.StartAddressRemote (UINT)	Read.StartAddressLocal (UINT)	Read.Count (UINT)	Write.StartAddressRemote (UINT)	Write.StartAddressLocal (UINT)	Write.Count (UINT)
[1]	True	1	Fn01_ReadCoils	1	1	3	0	0	0
[2]	True	1	Fn05_WriteSingleCoil	0	0	0	1	1	1
[3]	True	1	Fn03_ReadHoldingRegisters	1	1	3	0	0	0
[4]	True	1	Fn16_WriteMultipleRegisters	0	0	0	1	1	3

Figura 41 Configuração da trama ModBus

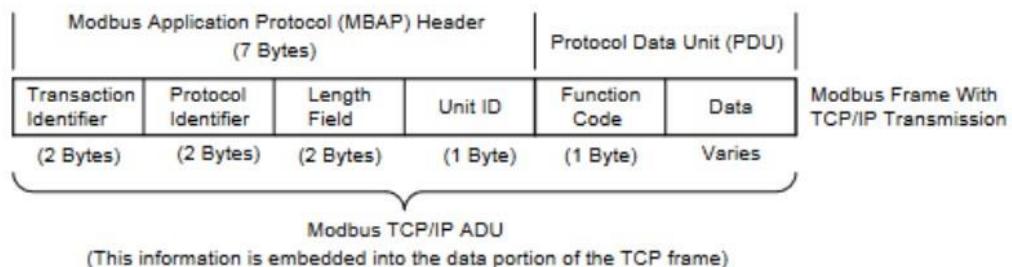


Figura 42 Trama

4.3.4 Parte Física

Para o projeto foi desenvolvido tanto uma parte digital (HMI) como uma parte Física, a parte física tem como função retratar exatamente os mesmos comportamentos que as partes digitais, ou seja, com isto queremos dizer que, ao carregar num botão por exemplo na parte física ou digital o efeito é exatamente o mesmo.

Para isso foi preciso estabelecer ligação e consequentemente interligar ao autómato.

Esboço de ligações:

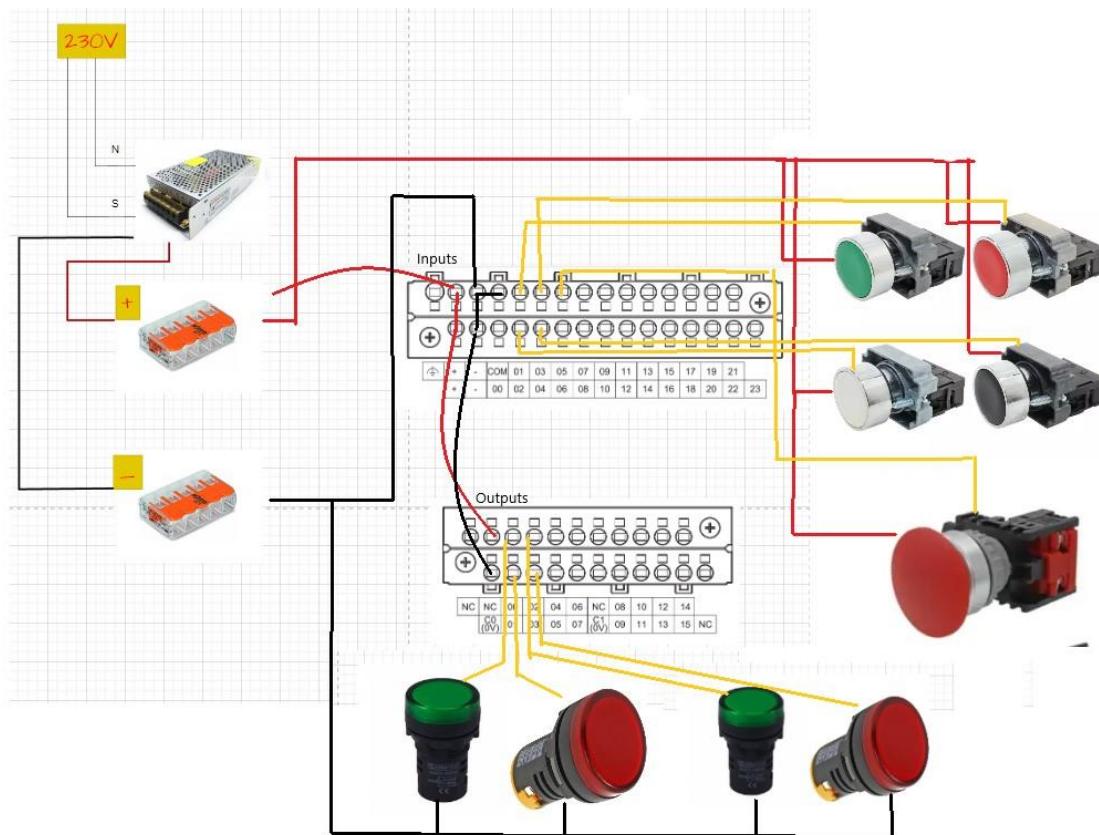


Figura 43 Esquema de ligações



Figura 44 ligações ao Autómato

Ligação dos botões:

Os botões são ligados aos INPUTS do autómato, ou seja, á parte superior do autómato, este são alimentados a 24V e partilham todos o mesmo barramento de alimentação, sendo que cada botão tem ligação física a uma das entradas do autómato, como por exemplo 00, 01, 02, e assim sucessivamente.

O comum está ligado a massa, com isto os botões estão ligados a nível logico High(24V), e quando pressionados é lido o valor logico high (24V) onde é feito a comutação do sinal.

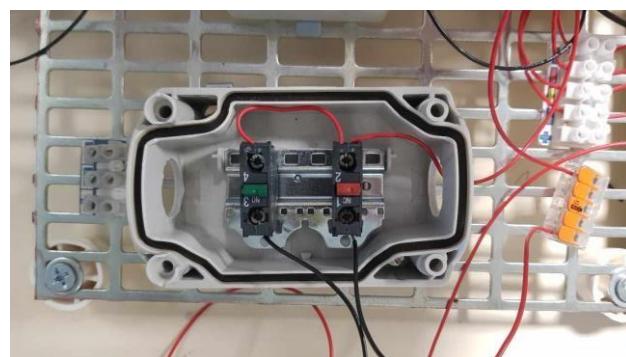
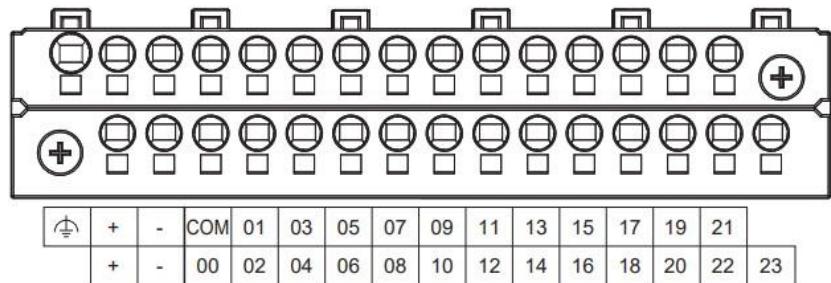


Figura 45 Exemplo ligações aos botões



Symbol	Name	Description
\ominus	Functional ground terminal	Connect the ground wire to the terminal
+/-	Unit power supply terminals	These terminals are connected to the unit power supply The + and - terminals are internally connected to each other
COM	Common terminal	Common terminal for the input circuits
00 to 15	Input terminals	General-purpose input A
16 to 23		General-purpose input B

Figura 46 Terminal Blocks

Ligação dos LEDS:

A ligação dos leds é similar as ligações dos botões, mas estes são ligados aos outputs do autómato, ou seja, parte inferior do autómato. Desta maneira os leds partilham uma massa comum entre eles e ligados ao mesmo barramento, barramento de massa. Estes estão ligados independentes a cada uma das saídas do autómato exemplo 00, 01, 02, e assim sucessivamente. Quando uma saída é ativa, esta coloca 24V no LED que por sua vez faz com estes emitam o sinal luminoso.

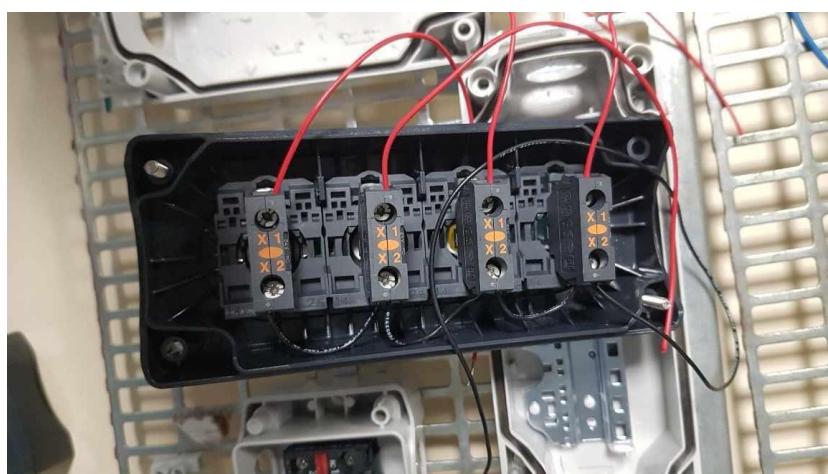
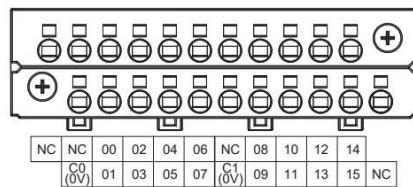


Figura 47 Exemplo Ligações ao LEDS

NX1P2-□□40DT



Symbol	Name	Description
C0 (0 V), C1 (0 V)	Common terminal	Connected to the 0 V side of the I/O power supply C0 (0 V) and C1 (0 V) are independent from each other inside the CPU unit
00 to 15	Output terminals	NPN (sinking) type output
NC	NC	Do not connect anything

NX1P2-□□40DT1

NC	C0 (+V)	00	02	04	06	C1 (+V)	08	10	12	14
0V0	01	03	05	07	0V1	09	11	13	15	NC

Symbol	Name	Description
C0 (+V), C1 (+V)	Common terminal	Connected to the 24 V side of the I/O power supply C0 (+V) and C1 (+V) are independent from each other inside the CPU unit
0V0, 0V1	0 V terminal	Supplies 0 V for the internal circuits for driving 0V0 and 0V1 are independent from each other inside the CPU unit
00 to 15	Output terminals	PNP (sourcing) type output with the load short-circuit protection function
NC	NC	Do not connect anything

Figura 48 Outputs terminal Blocks

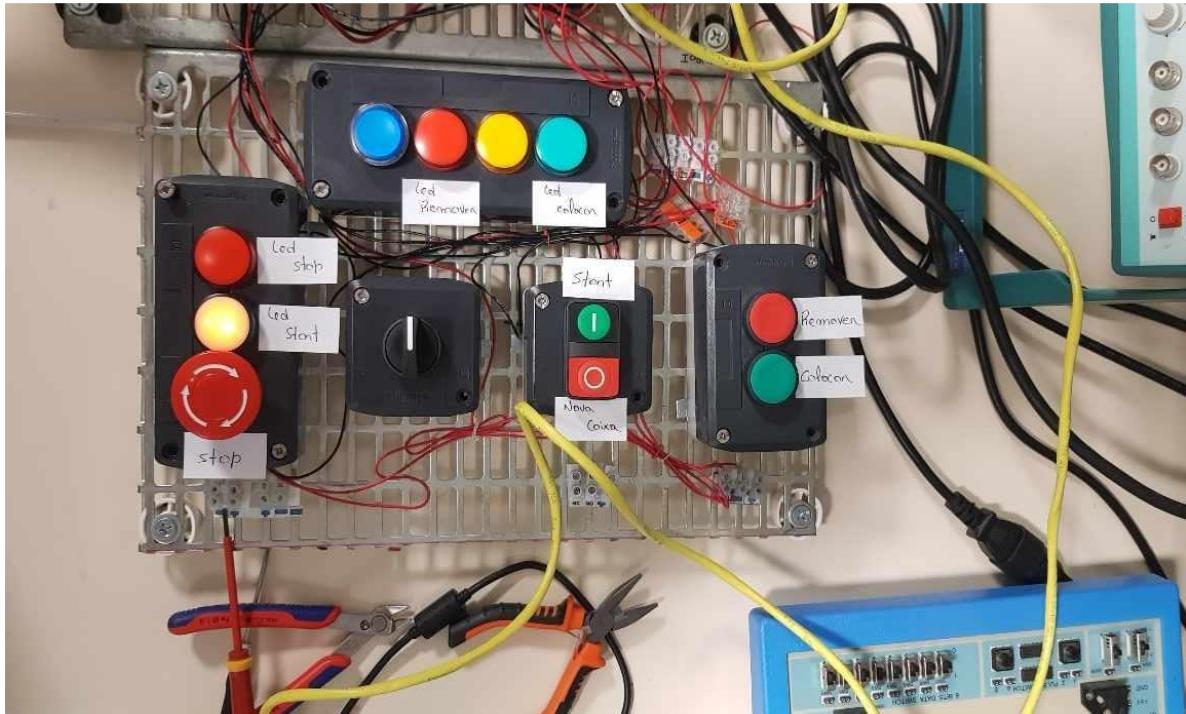


Figura 49 Montagem final

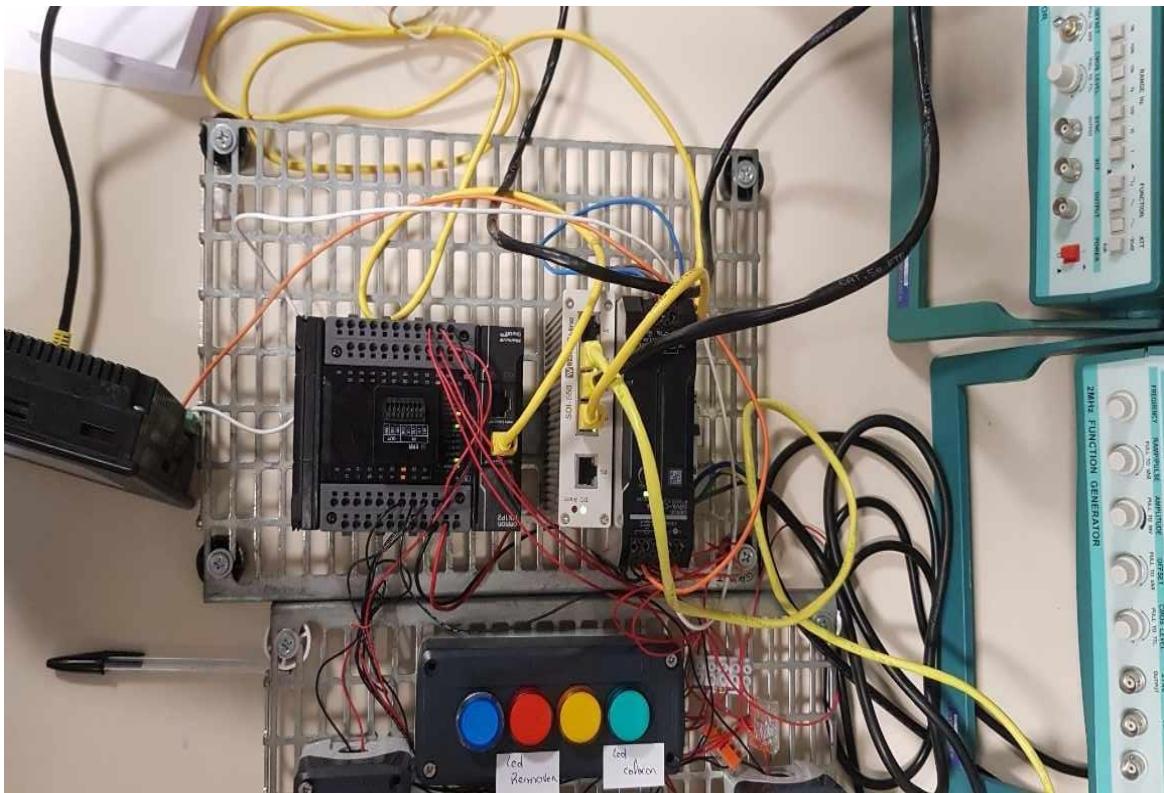


Figura 50 Montagem final

4.4 Grafcets

Importância dos Grafcets

Grafcet não é nada mais nada menos que uma linguagem gráfica utilizada para a modelagem e controlo de sistemas automatizados. Este desempenha um papel fundamental na automatização, pois fornece uma representação visual clara e intuitiva do comportamento do sistema.

Algumas das principais importâncias fornecidas pela linguagem grafcet aos projetos desenvolvidos:

- Modelagem do comportamento
- Projeto e depuração
- Facilidade de comunicação e documentação
- Programação intuitiva
- Manutenção e diagnóstico

Desta maneira temos que esta metodologia apresenta de uma forma visual e estruturada o comportamento dos sistemas automatizados, facilitando o projeto, a implementação, a comunicação e a manutenção, contribuindo para um controlo eficiente e confiável de maneira a chegar á melhor solução possível.

Grafcet Nível 1

O GRAFCET Nível 1 é a forma básica utilizando linguagem mais recorrente de descrever o funcionamento e o problema do projeto é usado principalmente para representar o comportamento sequencial de um sistema automatizado. Este é composto por etapas, transições, ações e condições. As etapas representam os estados do sistema, as transições são os eventos ou condições que levam a uma mudança de estado, as ações

são as atividades executadas durante cada etapa e as condições são as expressões lógicas que devem ser satisfeitas para a transição ocorrer.

O Grafcet nível 1 é amplamente utilizado para modelagem e programação de controladores lógicos programáveis (PLCs). Este permite a representação visual clara e intuitiva do comportamento do sistema, facilitando o projeto, a depuração e a manutenção.

Grafcet Nível 2

O GRAFCET Nível 2 é uma extensão do GRAFCET Nível 1 e introduz recursos adicionais com linguagem mais técnica daquilo que consiste o projeto indo à razão dos objetos em que nele se encontram, pondo, á semelhança do grafcet nível 1 as ações paralelas e concorrentes no sistema automatizado. Além das etapas, transições, ações e condições, o GRAFCET Nível 2 introduz as chamadas "etapas de transição" e as "etapas paralelas".

Grafcets projeto

- Inicio Programa

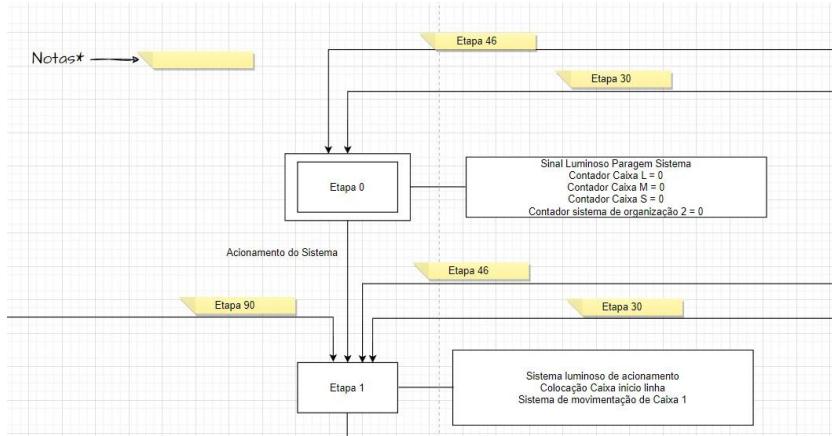


Figura 51 Grafcet Nível 1

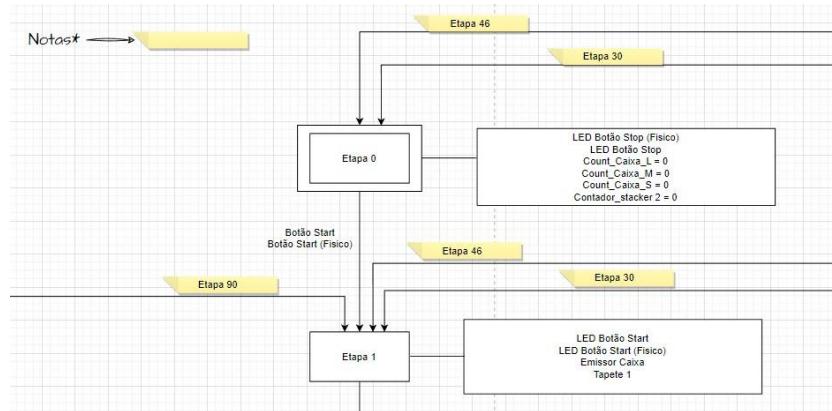


Figura 52 Grafcet nível 2

A parte inicial é responsável por fazer a preparação daquilo que é a linha da fábrica, em que E0 é dado um Reset em todos os contadores que serão corridos ao longo do processo assim como acender ambos os leds (Físico e Digital) associado ao botão Stop (Paragem da linha). Esta etapa só é verificada cada vez que é ligada a linha de processo ou quando é acionado o botão Stop numa das duas etapas, E30 ou E46.

Como transição para E1 temos o acionamento do sistema em que ao pressionar num dos botões Start (Digital ou Físico) damos início ao processo.

A E1 temos é responsável por colocar uma caixa na linha através de um dispensador, acendendo assim o Led (Digital pu Físico) do Sistema e ativando o Tapete 1 de forma a

movimentar a caixa para a próxima etapa. A etapa 1 é chamada ao processo cada vez que numa das três etapas, E30, E46 ou E90 é pressionado um botão de uma caixa nova, ou quando ocorre o fim do timer de depois da etapa 90.

- Leitura da Altura & Leitura de Peso

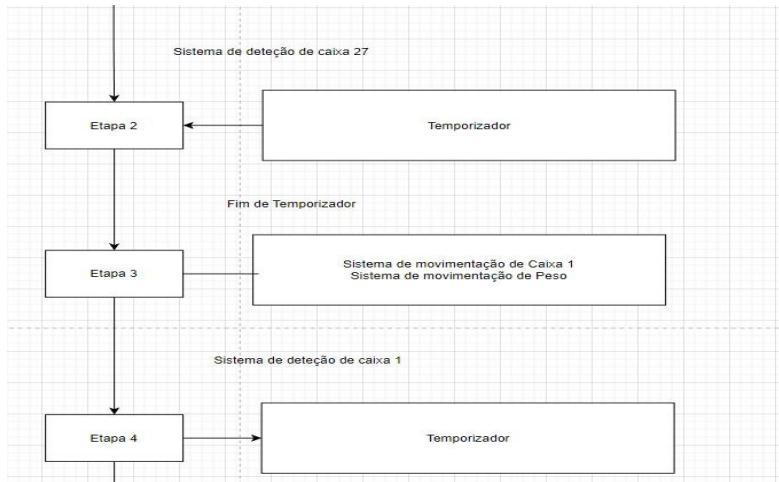


Figura 54 Grafset Nível 1

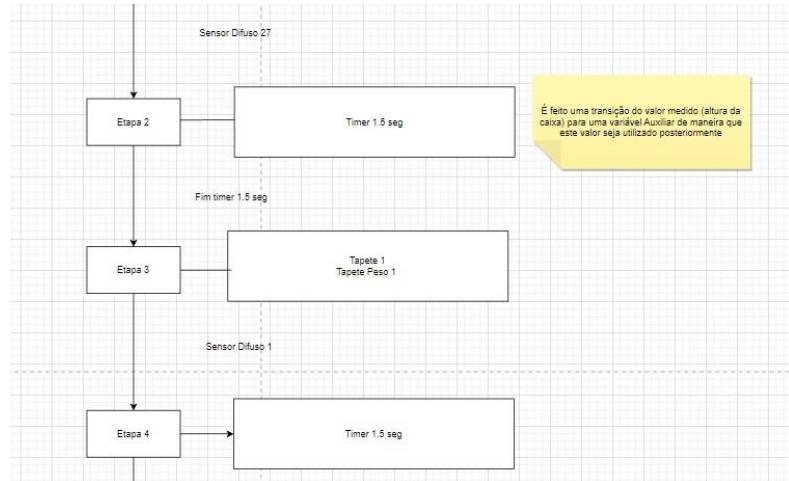


Figura 53 Grafset Nível 2

Tendo em conta que o processo tem de ser capaz de tratar informação de 3 tipos de caixas diferentes é necessário medir altura, assim temos que a caixa ao passar num sensor neste caso sensor difuso 27 é lido o valor da altura, a caixa fica imobilizada 1.5 segundos de maneira a transferir o valor da altura para uma variável auxiliar de forma a que este valor seja comparado posteriormente, feito a transferência do valor, numa etapa seguinte E3, é feito a transição da caixa para o tapete de peso até que seja detetada pelo sensor difuso 1, neste momento é feita a transição para E4 em que a

caixa é immobilizada durante 1.5 segundos de forma a que o tapete de peso consiga ler corretamente o valor.

- Decisão

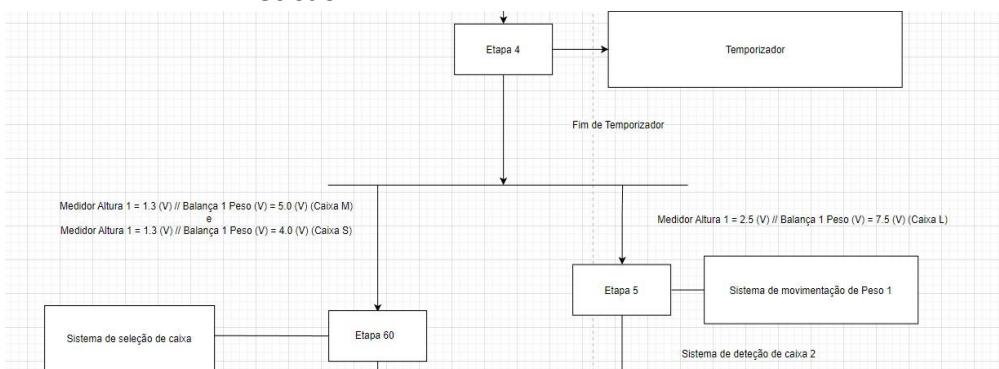


Figura 55 Grafcet Nível 1

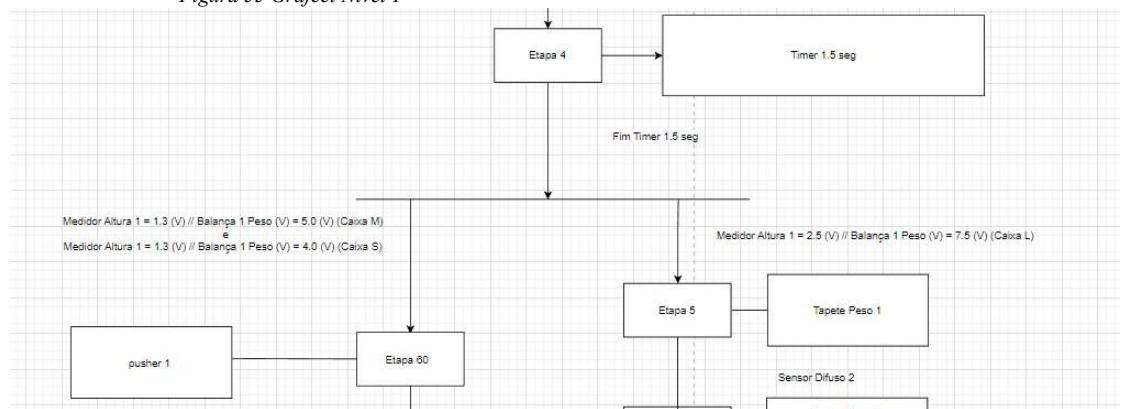
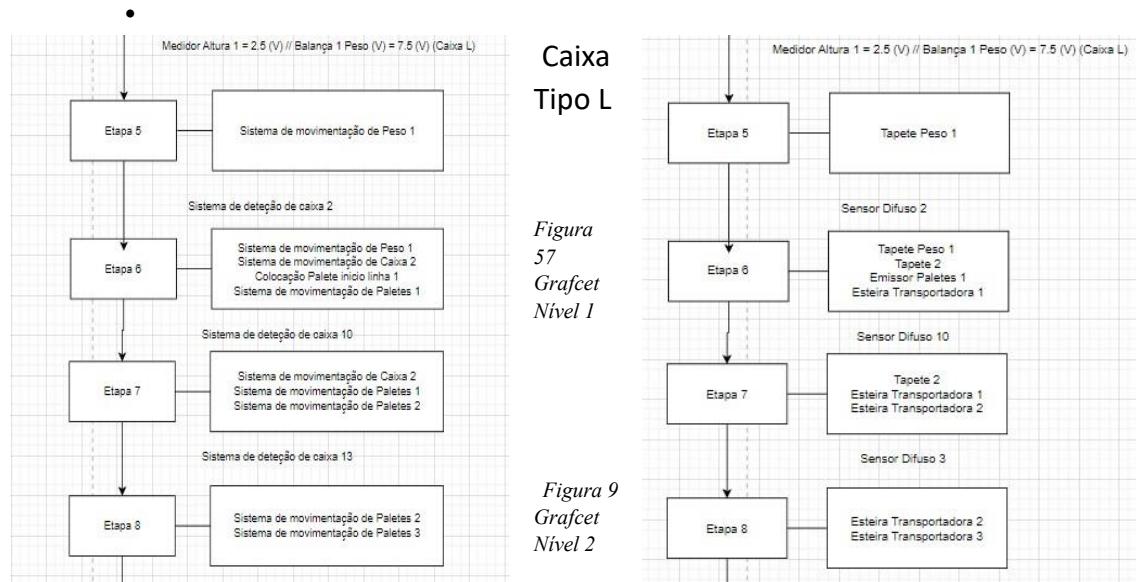


Figura 56 Grafcet Nível 2

Como Transição da Etapa 4 para E5 ou E60 temos aquilo que chamamos fase de comparação e decisão, como temos 3 tipos de caixas diferentes os valores lidos nas etapas anteriores E3 e E4, ou seja, valor que foi armazenado na variável auxiliar (corresponde a altura) e o valor de peso são agora comparados e mediante as características da caixa estas são movidas para linhas de seleção diferentes do processo.



Uma vez verificada as condições da caixa do tipo L, esta caixa é reencaminha para uma linha diferente do que haveriam de ser as caixas dos outros dois tipos, quando é feito o reencaminhamento é colocado na etapa 6 através de um dispensador, uma palete de forma que a caixa seja posteriormente colocada em cima da mesma.

A salientar que quando a caixa passa pelo sensor 2 há um contador associado que incrementa cada vez que este sensor é ativo, desta maneira temos a contagem de números de caixas do tipo L.

•

- Transição para as esteiras de transporte

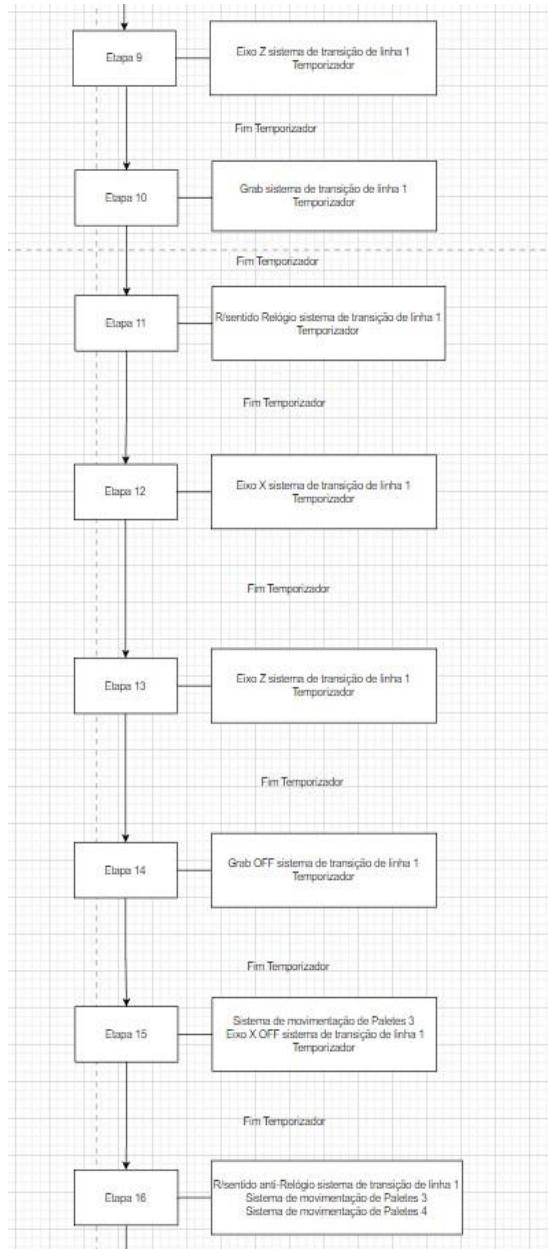


Figura 58 Grafset Nível 1

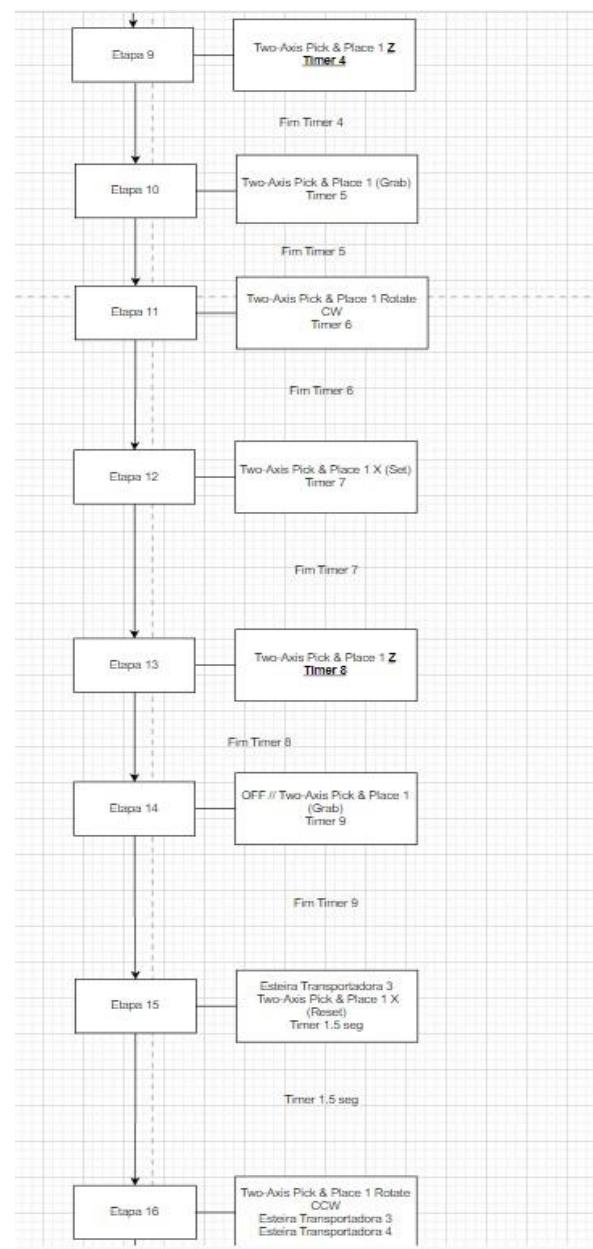


Figura 59 Grafset Nível 2

Na fase de transição para esteiras de transporte foi usado o sistema de Pick & Place, este sistema é responsável por colocar a caixa selecionada pelo sistema de decisão em cima de uma palete que posteriormente será organizado num conjunto de Racks, os sistemas Pick & Place foi implementado com o auxílio de timers, ou seja, para cada

- transição de movimento da Pick & Place existe um timer associado e é ao fim de cada timer há uma transição de movimento.

- Esteiras de Transporte

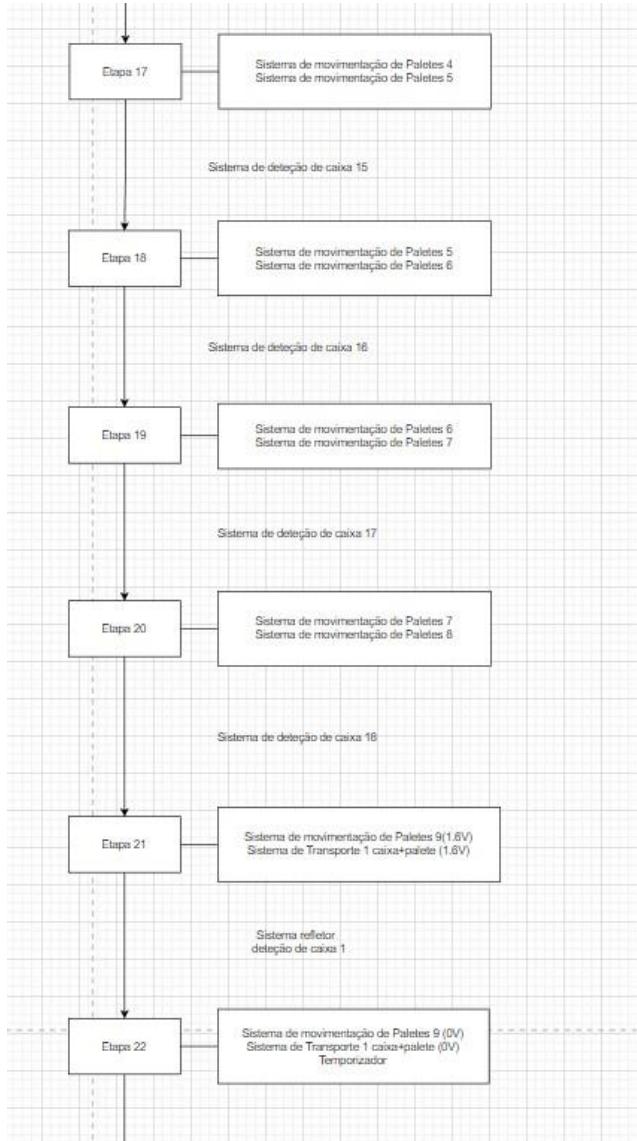


Figura 60 Grafset Nível 1

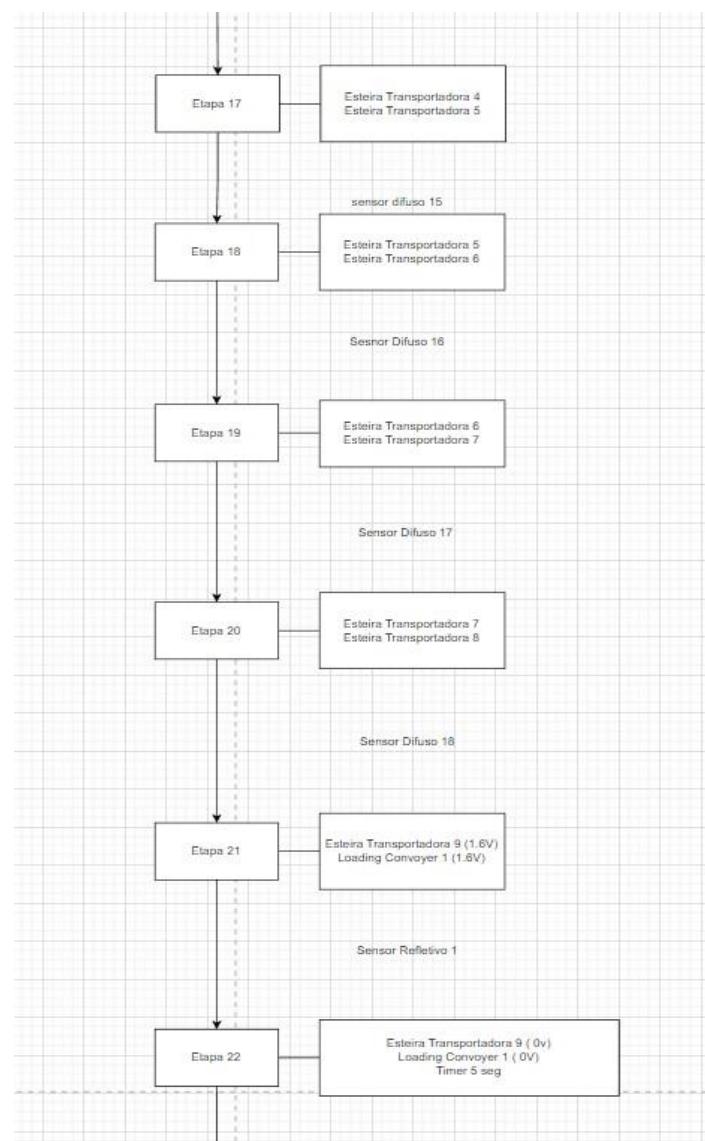


Figura 61 Grafset Nível 2

•

Esta é uma fase em que o conjunto (Caixa + Palete) são direcionadas até ao sistema de organização de caixas, o conjunto é transportado através de um conjunto sequencial de esteiras de transporte, são constituídas por um misto de esteiras de 2m, 4m e 6m, sendo que numa parte final quando é preparado o conjunto de (Caixa + Palete) para a inserção no sistema de organização, este é direcionado para uma esteira de transporte seguido de um sistema de convoyeur completamente analógicos, aplicando 1.6V para que de certa forma o conjunto tome a velocidade e a delicadeza necessário para entrar no sistema de organização da melhor maneira, Uma vez completado esta etapa é então aplicando 0V para os desligar a esteira transportador e o convoyeur, E22.

- Colocação ao Remoção do conjunto no Stacker Crane 1

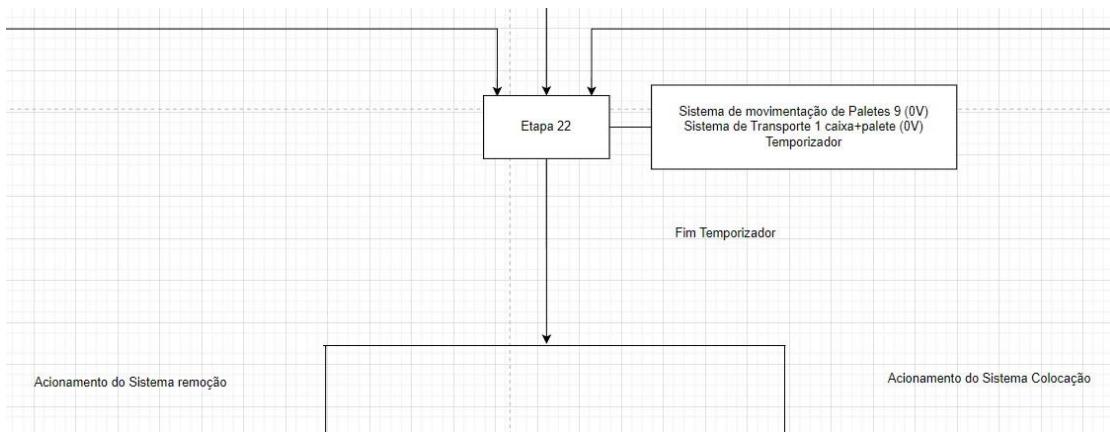


Figura 62 Grafset Nível 1

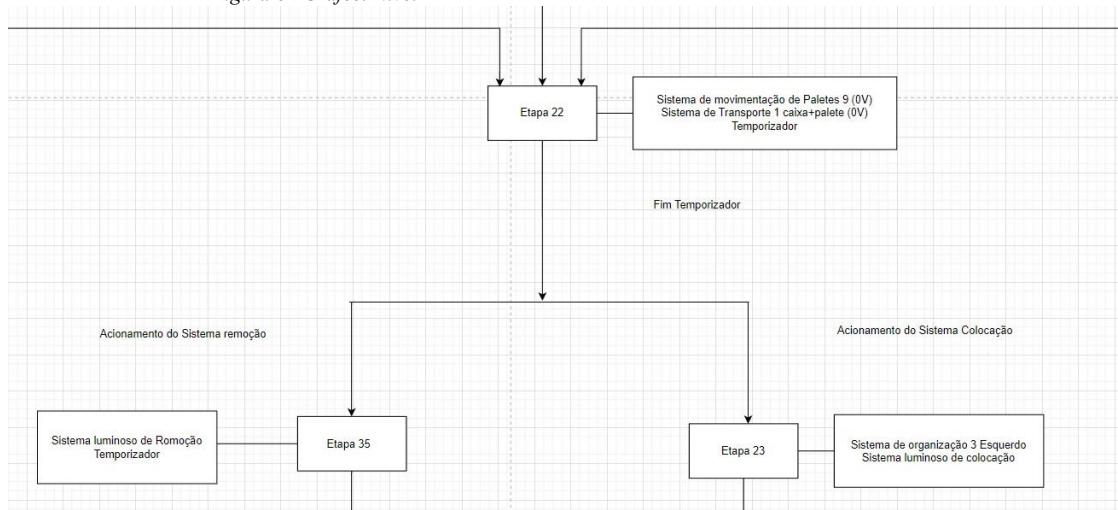


Figura 63 Grafset Nível 2

Quando o conjunto de caixa + paleta está pronto para ser organizado nas estantes de armazenamento, o operador tem a possibilidade de querer colocar este mesmo conjunto ou retirar um outro conjunto que já se encontre nas estantes de armazenamento num dos 54 espaços possíveis disponibilizados pelas mesmas, esta decisão leva a diferente comportamento do Stacker.

- Colação do conjunto nas estantes de armazenamento

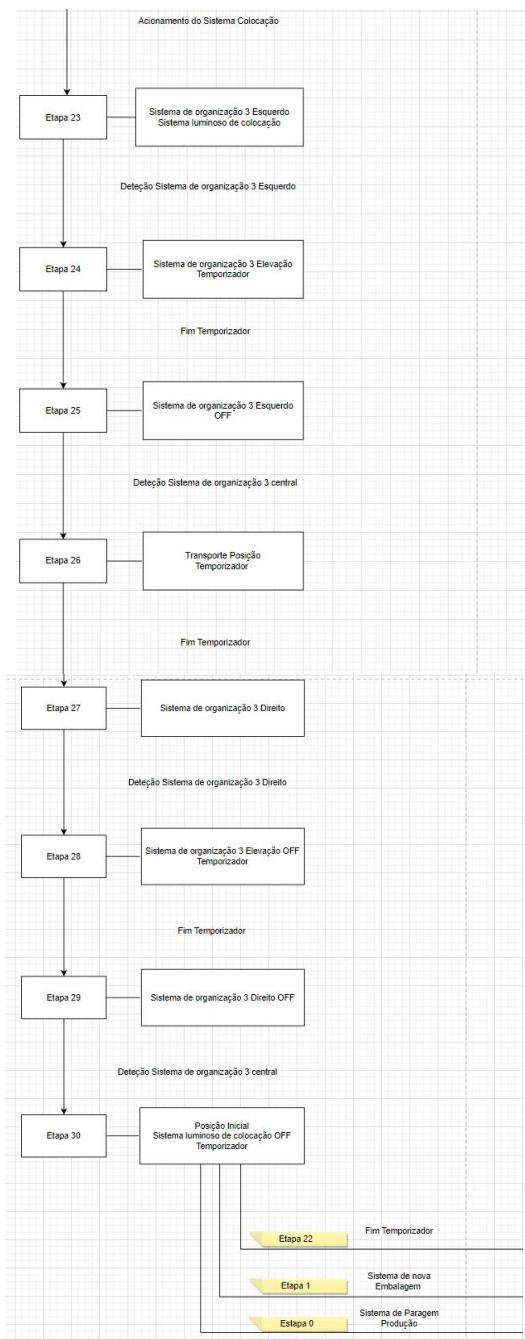


Figura 64 Grafset Nível 1

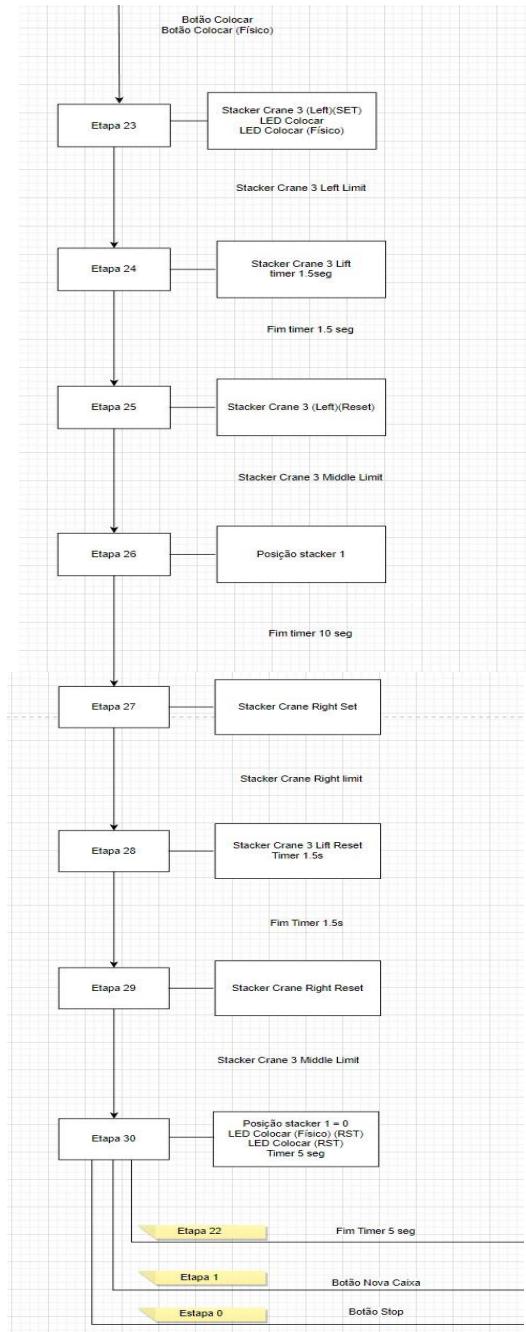


Figura 65 Grafset Nível 2

Quando pressionado um dos botões (Digital ou Físico) de colocação, o Stacker Crane faz todo o processo de colocação, sendo que a posição de onde este deve ser colocado o conjunto (Caixa + Paleta) nas estantes de armazenamento é transmitido através da HMI, o Stacker consegue percorrer todas as 54 posições disponíveis.

Uma vez colocado o conjunto, e terminado o processo o operador tem a oportunidade de colocar uma nova caixa na linha, remover um conjunto ou ainda de parar todo o processo, para o efeito tem os botões indicados, botão stop, botão nova caixa, caso queira remover ou colocar um novo conjunto basta esperar 5 segundos e carregar novamente num dos botões, “colocar” ou “remover” para selecionar a opção.

- Remoção do conjunto das estantes de armazenamento

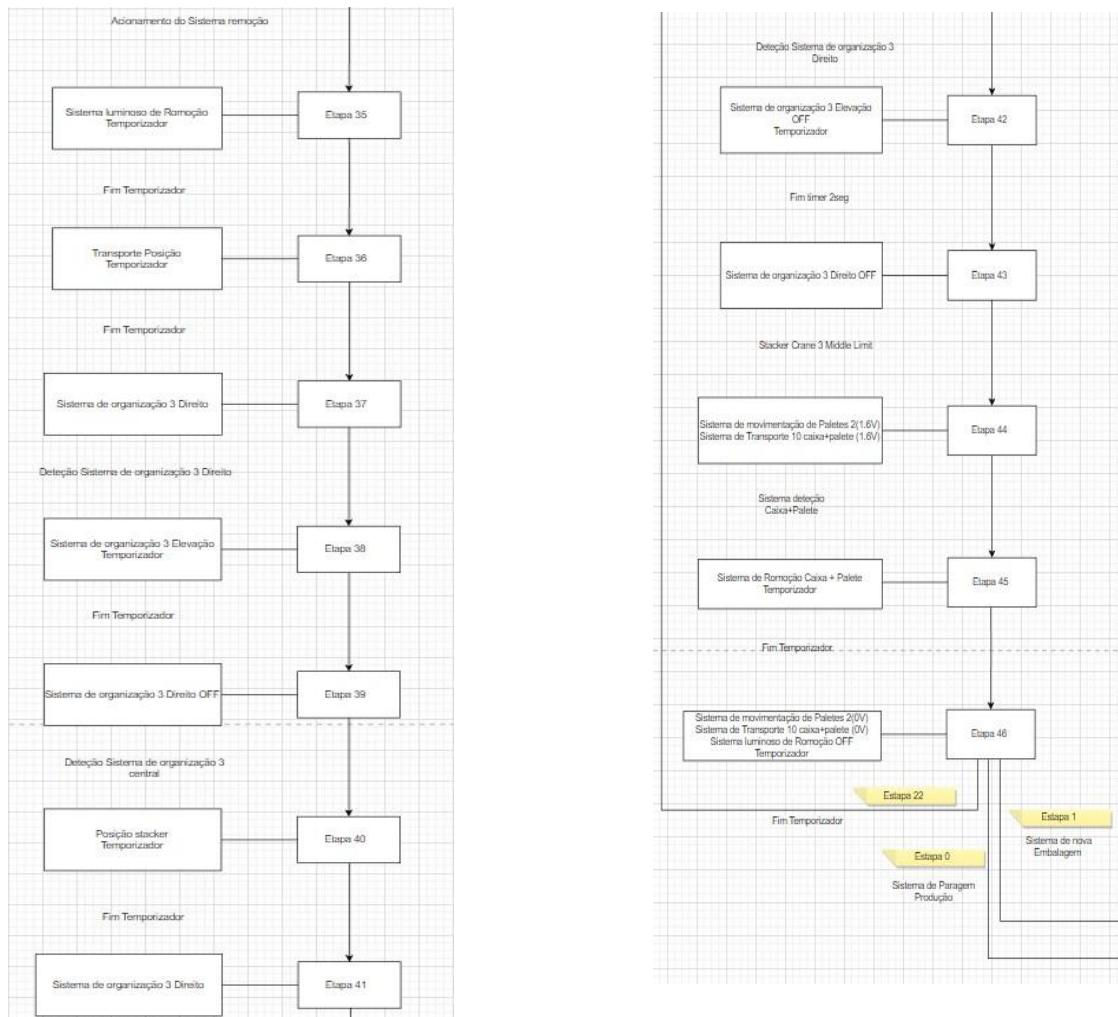


Figura 66 Grafset Nível 1

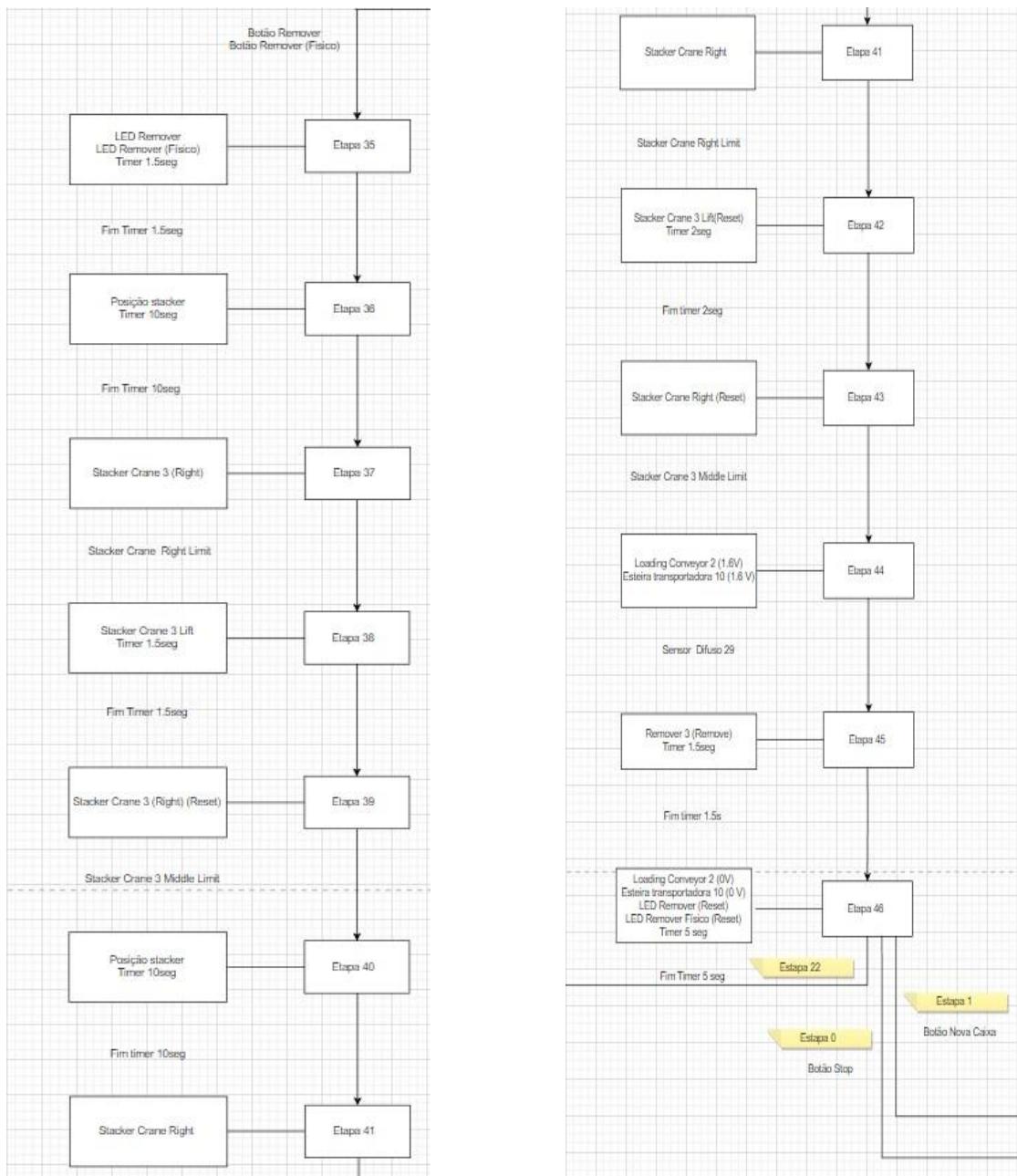


Figura 67 Grafset Nível 2

Na fase de remover um conjunto o processo é relativamente parecido com o processo de colocar, a diferença esta em que temos que inverter todos os movimentos do Stacker Crane uma vez que temos que o Stacker encerre os conjuntos (Caixa + Palete) pelo lado sul e remove-os pelo um lado Norte da Fábrica, desta maneira a logica é invertida, de maneira a que o Stacker viaje até a posição desejada o operador deve há semelhança do processo de colocação, introduzir na HMI a posição de onde se

encontra o conjunto a retirar, uma vez colocado a posição o Stacker coloca o conjunto novamente num sistema de convoyeur seguido de uma esteira de transporte completamente analógicos, aplicando 1.6V para que tome a velocidade e a delicadeza necessário para colocar o conjunto no remover.

Quando concluído este processo o operador tem 3 opções, a de colocar uma nova caixa no início da linha, de fazer uma paragem total ao processo, ou ainda de remover ou colocar um novo conjunto nas estantes de armazenamento. Estas 3 opções tanto podem atribuídas a nível físico ou digital (HMI).

As etapas 30 e etapa 46 (E30 e E46) dão por fim aquilo que chamamos o ciclo da caixa L, ou seja, é o fim de linha que uma caixa do tipo L pode tomar.

- Caixa tipo M & Caixa tipo S

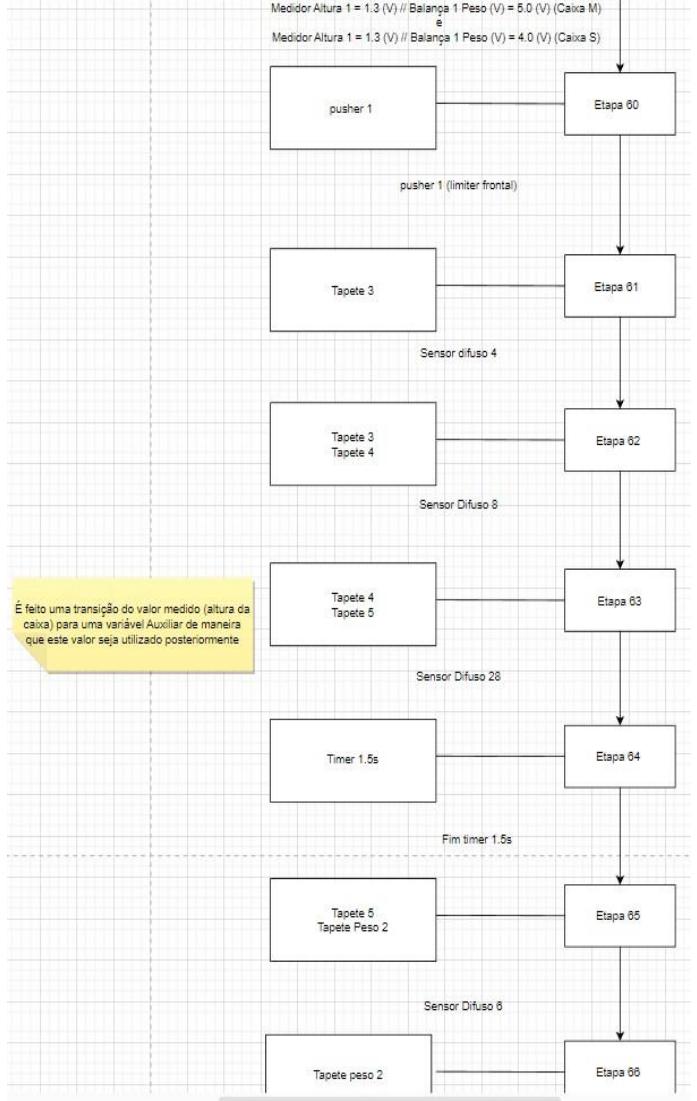
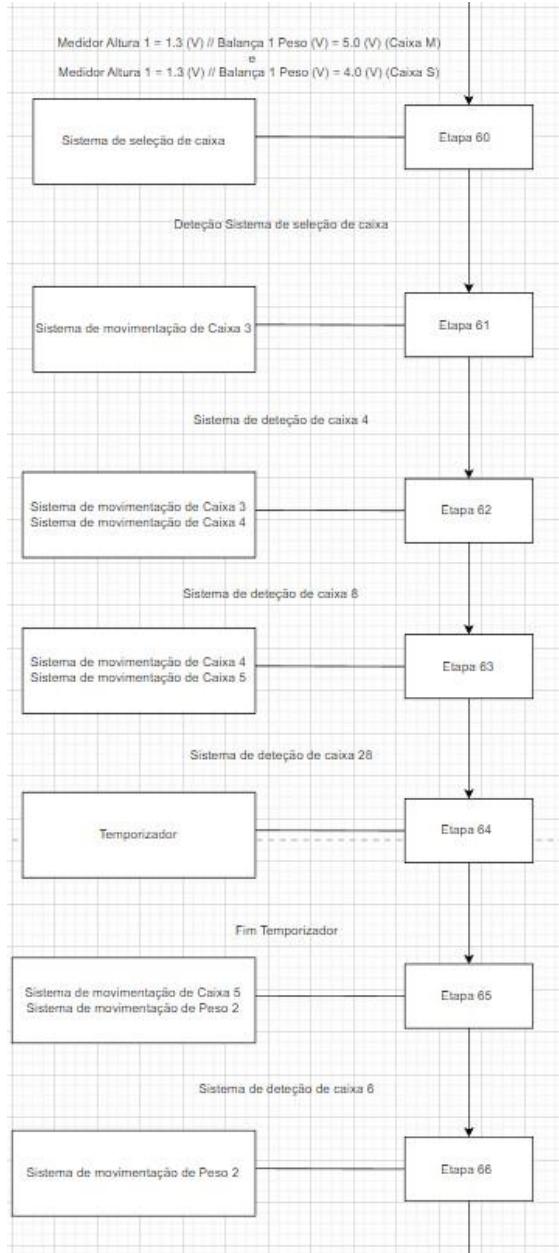


Figura 68 Grafcet Nível 1

Figura 69 Grafcet 70 Grafcet Nível 2

Uma vez verificada a condição de que se trata de uma caixa do tipo M ou tipo S, descartando a possibilidade de ser uma caixa de tipo L, as caixas são direcionadas através de tapetes até um novo sensor medidor de altura, a semelhança de o processo da caixa L este é um valor que deve ser conservado pois é usado na próxima tomada

de decisão, ou seja, é movido para uma variável auxiliar, é então que avança para um tapete de peso 2 onde é verificado o peso.

- Decisão Caixa M & Caixa S

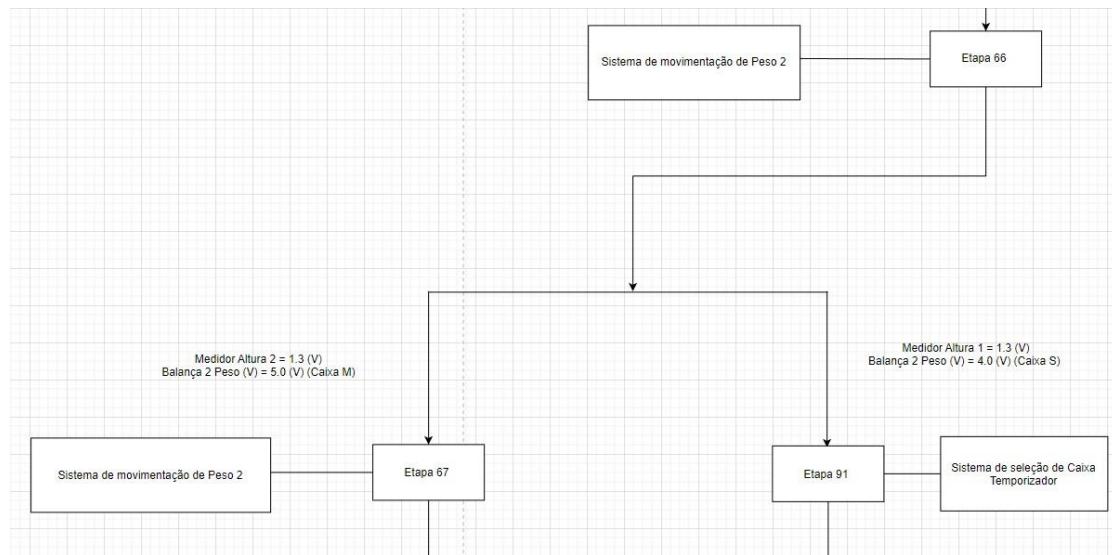


Figura 71 Grafcet Nível 1

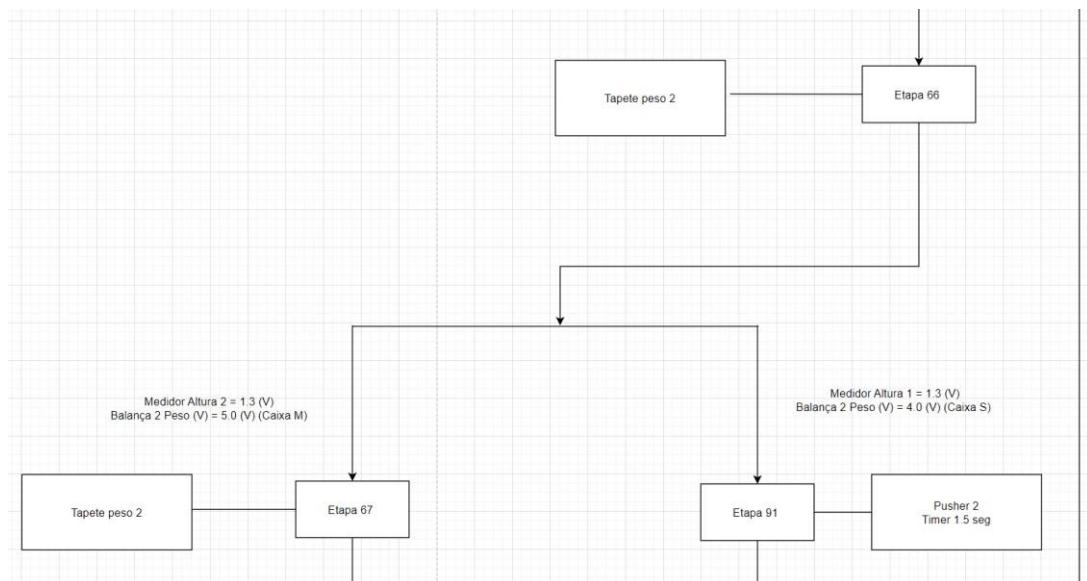


Figura 72 Grafcet Nível 2

Como transição da Etapa 66 para etapa 67 ou etapa 91 temos novamente uma comparação de peso e altura, altura esta, que aquando a tomada de decisão já se encontra salvaguardada numa variável auxiliar, neste momento a caixa L já foi descartada por uma decisão do sistema anteriormente ou seja resta apenas a caixa do

tipo M e caixa do tipo S, de reparar que a estas duas caixas tem exatamente a mesma altura, diferenciadas apenas pelo peso este fator é importantíssimo para a avaliação e tomada de decisão.

- Caixa tipo M

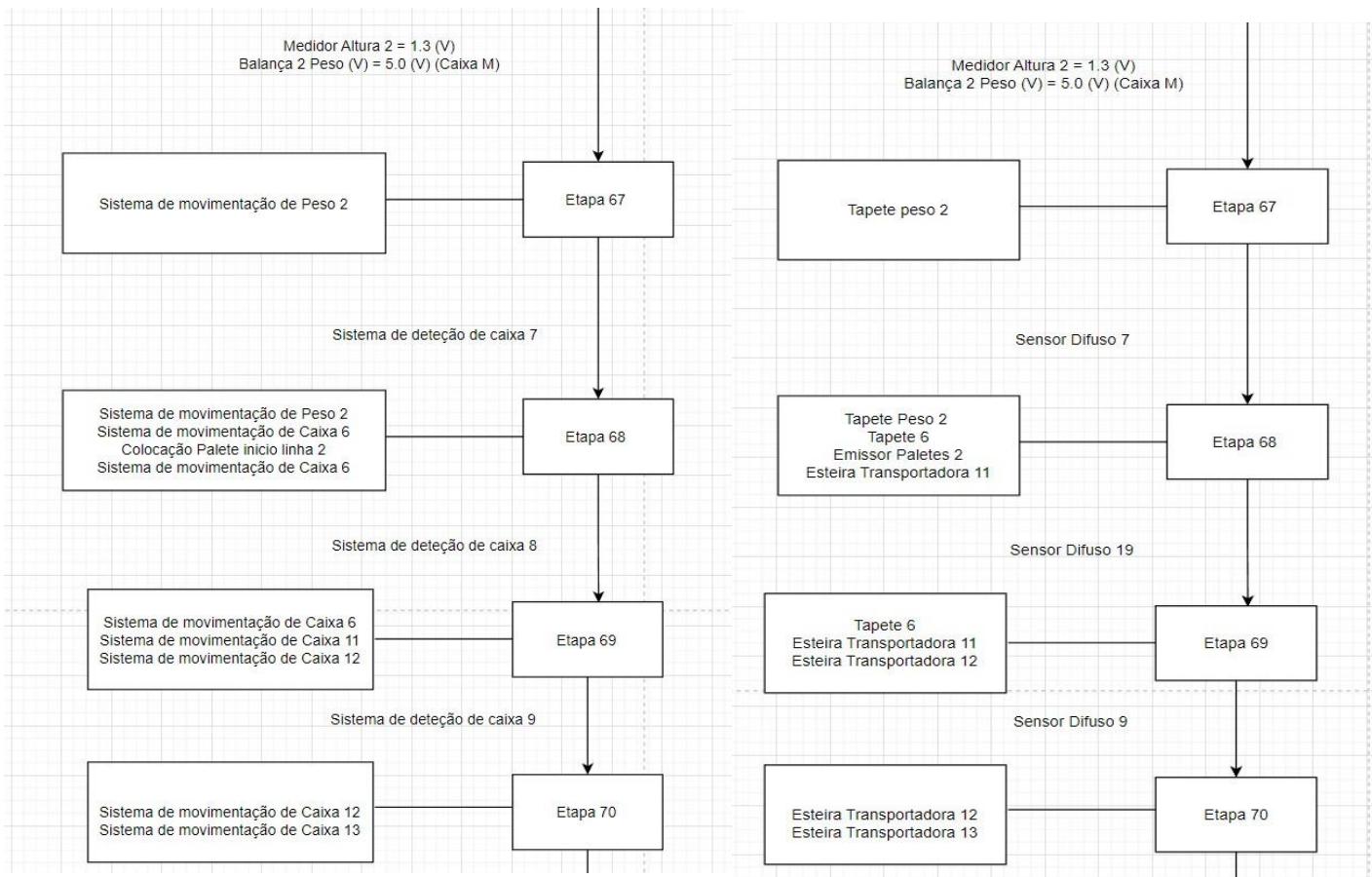


Figura 73 Grafcet Nível 1

Figura 74 Grafcet Nível 2

Uma vez verificada as condições da caixa do tipo M, esta caixa é reencaminhada para uma linha diferente do que haveriam de ser a caixas do tipo S, quando é feito o reencaminhamento é colocado na etapa 68 através de um dispensador, uma paleta de forma a que a caixa seja posteriormente colocada em cima da mesma, de salientar que quando a caixa passa pelo sensor 7 há um contador associado que incrementa cada

vez que este sensor é ativo, desta maneira temos a contagem de números de caixas do tipo M.

- Transição para as esteiras de transporte 2

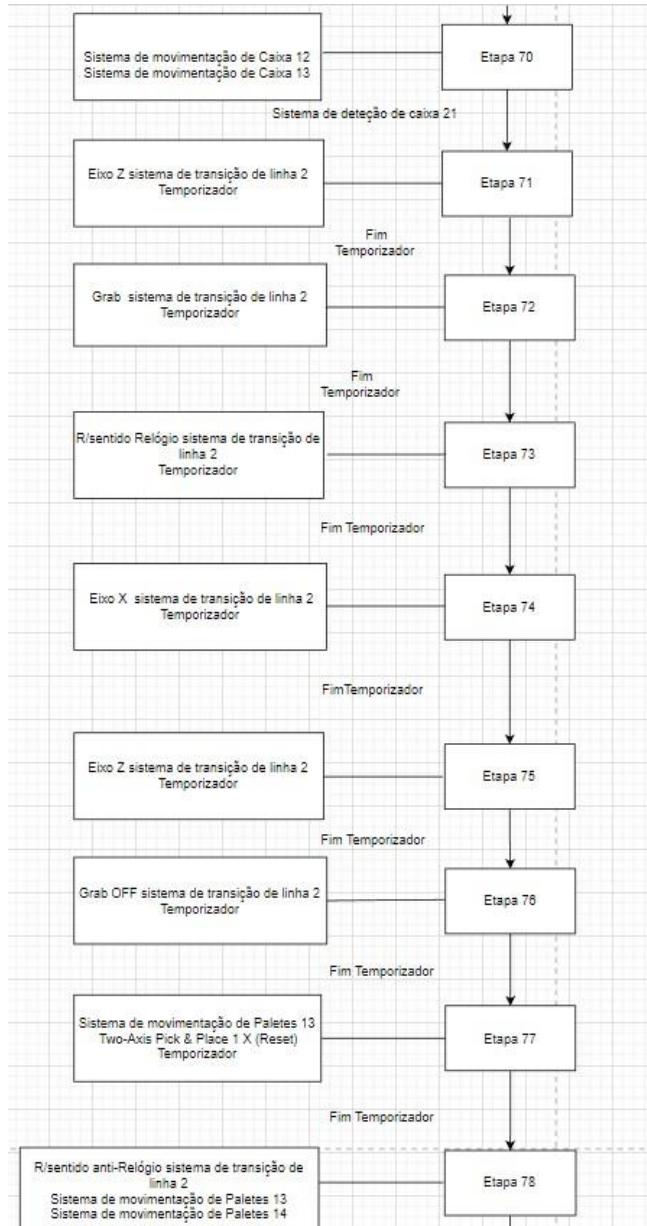


Figura 75 Grafcet Nível 1

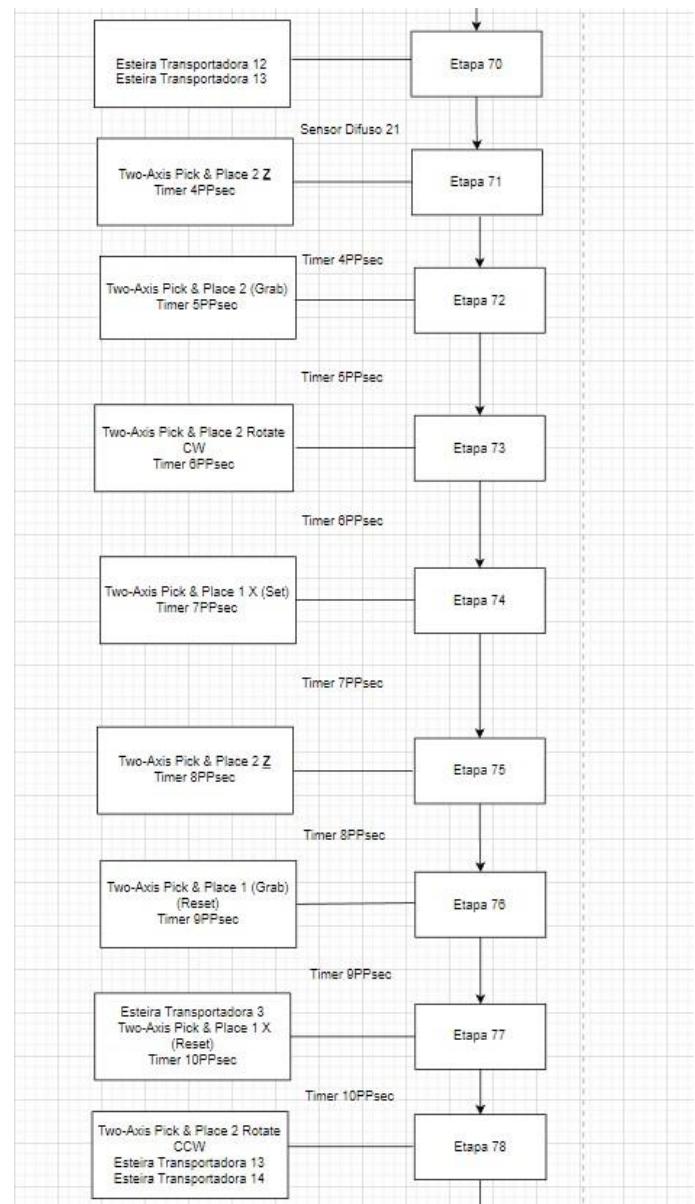


Figura 76 Grafcet Nível 2

Na fase de transição para esteiras de transporte linha 2 foi novamente usado o sistema de Pick & Place, este sistema é responsável por colocar a caixa selecionada (Caixa M) pelo sistema de decisão em cima de uma palete que posteriormente será organizado num conjunto de Racks, os sistemas Pick & Place foi implementado com o auxílio de timers, ou seja, para cada transição de movimento da Pick & Place existe um timer associado e é ao fim de cada timer há uma transição de movimento.

- Esteiras de Transporte linha 2

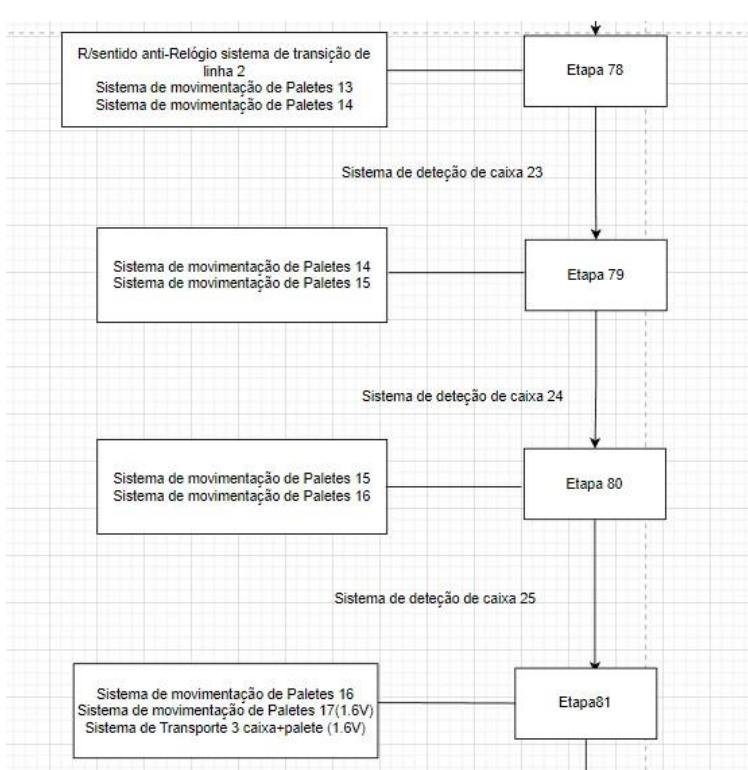


Figura 77 Grafset Nível 1

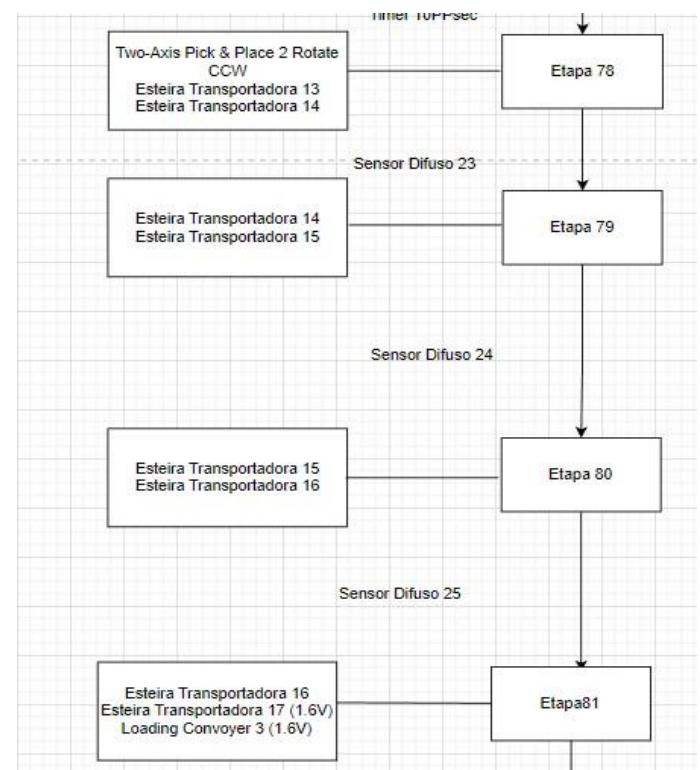


Figura 78 Grafset Nível 2

- Colação do conjunto nas estantes de armazenamento

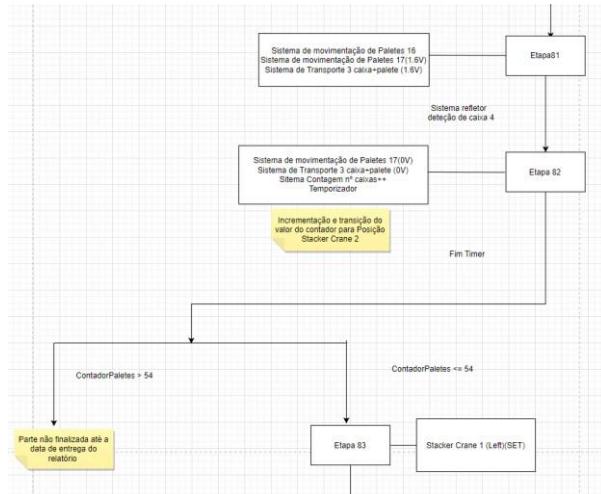


Figura 79 Grafcet Nível 1

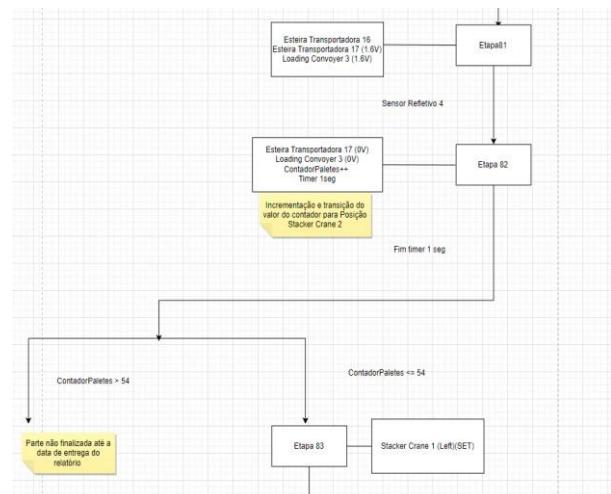


Figura 80 Grafcet Nível 2

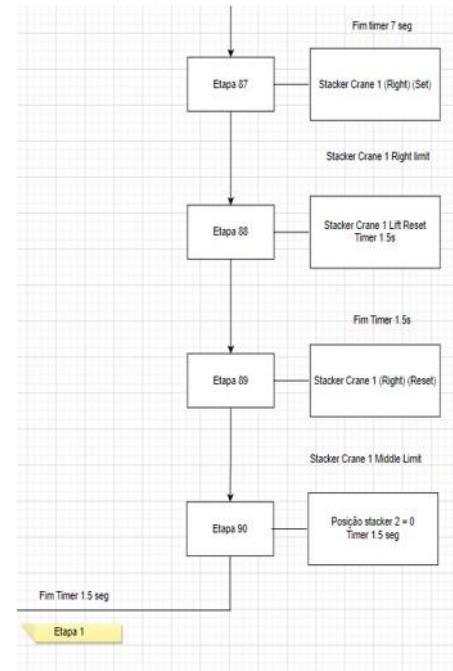
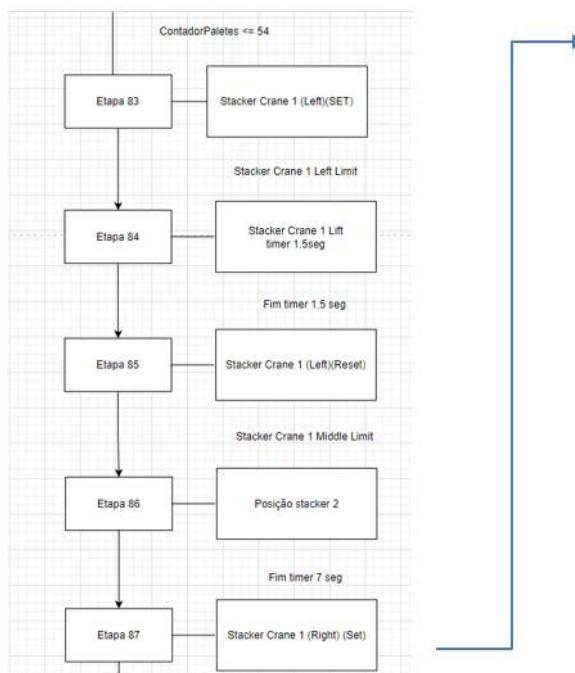


Figura 81 Grafcet Nível 2

A abordagem ao Stacker Crane 2 foi diferente do Stacker Crane 1, no Stacker 2 optouse por fazer uma implementação automática, ou seja a medida que o conjunto passava no sensor refletivo 4 era ativo um incremento do contador de paletes, este incremento de valor de paletes é transferido para a posição de do Stacker Crane 2, e com isto temos exatamente a posição de onde o Stacker deve colocar o conjunto nas estantes de armazenamento.

Por exemplo o contador numa fase inicial tem o valor 0, quando um conjunto passa na frente do sensor refletivo, o feixe de luz é interrompido e o trigger do sensor é ativo, este trigger faz com que o contador seja incrementado apenas uma vez, ou seja o conjunto passa o contador toma o valor de 1, posteriormente este valor 1 é colocado na variável da posição do Stacker, quando o conjunto esta pronto a ser armazenado este é levado para a posição, valor da variável do contador.

Quando o Stacker volta ao valor Default é posto uma nova caixa no início da linha, de reparar que o valor do contador sempre que uma caixa é colocada no início da linha não é reiniciado e quando chegar uma caixa ao refletor 4 este incrementa mais um ao valor anterior. Desta maneira temos o fim de linha daquilo que é o processo da caixa M.

- Caixa tipo S

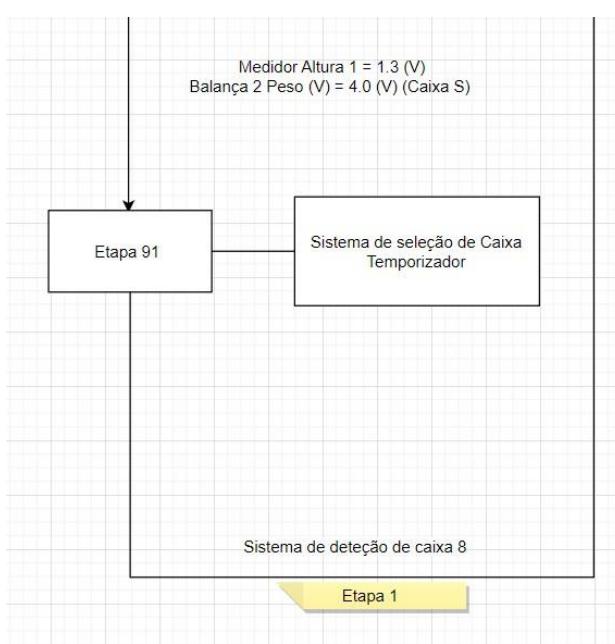


Figura 82 Grafset Nível 1

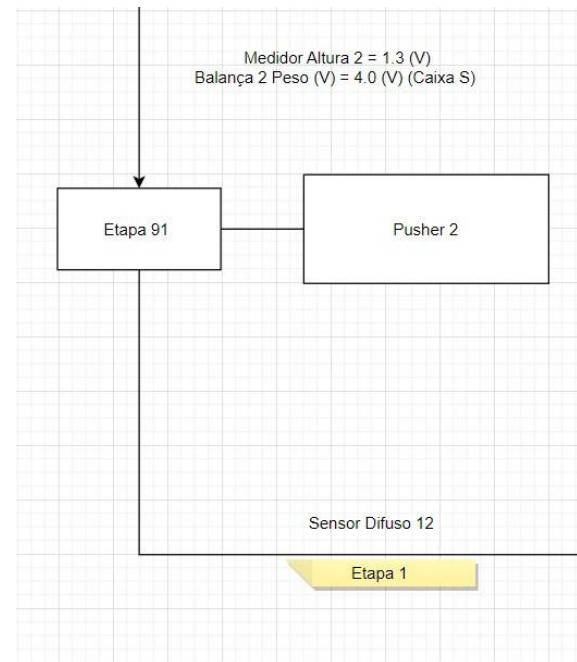
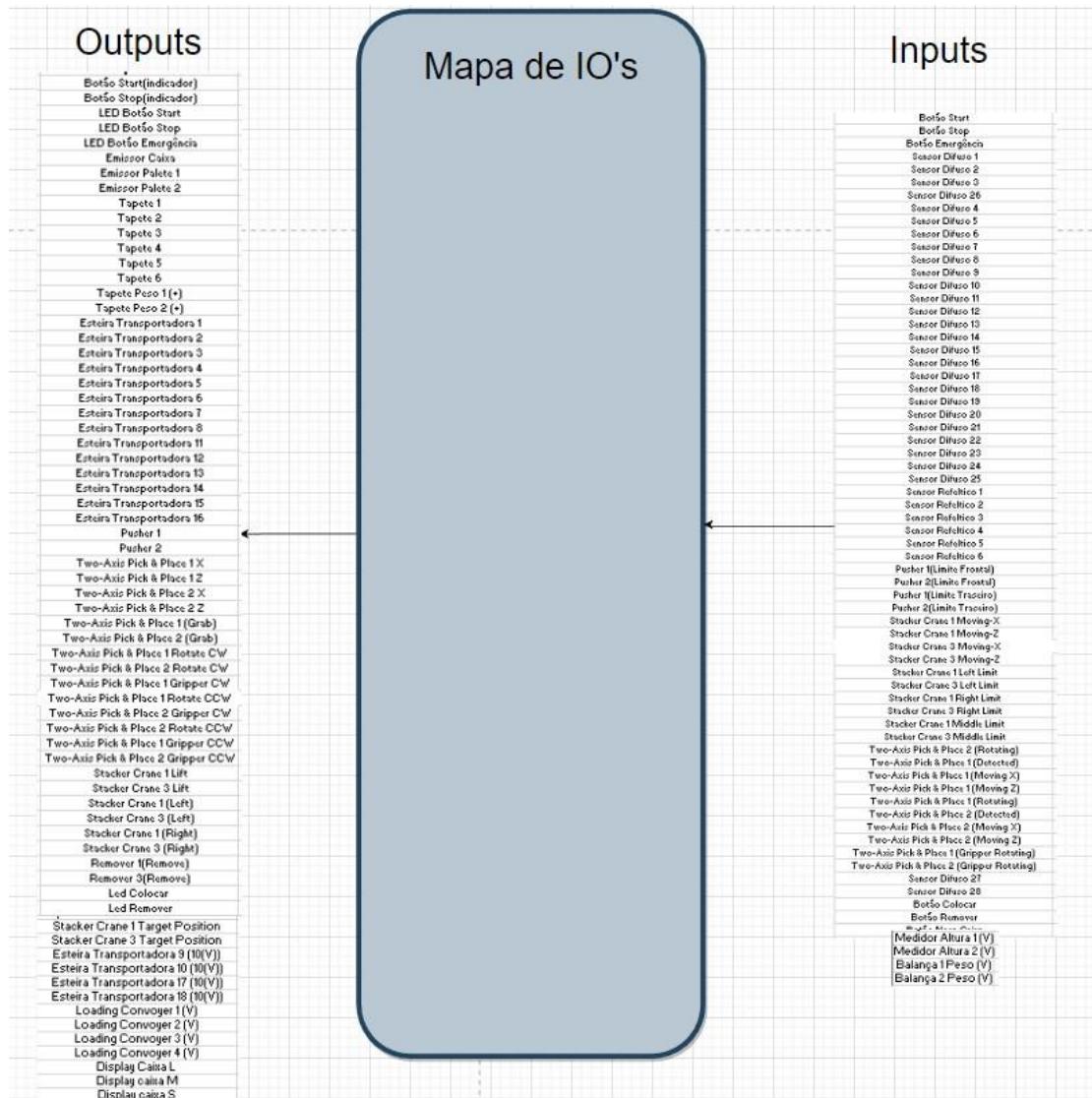


Figura 83 Grafset Nível 2

As caixas do tipo S são automaticamente descartadas da linha, sempre que há uma interpretação do sistema de que se trata de uma caixa do tipo S, o sistema coloca a caixa fora do processo com o auxílio de um “pusher”, uma vez a caixa passando no sensor de caixa 12 este incrementa um contador, contando assim o número de caixas do tipo s, e coloca uma nova caixa no início de linha. Desta maneira é dado por terminado o fim de linha da caixa S.

4.5 Mapa de IO's



4.6 Equações de Transição

4.6.1 Equações de Transição

E0 = (E46+E30).Botão Stop

E1 = (E0.(Botão Start+Botão Start Físico)
((E46+E30+E90).(Botão Nova Caixa))

E2 = (E1.Sensor Difuso 27)

E3 = (E2.Fim timer 1.5seg)

E4 = (E3.Sensor Difuso 1)

E5 = (E4.Fim timer 1.5seg.Caixa L)

E6 = (E5. Sensor Difuso 2)

E7 = (E6. Sensor Difuso 10)

E8 = (E7. Sensor Difuso 3)

E9 = (E7. Sensor Difuso 12)

E10 = (E9. Fim timer 4)

E11 = (E10. Fim timer 5)

E12 = (E11. Fim timer 6)

E13 = (E12. Fim timer 7)

E14 = (E13. Fim timer 8)

E15 = (E14. Fim timer 9)

E16 = (E15. Fim timer 1.5 seg)

E17 = (E16. Sensor Difuso 14)

E18 = (E17. Sensor Difuso 15)

E19 = (E18. Sensor Difuso 16)

E20 = (E19. Sensor Difuso 17)

E21 = (E20. Sensor Difuso 18)

E22 = (E21. Sensor Refletivo 1) + ((E30+E46)). Fim
Timer 5 seg)

E23 = (E22. (Botão colocar+ Botão Colocar Físico))

E24 = (E24.Stacker Crane 3 Left Limit)

E25 = (E24.fim timer 1.5seg)

E26 = (E25.stack crane 3 Middle Limit)

E27 = (26. Fim timer 10 seg)

E28 = (27. Stacker Crane Right Limit)

E29 = (28. Fim timer 1.5seg)

E30 = (29. Stacker Crane Right limit)

E35 =(E22.(Botão Remover Botão + Remover Físico)

E36 =(E35.Fim timer 1.5seg)

E37 =(E36.Fim timer 10 seg)

E38 =(E37.stack crane 3 Right Limit)

E39 =(E38.Fim timer 1.5seg)

E40 =(E39.Fim timer 1.5seg)

E41 =(E40.Stacker Crane right limit)

E342 =(E41.Fim timer 2 seg)

E43 =(E42.Stacker Crane Middle Limit)

E44 =(E43.Sensor Difuso 29)

E20 = (E19. Sensor Difuso 17)

E21 = (E20. Sensor Difuso 18)

E22 = (E21. Sensor Refletivo 1) + ((E30+E46)). Fim
Timer 5 seg)

E23 = (E22. (Botão colocar+ Botão Colocar Físico))

E24 = (E24.Stacker Crane 3 Left Limit)

E25 = (E24.fim timer 1.5seg)

E26 = (E25.stacker Crane 3 Middle Limit)

E27 = (26. Fim timer 10 seg)

E28 = (27. Stacker Crane Right Limit)

E29 = (28. Fim timer 1.5seg)

E30 = (29. Stacker Crane Right limit)

E35 =(E22.(Botão Remover Botão + Remover Físico)

E36 =(E35.Fim timer 1.5seg)

E37 =(E36.Fim timer 10 seg)

E38 =(E37.stacker Crane Right Limit)

E39 =(E38.Fim timer 1.5seg)

E40 =(E39.Fim timer 1.5seg)

E41 =(E40.Stacker Crane right limit)

E42 =(E41.Fim timer 2 seg)

E43 =(E42.Staacker Crane Middle Limit)

E44 =(E43.Sensor Difuso 29)

E45 =(E43.Sensor Difuso 30)

E46 =(E43.Fim timer 1.5seg)

E60 = (E4.Fim timer 1.5seg . Caixa M . Caixa S)

E61 = (E60. Pusher(front limiter))

E62 = (E61. Sensor difuso 4)

E63 = (E62. Sensor difuso 8)

E64 = (E63. Sensor difuso 28)

E65 = (E64. Fim timer 1.5seg)

E66 = (E65. Sensor Difuso 66)

E67 = (E66. Sensor Difuso 7)

E68 = (E67. Sensor Difuso 19)

E69 = (E68. Sensor Difuso 9)

E70 = (E69. Sensor Difuso 9)

E71 = (E70. Sensor Difuso 21)

E72 = (E70. Timer 4PPsec)

E73 = (E72. Timer 5PPsec)

E74 = (E73. Timer 6PPsec)

E75 = (E74. Timer 7PPsec)

E76 = (E75. Timer 8PPsec)

E77 = (E76. Timer 9PPsec)

E78 = (E77. Timer 10PPsec)

E79 = (E78. Sensor difuso 23)

E80 = (E79. Sensor difuso 24)

E81 = (E80. Sensor difuso 25)

E82 = (E81. Sensor refletivo 4)

E83 = (E82.Fim timer 1 seg. ContadorPaletes <= 54)

4.6.2 Equações de saída

Led botão Stop = E0

Led Botão Stop Físico = E0

(Count_Caixa_L = 0) = E0

(Count_Caixa_M = 0) = E0

(Count_Caixa_S = 0) = E0

(Contador_Stacker 2 = 0) = E0

Led Botão Start = E1

Led Botão Start Físico = E1

Emissor Caixa = E1+E3

Tape 1 = E1

Timer 1.5 seg = E2

Tapete Peso 1 = E3+E5+E6

Timer 1.5 seg = E4

Tapete 2 = E6+E7

Emissor Paletes 1 = E6

Esteira Transportadora 1 = E6+E7

Esteira Transportadora 2 = E7 + E8

Esteira Transportadora 3 = E8

Two-Axis Pick & Place 1 Z = E9 + E13 + E15 + E16

Timer 4 = E4

Two-Axis Pick & Place 1 (Grab) = E10

Timer 5 = E10

Two-Axis Pick & Place 1 Rotate CW = E11

Timer 6 = E11

Two-Axis Pick & Place 1 X (Set) = E12

Timer 7 = E12

Timer 8 = E13

Two-Axis & Place 1 (Grab)(RST) = E14

Timer 9 = E14

Two-Axis Pick & Place 1 X (RST) = E15

Timer 1.5 seg = E15

Two-Axis Pick & Place 1 Rotate CWW = E16

Esteira Transportadora 4 = E16 + E17

Esteira Transportadora 5 = E18 + E19

Esteira Transportadora 6 = E18 + E19

Esteira Transportadora 7 = E19 + E20

Esteira Transportadora 8 = E20

Esteira Transportadora 9 (1.6V) = E21

Loading Convoyer (1.6V) = E21

Esteira Transportadora 9 (0V) = E22

Loading Convoyer 1 (0V)

Stacker Crane 3 = E23

LED colocar = E23

LED colocar (Fisico) = 23

Stacker Crane 3 lift = E24	LED Remover (Reset) = E46
Stacker Crane 3 (left)(Reset) = E25	LED Remover Físico (Reset) = E46
Posição stacker 3 = E26+E30+E36+E40	Timer 5 Seg = E46
Stacker Crane Right Set = E27	Pusher 1 = E60
Stacker Crane 3 Lift Reset = E28	Tapete 3 = E61 + E62
Timer 1.5 seg = E28	Tapete 4 = E62 + E63
Stacker Crane Right Reset = E29	Tapete 5 = E63 + 65
LED Colocar (Físico) (Reset) = E30	Timer 1.5s = E64
Led Colocar (Reset) = E30	Tapete peso 2 = E66 + E67 + E68
Timer 5 seg = E30	Tapete 6 = E68
Led Remover = E35	Emissor Paletes 2 = E68
Led Remover Físico = E35	Esteira Transportadora = E11
Stacker Crane 3 (Right) = E37	Tapete 6 = E69
Stacker Crane lift = E38	Esteira Transporta 12 = E70
Stacker Crane 3 (Right) (Reset) = E39	Esteira Transportadora 13 = E70 + E78 + E79
Stacker Crane 3 lift (Reset) = 42	Two-Axis Pick and Place 2 Z = 71+ 75
Stacker Crane Right (Reset) = 43	Two-Axis Pick & Place 2 Grab = E72
Loading Convoyer 2 (1.6V) = E44	Two- Axis Pick & Place 2 Rotate CW = E73
Esteira Transportadora (1.6V) = E44	Two-Axis Pick & Place 1 X (Set) = E74
Remover 3 = E45	Two-Axis Pick & Place 2 (Grab) (Reset) = E76
Timer 1.5 seg = E45	Two_Axis Pick & Place X (Reset) = E77
Loading Convoyer 2 (0V) = E46	Esteira Transportadora 14 = E78 + 79
Esteira Transportadora (0V) = E46	Esteira Transportadora 15 = E79 + E80

Esteira Transportadora 16 = E80 + E81

Esteira Transportadora 17 = E81

Loading Convoyer 3 (1.6V) = E81

Esteira Transportadora 16 (0V) = E82

Loading Convoyer 3 (0V) = E82

ContadoraPaletes = E82

Stacker Crane 1 (Left)(Set) = E83

Stacker Crane 1 Lift = E84

Stacker Crane 1 (Left) (Reset) = E85

Posição Stacker 2 = E86

Stacker Crane 1 (Right) (Set) = E87

Stacker Crane 1 Lift Reset = E88

Stacker Crane 1 Right Reset = E89

(Stacker 2 = 0) = E90

Pusher 2 = E91

4.7 HMI

HMI é a sigla para Human-Machine Interface (Interface Homem-Máquina, em português). Trata-se de um sistema que permite a interação entre seres humanos e máquinas. A HMI é geralmente implementada por meio de dispositivos de entrada e saída, como telas sensíveis ao toque, teclados, mouses, botões e indicadores visuais.

A principal função de uma HMI é facilitar a comunicação e o controle entre o operador humano e uma máquina ou sistema automatizado. Esta fornece uma interface gráfica e intuitiva que permite aos usuários monitorar e controlar as operações da máquina de forma eficiente.

As HMIs são comumente utilizadas em variedades de aplicações industriais, como em sistemas de automação industrial, painéis de controlo de equipamentos, máquinas de produção, sistemas de energia, sistemas de transporte, entre outros. Também são encontradas em dispositivos eletrônicos de consumo, como smartphones, tablets, eletrodomésticos inteligentes e veículos automotivos.

Uma HMI bem projetada deve ser intuitiva, fácil de usar e fornecer as informações necessárias de forma clara e compreensível. Exibir dados em tempo real, como gráficos, tabelas, indicadores de status, mensagens de erro e alertas, além de permitir ao usuário interagir com a máquina por meio de comandos e configurações.

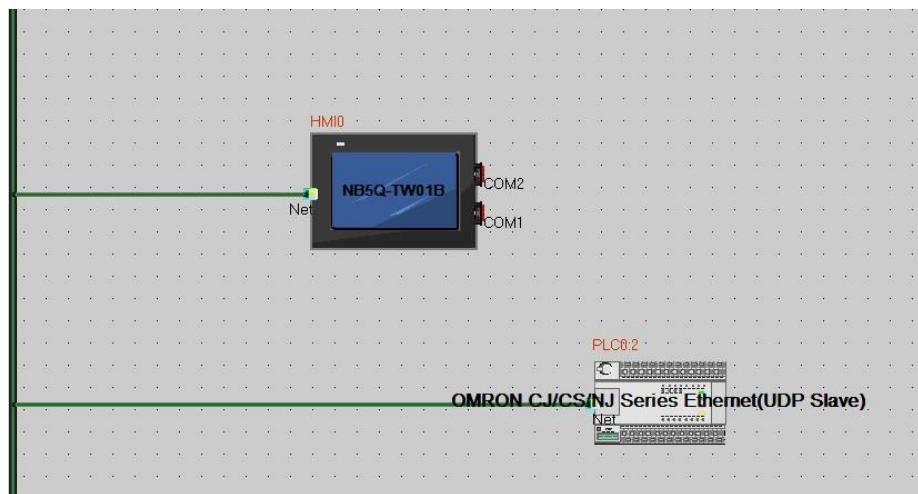


Figura 85 configuração HDMI

Para iniciar esta aplicação, adicionámos o nosso HMI e o PLC. Para garantir a comunicação entre eles, é necessário atribuir IPs diferentes a cada um, mantendo a máscara de rede do tipo C, ou seja, 255.255.255.0, que é amplamente utilizada.

Atributo de HMI

Definição de Níveis de Segurança	Definição de Permissões do Utilizador	Armazenamento de Eventos do Histórico
Definição de Impressão	Definição COM1	Definição COM2
HMI	Barra de Tarefas	Memória Estendida
Atributos Expandidos HMI		Texto de Informações de Sistema da HMI

Definição de Rede

IP:

Máscara de Subrede:

Definição do Dispositivo de Rede

Gateway Predefinida:

Definição de Apresentação

Modo de apresentação: Horizontal

Vertical

Definição de Field Bus

Atributo de PLC

PLC	Definição do Dispositivo de Rede	
ID de Nó: <input type="text" value="2"/>		
Definição de Portas de Rede		
IP: <input type="text" value="192 . 168 . 250 . 1"/>	Tipo de Comunicação de PLC: <input type="text" value="UDP"/>	
Porta: <input type="text" value="9600"/>	Timeout de Comunicação do PLC:	<input type="text" value="1"/>

Figura 86 – Configuração do IP da HDMI

Após estas alterações, começamos a colocar frames no HMI.

Na HMI, os frames são essencialmente janelas que permitem ao utilizador interagir e visualizar informações específicas relevantes para a aplicação no Factory IO com o Sysmac. Estas janelas adaptam-se conforme as necessidades do utilizador, facilitando a observação e identificação de dados importantes.

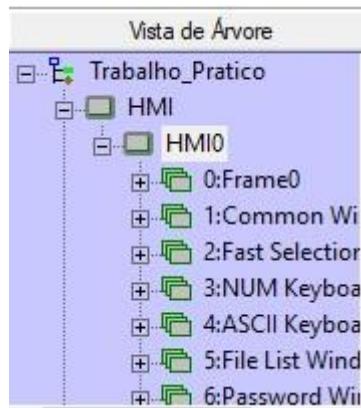


Figura 87 – Frames HDMI

Composto por 12 frames ou janelas, neste projeto foram usadas essencialmente 6, sendo eles, o frame 0, o frame 1 que será a nossa janela comum, o frame 2, fast selection, o frame 10, central de controlo, frame 11, introduzir valores, e o frame 12, contador de caixas.

- **Frame 0**

Neste frame, encontramos a página inicial, que exibe informações como o nome e número de elemento, hora e data, números dos alunos, uma imagem e um botão de menu. Este botão de menu está configurado para alternar entre os frames, passando do frame 0 para o frame 2.

- **Frame 1**

No frame 1 está a janela comum, esta é comum a todos os outros frames, sendo igual ao frame 0, uma vez que nesta frame é ocultado praticamente dados que estão na frame 0.



Figura 89 Frame 0

- **Frame 2**

Na frame 2 de fast selectiction, ou seja, o menu esta janela abre sempre que o botão de menu é pressionado e aqui podemos escolher para qual dos outros frames pretendemos ir.

Contém 3 botões, o botão de o Central de controlo, o botão para introduzir valores e o botão de Quantidade de caixas.

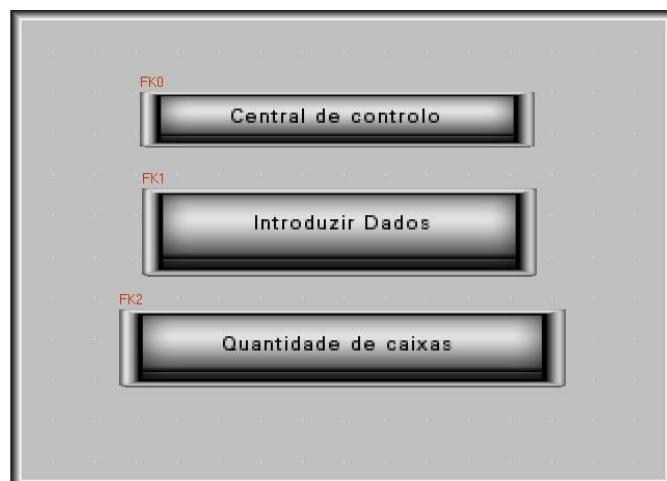


Figura 90 Frame 2

- **Frame 4**

o Frame Central de Controlo, acedemos a este frame após seleccionarmos o botão correspondente no menu.

Dentro deste frame, encontramos três botões e três LEDs:

- Um botão Start para iniciar o projeto.
- Um botão Stop para parar o projeto.
- Um botão de Emergência para interromper o projeto em caso de emergência.

Os LEDs estão associados aos botões e indicam o estado atual de cada um deles.



Figura 91 Frame 4

- Frame 5

Nesta janela, controlamos o stacker e o crane. Dispomos de dois campos de entrada numérica (number inputs) para definir a posição onde as caixas serão armazenadas, e dois LEDs que indicam se a caixa está pronta para ser guardada.

Além disso, encontramos dois botões adicionais para operar o stacker crane:

- Um botão para colocar a caixa no stacker crane.
- Um botão para retirar a caixa do stacker crane.

Há ainda um botão que envia uma nova caixa assim que o armazenamento da anterior for concluído.

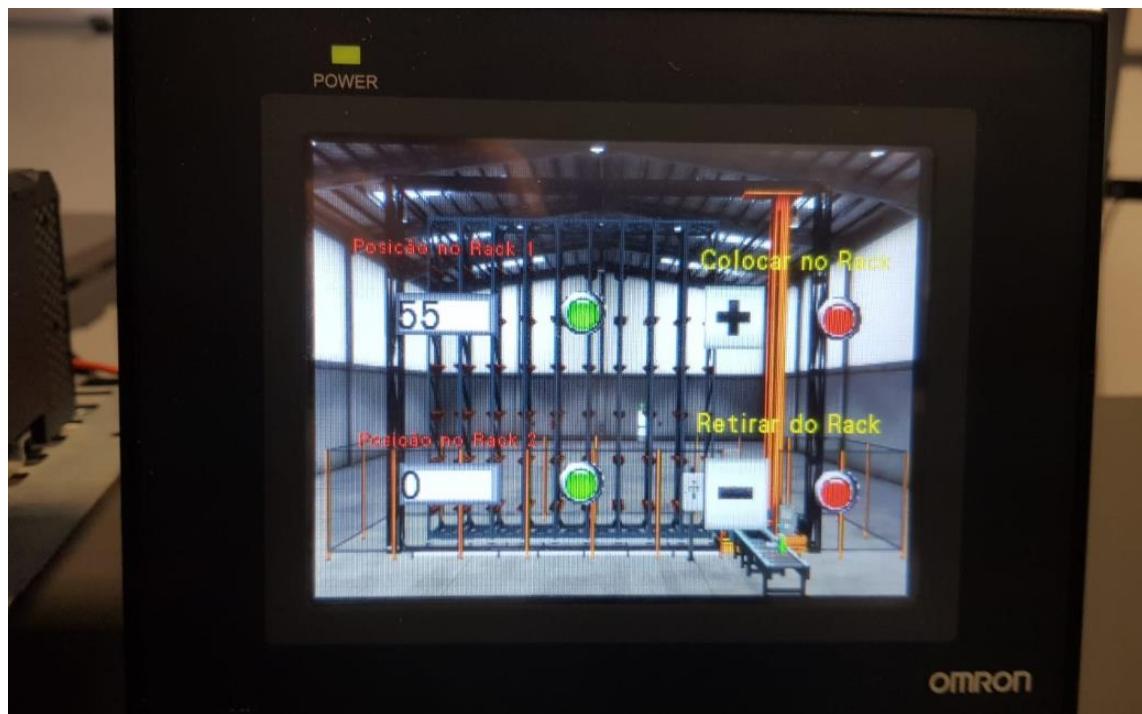


Figura 91 Frame 5

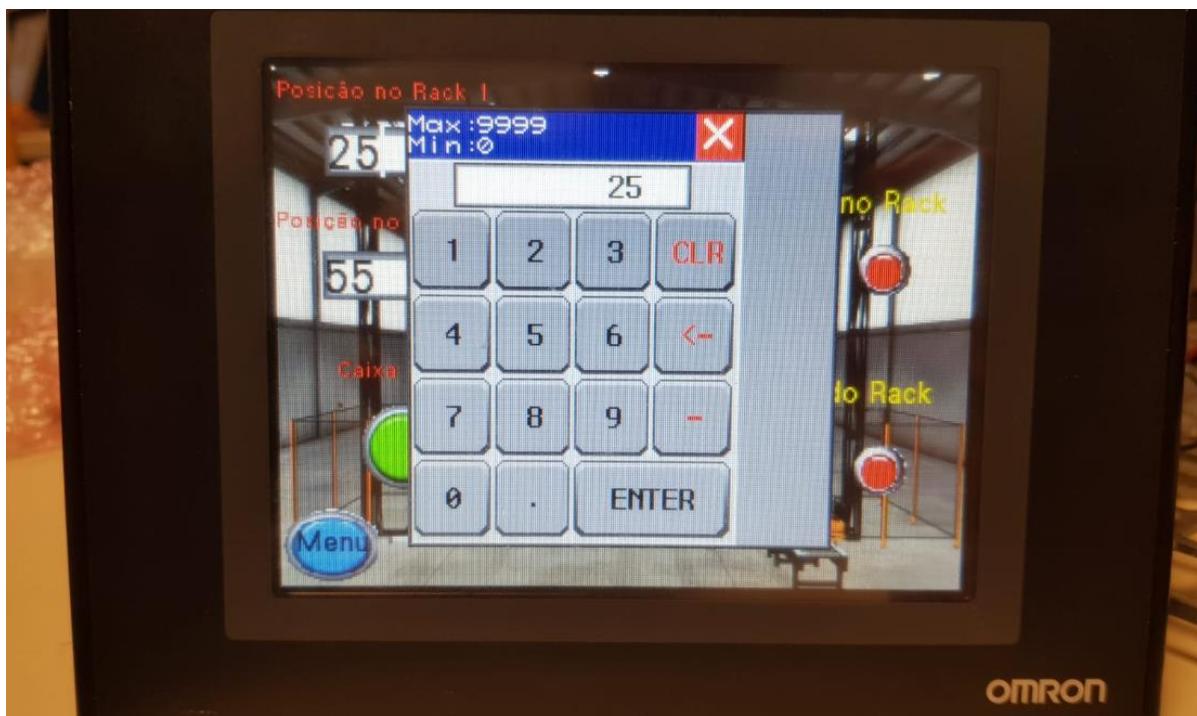


Figura 93 Frame 5.1

- **Frame 6**

Na frame 6 encontramos cinco **displays numéricos** que mostram a quantidade de caixas dos três tipos diferentes que já passaram pelo nosso projeto. Os dois displays restantes apresentam os valores medidos pelas balanças, utilizados para distinguir as caixas.

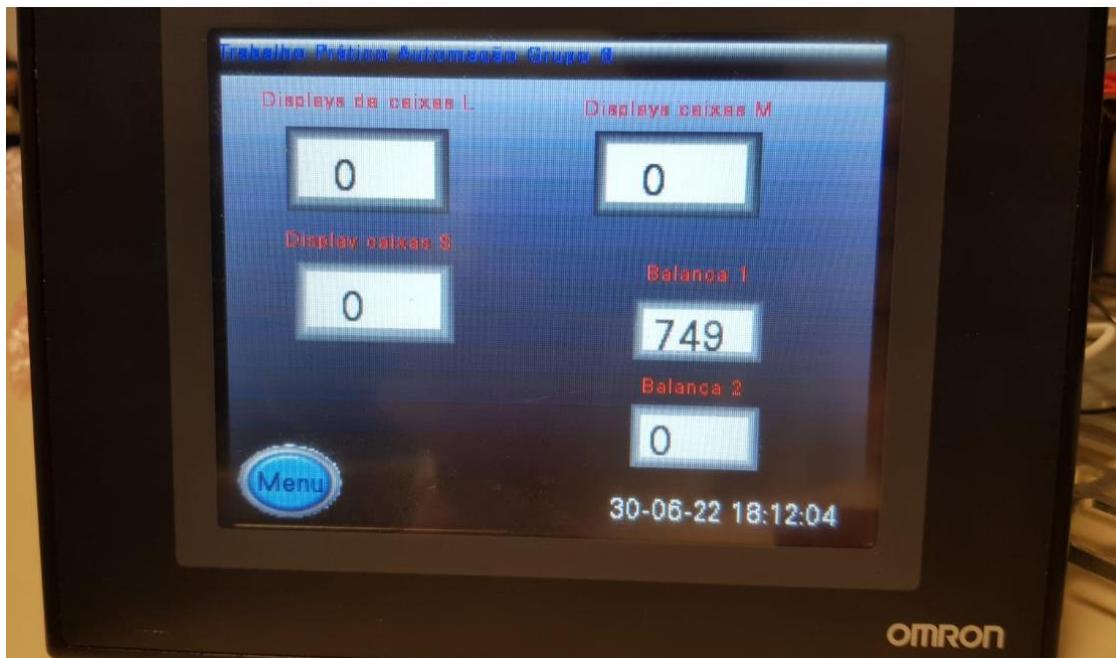


Figura 92 Frame 6

Os botões que colocamos no projeto da HMI devem ter o mesmo endereço de memória que foi reservado no factory io para assim funcionarem e podermos controlar o projeto pela HMI.

5 Conclusões

Concluo que esta atividade foi extremamente enriquecedora para mim, tanto a nível de conhecimento como de aplicação prática. Foi gratificante ver a teoria a alinhar-se com a prática, levando a conclusões claras e aos resultados que esperava.

Sinto que cumprí os objetivos propostos, aprofundei o conceito de automação e percebi o seu grande potencial quando aplicado em situações reais. Embora tenha enfrentado algumas dificuldades no início, como a gestão de tempo e as configurações de rede, consegui superá-las à medida que o projeto avançava. Apesar de ter exigido bastante tempo e dedicação, reconheço que isso me permitiu evoluir e aplicar corretamente os conceitos, resultando num trabalho bem-sucedido.

Bibliografia

- [1] Autor 1, Autor 2 e Autor 3, (ano). Título, Editor.
- [2] Autor (caso exista), título (caso exista), www.pagina_internet.pt, <consultado a 12-12-2011>

Nota: Ver no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** (secção **Erro! A origem da referência não foi encontrada. Erro! A origem da referência não foi encontrada.,** pág. **Erro! Marcador não definido.**) indicações sobre como elaborar a lista de bibliografia

