

## **PROJETO SUPER**

### **PROJETO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL:**

Separação de caixas coloridas

MANAUS

2021

EVANDRO SALVADOR MARINHO DA SILVA

LUAN CARVALHO LIMA DOS SANTOS

MATHEUS FIGUEIREDO DE CASTRO

ROBSON MACHERGIANI SEIXAS NOGUEIRA

WESLEY BORGES CONDE

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL:**

Separação de caixas coloridas

Trabalho de Desenvolvimento e Pesquisa apresentado ao Projeto Super da Universidade Federal do Amazonas como requisito para a conclusão do curso de Automação Industrial.

Orientador: Prof. M.Sc. Rafael da Silva Mendonça.

MANAUS

2021

## RESUMO

Este relatório de desenvolvimento e pesquisa tem como objetivo principal propor um projeto de automação aplicado a um estudo de caso da empresa *BoxColor*<sup>1</sup> que fabrica e comercializa caixas coloridas. Essa análise se concentrará na última etapa da linha de produção, isto é, a de separação e isso implicará que esse trabalho não se concentrará no modo como os materiais serão produzidos, mas, na maneira como as caixas serão separadas, paletizadas e estocadas de acordo com as suas respectivas cores. Ademais, vale ressaltar que esse subterfúgio será útil para otimizar o processo de fabricação, estimando-se em uma maximização nos níveis produtivos e uma redução nos custos da mão. Portanto, e não menos importante, será pautado e discutido de maneira pragmática os resultados obtidos após a implantação da nova linha automatizada, essa que por sua vez, foi denotada de separação de caixas coloridas.

**Palavras-chave:** Automatização industrial; Simulação no *Factory I/O*; Programação em *Ladder*.

---

<sup>1</sup> Nome da empresa idealizado para fins ilustrativos.

## SUMÁRIO

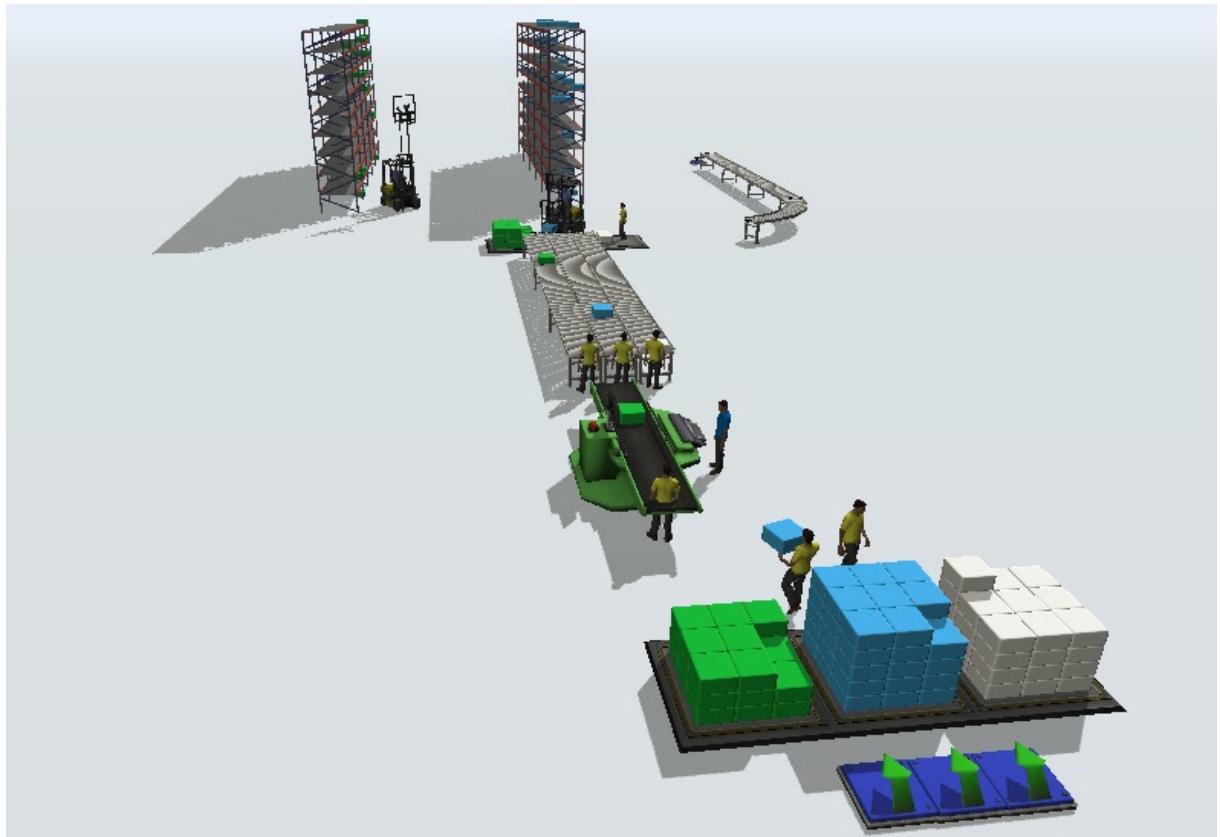
1	CENÁRIO .....	5
2	PROPOSTA.....	7
3	OBJETIVOS.....	9
3.1	Geral .....	9
3.2	Específicos.....	9
4	PROJETO DE SEPARAÇÃO DE CAIXAS COLORIDAS.....	9
4.1	Verificação .....	9
4.1.1	Componentes do Painel de controle: .....	10
4.1.2	Fluxograma da etapa de verificação .....	13
4.1.3	Descrição da etapa de verificação (painel de controle).....	14
4.1.4	Componentes de verificação .....	16
4.1.5	Descrição da etapa de verificação (sensor de visão): .....	17
4.2	Separação.....	18
4.2.1	Componentes dos separadores.....	19
4.2.2	Fluxograma da etapa de separação .....	21
4.2.3	Descrição da etapa de separação: .....	22
4.3	Paletização.....	24
4.3.1	Componentes do processo de paletização: .....	25
4.3.2	Fluxograma da etapa de paletização.....	26
4.3.3	Descrição do processo de paletização .....	27
4.4	Estocagem .....	31
4.4.1	Componentes da estocagem .....	32
4.4.2	Fluxograma da etapa de estocagem.....	34
4.4.3	Descrição da etapa de estocagem .....	35

5	ANÁLISE E RESULTADOS .....	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
	REFERÊNCIAS .....	39
	APÊNDICES .....	40
	APÊNDICE A - Diagrama e Fluxograma da Separação de Caixas Coloridas.....	40
	APÊNDICE B - <i>Link</i> para <i>Download</i> do Código e da Cena .....	41
	APÊNDICE C - Tabelas de Variáveis do Código <i>Ladder</i> Utilizado na Cena.....	42

## 1 CENÁRIO

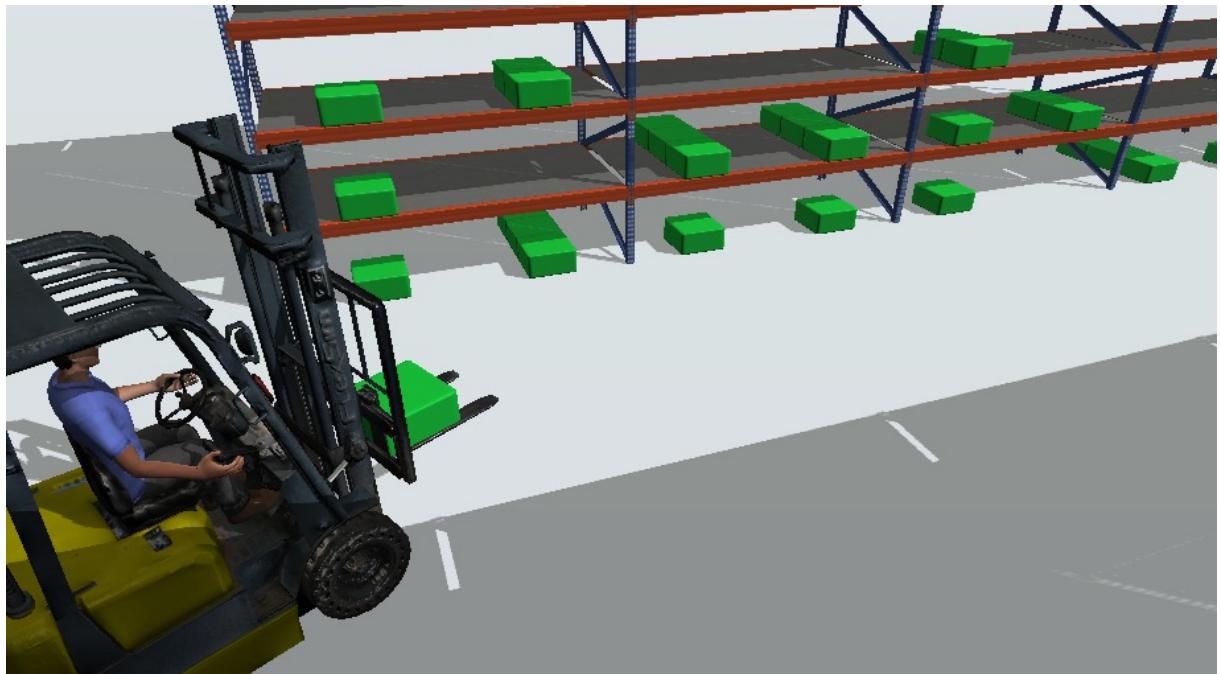
No campo industrial ou em qualquer outro lugar onde uma determinada mercadoria precisa ser produzida, os benefícios da automação industrial podem ser considerados ilimitados. Isso ocorre porque, ao automatizar o processo, seu desempenho geral pode ser significativamente melhorado. Este motivo por si só se tornou o principal combustível da crescente popularidade da automação industrial em todo o mundo (Citisystems, 2014). À luz dessa ideia, a empresa *BoxColor* da cidade de Manaus, localizada no estado do Amazonas, relatou que ainda existe uma etapa não automatizada na sua linha de produção, como demonstrado na Figura 1, e ao notar que os níveis de produção anual se mantiveram relativamente baixos em comparação aos níveis de demanda do mercado nacional, como exemplificado no Gráfico 1 abaixo, e que também as caixas sofriam danos por não serem armazenadas sob um palete, como exibido na Figura 2, a empresa apontou os seguintes problemas:

Figura 1 – Processo de verificação e separação de caixas de forma manual.



Software:FlexSim Software Products, Inc (versão: 19.0.0).

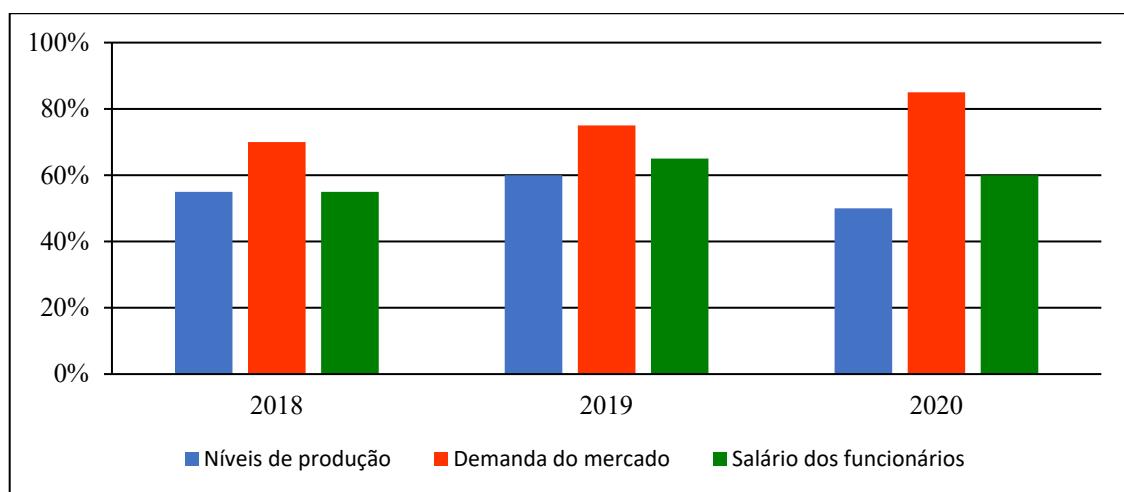
Figura 2 – Armazenamento do processo anterior da *BoxColor*



Software:FlexSim Software Products, Inc (versão: 19.0.0).

- Alto custo de mão de obra;
- Níveis de desempenho variáveis devido ao processo manufaturado;
- Processo lento nas etapas de verificação, separação, descarte e armazenamento;
- Maiores riscos de erro humano, por exemplo, alocar as caixas para um depósito que não corresponde a cor da mesma.

Gráfico 1 – Dados anuais e gerais da *BoxColor*.

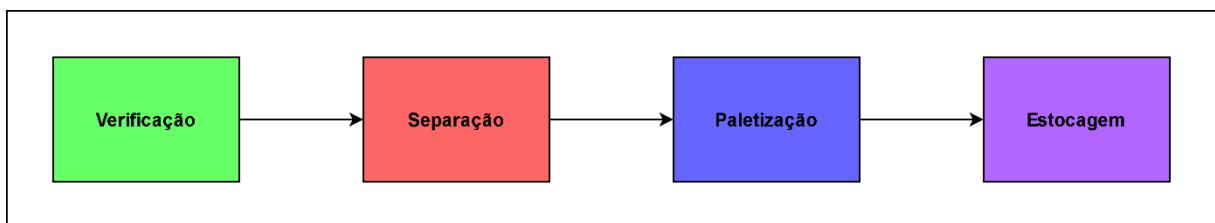


Sendo assim, a mesma solicitou um projeto de automatização que elevasse os níveis produtivos, econômicos e que estivesse de acordo com as exigências do mercado.

## 2 PROPOSTA

Diante da insatisfação pontuada pela empresa *BoxColor*, apresentou-se um meio da sanar os entraves que impossibilitam o crescimento da mesma, em outros termos, um projeto de automatização industrial de separação de caixas coloridas. Esse que, após o planejamento, dividiu-se em quatro etapas como exibido na Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Etapas do projeto de separação de caixas coloridas



Software: diagrams.net (versão 14.4.4).

A primeira, etapa na qual ocorre toda a inicialização e verificação do sistema, é constituída de alguns componentes eletrônicos como botões de pressão, de emergência e também de alguns *displays* digitais para a registrar a quantidade de caixas que foram alocadas para o depósito, e não somente isso, como também as possíveis caixas defeituosas (não pintadas ou danificadas). Ademais, existe também o sensor de visão, esse que por sua vez, é imprescindível para a verificação do código que corresponde a cor de cada caixa. Por fim, assim como todo processo, é indispensável a usabilidade de ótimos dispositivos para gerenciar o controle de todo o processo, assim como a sua inicialização.

A segunda, não menos importante, é a etapa de separação. Nela, pode-se encontrar dois braços mecânicos de dois eixos que serão úteis para alocar as caixas nas devidas esteiras secundárias. Porém, para que eles realizem essa atividade, é necessário contar com a ajuda do sensor de visão, mencionado no parágrafo anterior, e também dos sensores difuso, em outras palavras, sensores ópticos difusos possuem como característica principal o fato de o emissor e o receptor de luz estar no mesmo componente, dispensando o uso de outro componente com característica receptora ou de reflexão (Citisystems, 2017), esses que são úteis para identificar a presença da caixa, como também para acionar os braços. Só lembrando, todas as caixas serão

locomovidas por meio de esteiras digitais para que assim elas possam transitar por todos os passos estabelecidos.

A terceira, quer dizer, a paletização, tem por objetivo colocar as caixas que foram separadas em cima de um palete. Para que isso ocorra, é necessário de um paletizador, ou seja, um equipamento robusto constituído de dois sensores capacitivos, isto é, tipo de sensor que detecta a presença de qualquer tipo de massa (Citisystems, 2015). Também apresenta um empurrador e um elevador que, a cada duas detecções do sensor difuso, o primeiro colocará as caixas em cima da placa e o segundo subirá com o palete para receber-las. Depois disso, os centralizadores serão acionados para alinhar as caixas e consequentemente para abrir a placa. Quando está for aberta, as caixas cairão sob palete para posteriormente serem encaminhadas para a etapa quatro. Vale atenuar que, as chances de ocorrer algum tipo de erro nesse processo serão reduzidas drasticamente devido ao alto nível de complexidade dos equipamentos e também da programação para controla-los.

Portanto, a quarta e última etapa, estocagem, é onde as caixas sob o palete serão guardadas de acordo com as suas cores. Nesse processo, há um sensor difuso logo na entrada que é importante para identificar a presença ou não de palete. Logo depois, após a identificação do mesmo, o *crane*<sup>2</sup> é acionado e por meio de um sensor, é possível guardar um valor que corresponderá ao local que a paleta será guardada. No meio dessa atividade, as esteiras são paradas por um curto período de tempo para que o *crane* complete a sua atividade e retorne ao ponto inicial. Logo, é perceptível que a *BoxColor* amplificará ainda mais as suas atividades e ganhará agilidade em todo o desenvolvimento, pois, o processo será automatizado e o controle de fluxo, tanto da separação quanto do controle da quantidade de caixas que serão encaminhadas para o depósito e posteriormente para a comercialização, atingirá a demanda exigida pelo mercado.

---

<sup>2</sup> Refere-se a um equipamento para movimentação de materiais em que os garfos têm capacidade de acesso de 180 graus para estocar e recuperar paletes de ambos os lados do equipamento em um corredor estreito.

## 3 OBJETIVOS

### 3.1 Geral

- Desenvolver um projeto de automação industrial para elevar os níveis de produção da empresa *BoxColor*.

### 3.2 Específicos

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Planejar através de quatro etapas a última fase do processo de fabricação das caixas coloridas;
- Simular no *Factory I/O*<sup>3</sup> e programar no *CODESYS*<sup>4</sup> as etapas de verificação, separação, paletização e estocagem;
- Programar os ajustes finais da simulação para funcionar de acordo com os padrões pré-estabelecidos;
- Comparar e discutir os dados de antes e depois da implantação do projeto.

## 4 PROJETO DE SEPARAÇÃO DE CAIXAS COLORIDAS

### 4.1 Verificação

O projeto do separador de caixas coloridas foi dividido em quatro etapas. A primeira, verificação, é onde se iniciará todo o processo de energização do sistema através do painel de controle, como mostrado na Figura 4 abaixo. Ademais, nesse passo, há também um sensor de visão, Figura 12, que é fundamental para o perfeito funcionamento da etapa seguinte, isto é, a de separação.

---

<sup>3</sup> Software criado para o ensino e desenvolvimento de aplicações em automação industrial. altamente flexível, esta ferramenta possibilita criar plantas industriais virtuais que podem ser controladas por tecnologias externas, tais como Soft PLCs, CLPs, microcontroladores, etc.

<sup>4</sup> Plataforma de software para tecnologia de automação industrial. O núcleo da plataforma é a ferramenta de programação IEC-61131-3 "Sistema de Desenvolvimento CODESYS". Oferece aos usuários soluções integradas, orientadas para a prática, para a configuração conveniente de aplicativos de automação. O objetivo é fornecer suporte prático para suas tarefas diárias.

Figura 4 – Painel de controle do separador de caixas coloridas



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

#### 4.1.1 Componentes do Painel de controle:

- Quadro Elétrico: Usado para projetar um painel de controle através de operadores, Figura 5.

Figura 5 – Quadro elétrico



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Botão start, stop e reset: são botões de pressão iluminado disponível em três cores diferentes (verde: start, amarelo: reset e vermelho: stop). O botão de pressão pode ser usado como uma ação momentânea ou alternativa, de acordo com a configuração selecionada, Figura 6.

Figura 6 – Botões de pressão



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Botão de emergência: apresenta-se na cor vermelha e possui Ação de gatilho de duas posições e botão não iluminado (cabeça de cogumelo). Normalmente usados em eventos de emergência, Figura 7.

Figura 7 – Botão de emergência



Fonte: Factory I/O, 2006.

- *Displays* digital: Permite que valores numéricos sejam exibidos durante a simulação. A configuração selecionada define o intervalo de valores e o tipo de dados, Figura 8.

Figura 8 – Display digital



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Luzes de controle: são Luzes de pilha são comumente usadas como indicadores visuais dos estados e processos de uma máquina. Fabricado em três cores diferentes, verde: start, amarelo: reset e vermelho: stop, Figura 9.

Figura 9 - Luz de sinalização

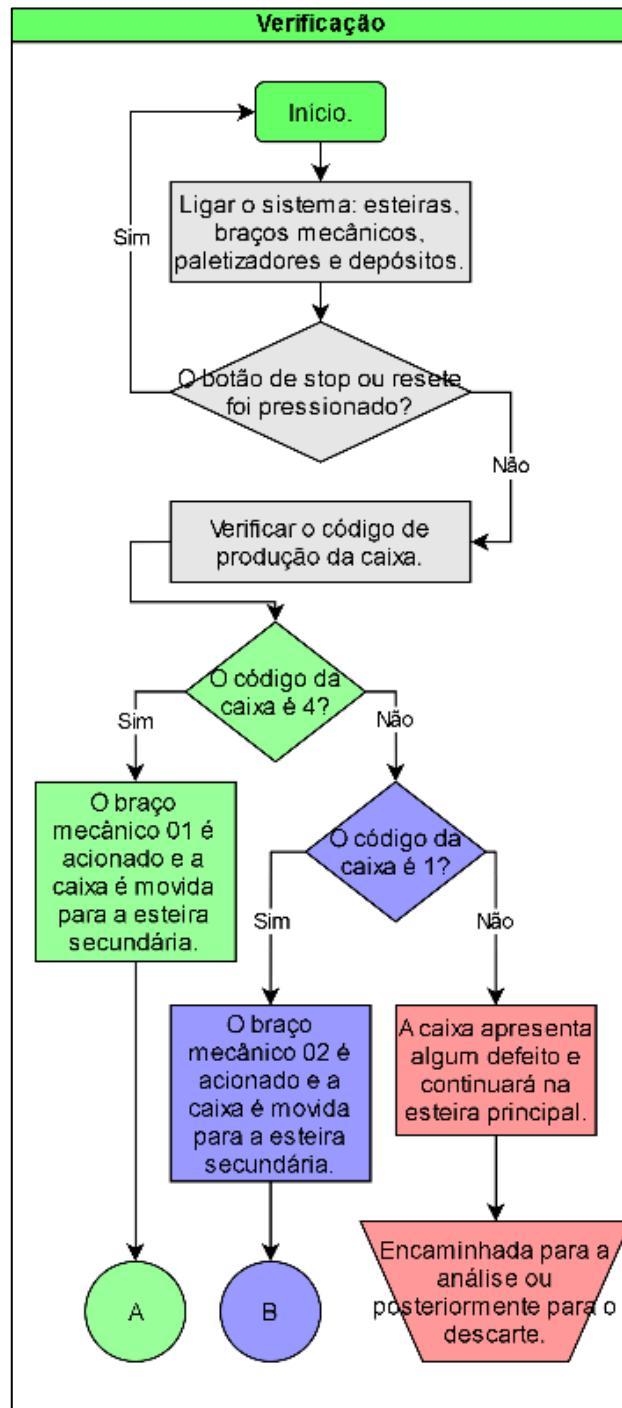


Fonte: Factory I/O, 2006.

#### 4.1.2 Fluxograma da etapa de verificação

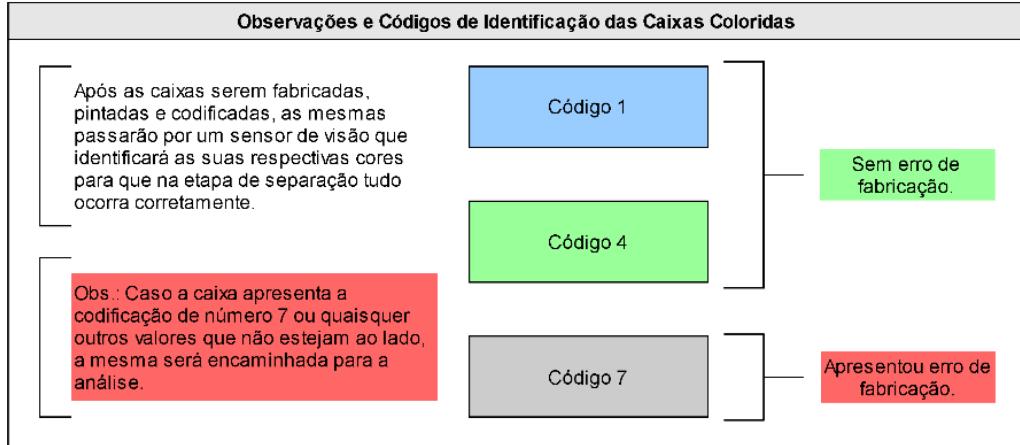
Logo abaixo, isto é, na Figura 10 e também na Figura 11, é demonstrado por meio de blocos o real processo da etapa 1.

Figura 10 – Fluxograma da descrição em blocos do processo de verificação



Software: diagrams.net (versão 14.4.4).

Figura 11 – Legendas importantes do processo de verificação

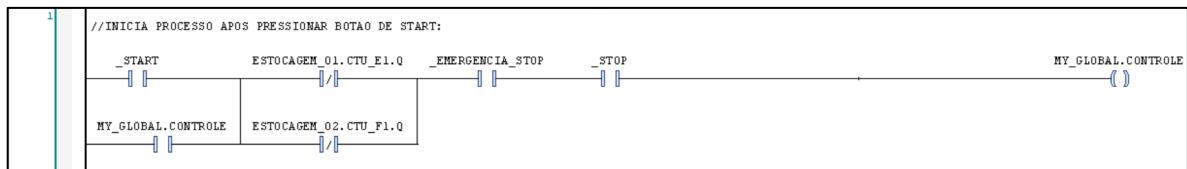


Software: diagrams.net (versão 14.4.4).

#### 4.1.3 Descrição da etapa de verificação (painel de controle)

Na primeira etapa do projeto, isto é, a de verificação, é onde se iniciará todo o processo, entretanto, para que isso ocorra perfeitamente é necessário pressionar o botão start (verde) que está disponível no quadro elétrico, visto que, o mesmo liga todas as esteiras, os braços mecânicos, os paletizadores e os depósitos automatizados. Ademais, caso a linha de separação já esteja em funcionamento, existe também o botão stop (vermelho) que desliga todo o sistema. Por fim, o botão de emergência que é fundamental para alertar um possível defeito nas máquinas ou também no caso de haver manutenção na linha como mostra o Código 1 a seguir.

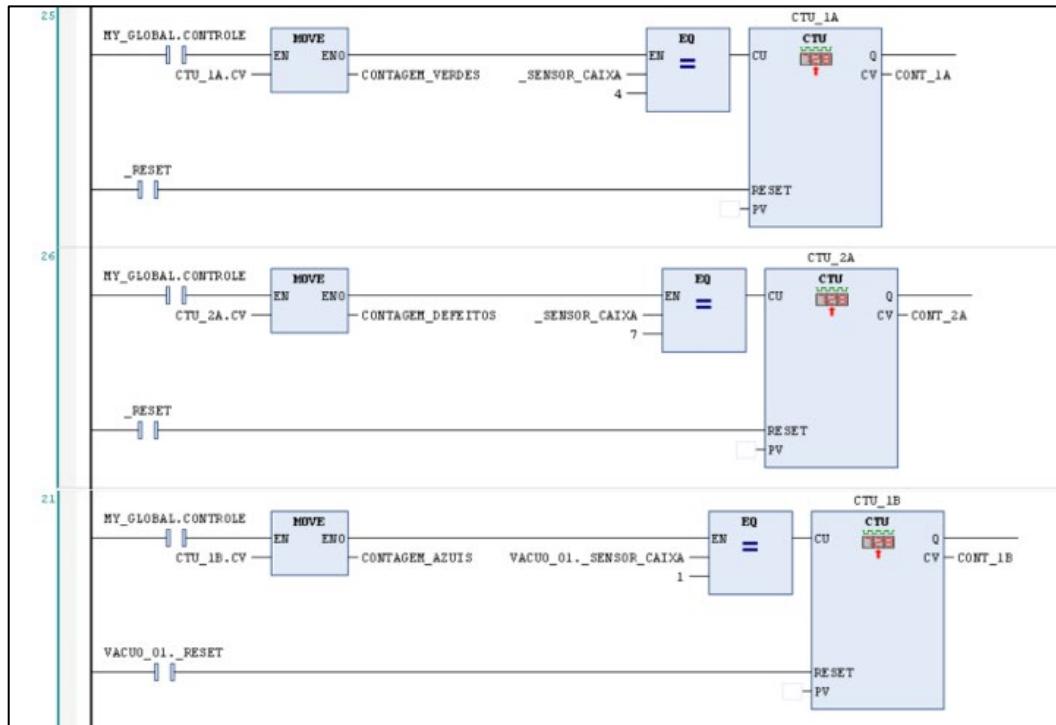
Código 1 – Iniciação do processo



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Vale destacar também, segundo o Código 2, que no painel de controle há o botão reset (amarelo) que reinicia todos os contadores e também os displays digitais, sendo esses utilizados para o controle de quantas caixas foram alocadas para o descarte ou análise e também para o depósito.

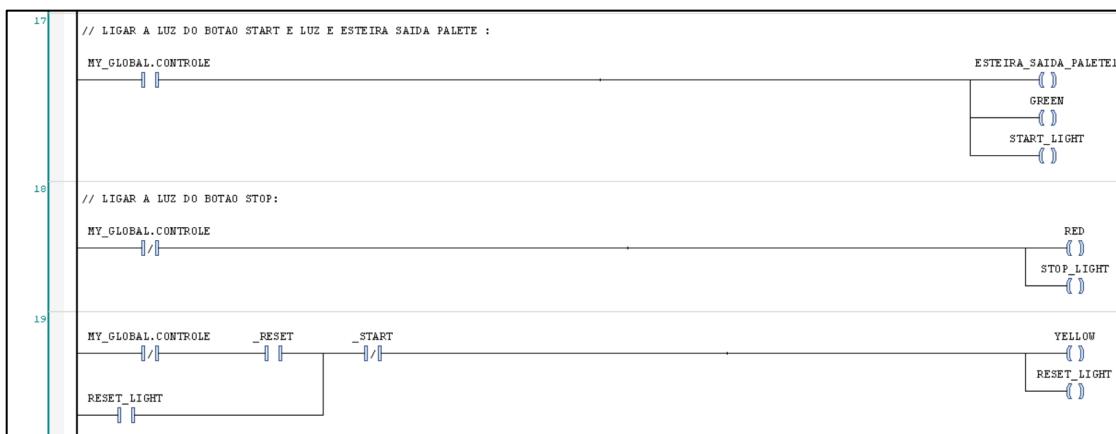
Código 2 – Controle do botão reset



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

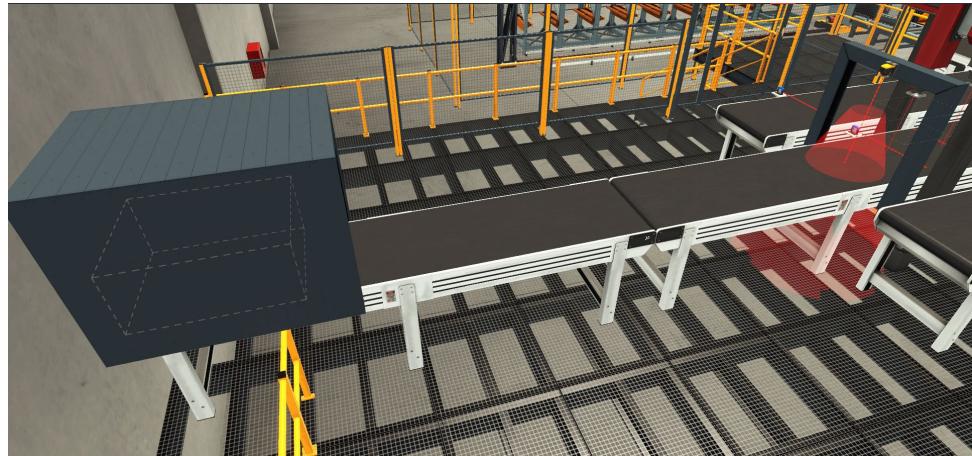
É importante atenuar que todo esse controle pode ser visto através de um sinalizador de luz que condiz com as cores de cada botão pressionado e programado como no Código 3.

Código 3 – Acionamento do sinalizador de luz



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Figura 12 – Sensor de visão para a verificação e acionamento

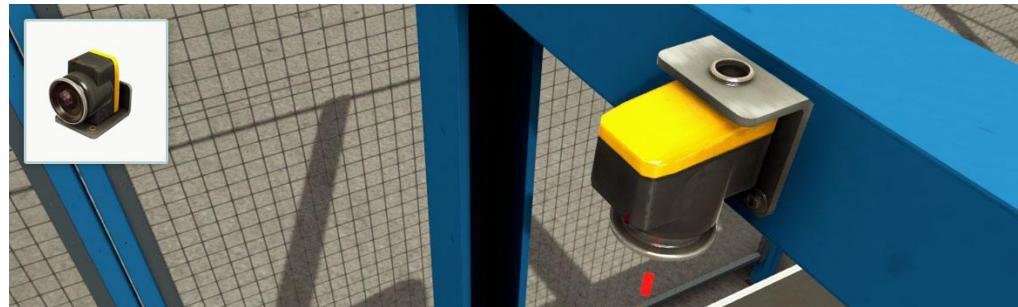


Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

#### 4.1.4 Componentes de verificação

- Sensor de visão: O sensor de visão reconhece matérias-primas e suas respectivas cores, Figura 13.

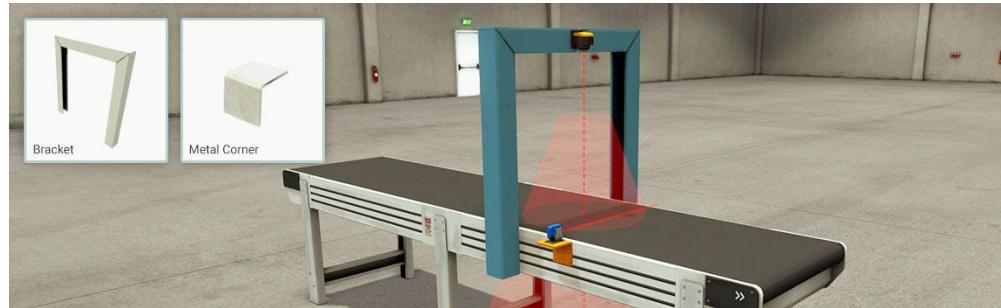
Figura 13 – Sensor de visão



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Suporte: O suporte é uma estrutura metálica usada como barreira de altura e pode ser usado para conectar sensores, Figura 14.

Figura 14 – Suporte metálico



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Esteiras: Os transportadores de correia são usados para transportar cargas leves. Pode ser controlado por valores digitais ou analógicos, Figura 15.

Figura 15 – Esteira digital e analógica

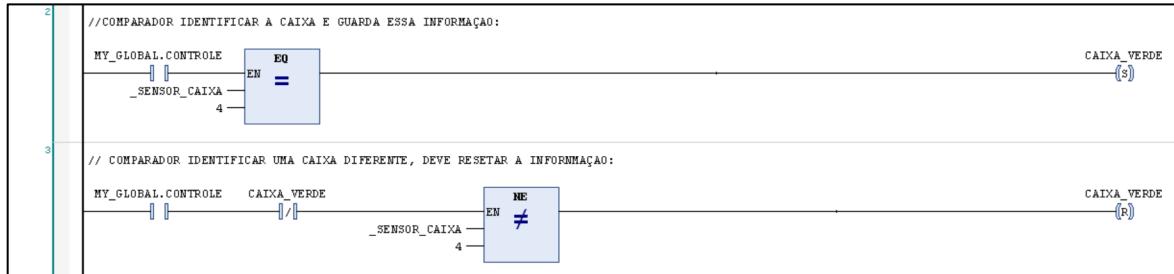


Fonte: Factory I/O, 2006.

#### **4.1.5 Descrição da etapa de verificação (sensor de visão):**

Após o controle do processo, há uma peça crucial para o separador de caixas coloridas que é o sensor de visão, mostrado anteriormente na Figura 12 e programado no Código 4 abaixo, esse, que por sua vez, é indispensável já que ele identifica o endereço presente em cada caixa, sendo eles, código 1 (caixa azul), código 4 (caixa verde) e código 7 (caixa danificada ou não pintada). Sendo assim, após o acionamento desse sensor, o mesmo enviará uma informação para os braços mecânicos dois eixos que realizarão os comandos programados na segunda etapa que é relacionada a separação.

#### Código 4 – Identificação do código através do sensor de visão



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

#### 4.2 Separação

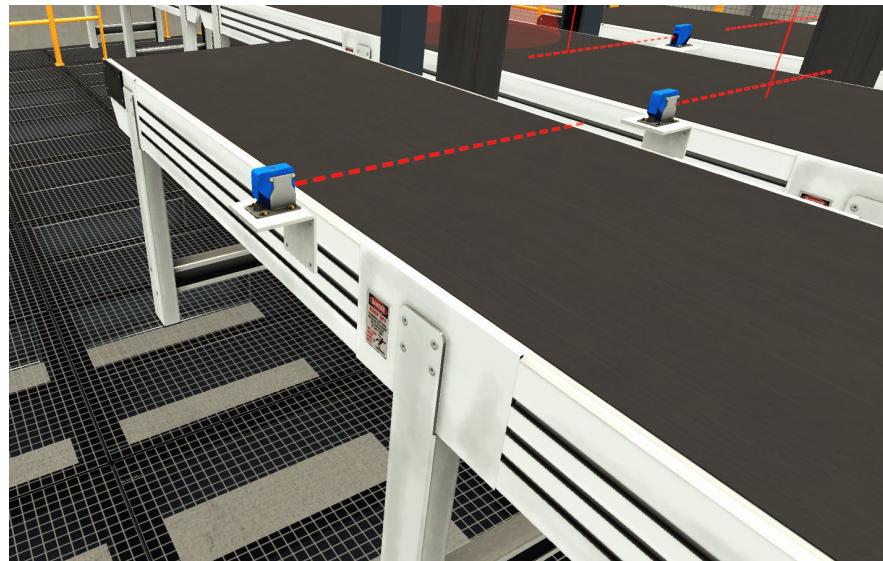
A segunda etapa, chamada de separação e representada na Figura 16, é onde as caixas sairão por aquele tudo de forma quadrada e posteriormente, por meio de um sensor óptico, a código que representa a cor da caixa ativará um dos braços mecânicos de dois eixos para que eles coloquem as caixas coloridas nas suas respectivas esteiras. Após essa atividade, existe um sensor difuso presente tanto na esteira principal quanto nas secundárias, exibido na Figura 17, que aciona as esteiras e também a movimentação dos braços. Vale ressaltar que as caixas que apresentarem algum tipo de defeito, continuarão na esteira principal e serão encaminhadas para análise ou para o descarte.

Figura 16 – Braços mecânicos de dois eixos para alocação das caixas



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

Figura 17 – Sensores difuso



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

#### 4.2.1 Componentes dos separadores

- Braços de dois eixos: Este componente pode ser usado para colocar itens de um lugar para outro, Figura 18.

Figura 18 – Braço mecânico de dois eixos



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Sensor de difuso: Sensor fotoelétrico difuso que pode detectar qualquer objeto sólido, Figura 19.

Figura 19 – Sensor difuso para detecção de matéria

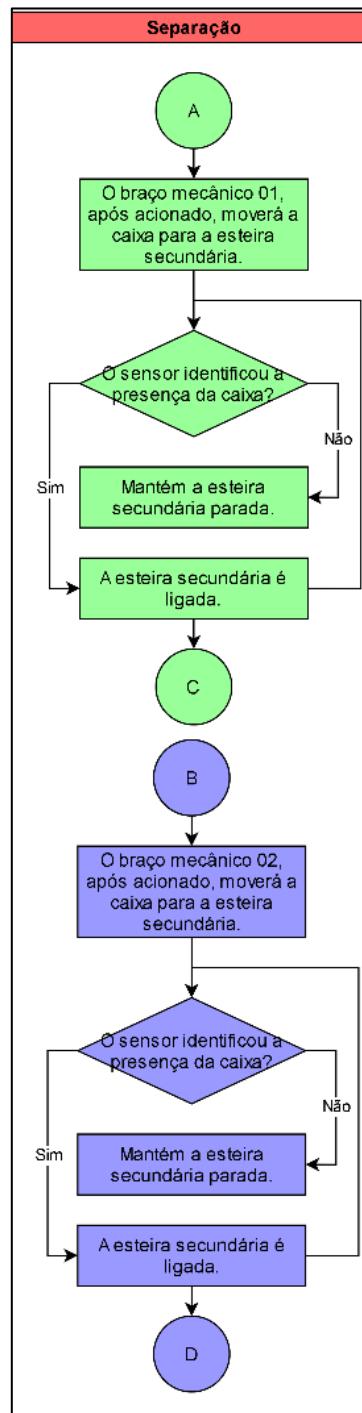


Fonte: Factory I/O, 2006.

#### 4.2.2 Fluxograma da etapa de separação

Logo abaixo, isto é, na Figura 20, é demonstrado por meio de blocos o real processo da etapa 2.

Figura 20 – Fluxograma descrito em blocos o processo de separação



Software: diagrams.net (versão 14.4.4).

#### 4.2.3 Descrição da etapa de separação:

Após a identificação de uma caixa azul ou verde, por meio de um sensor de visão que é utilizado para verificar a código correspondente a cor de cada caixa, um sinal será enviado para um dos braços, por exemplo, suponha que o código identificado pelo sensor de visão seja o de número 4 (caixa verde), esse código será útil para a ativação do primeiro braço mecânico de dois eixos, como visto no Código 4 anteriormente. Por seguite, a caixa percorrerá um certo espaço até que um sensor difuso, presente abaixo do primeiro braço, identifique-a para que o mesmo seja acionado como descrito no Código 5.

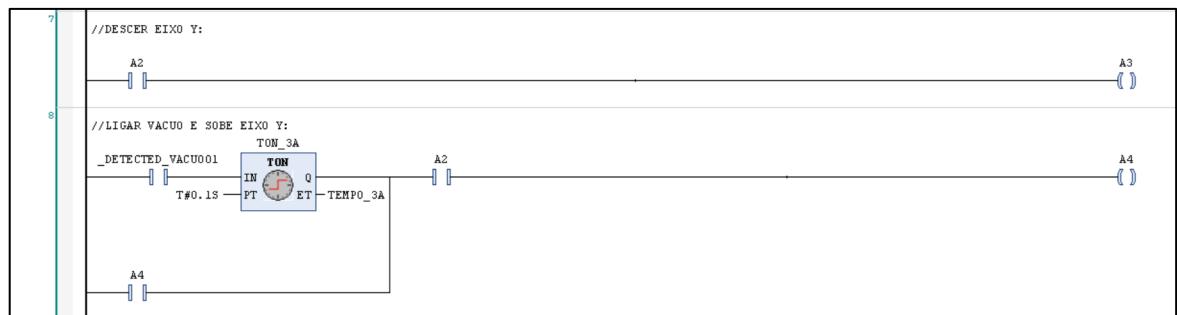
Código 5 – Ligamentos das esteiras principais e secundária



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

E assim, realizando os seguintes movimentos, o braço, de acordo com o Código 6, descerá no eixo y e através de um dispositivo que é capaz de sugar, a caixa será acoplada e depois, movendo-se de volta.

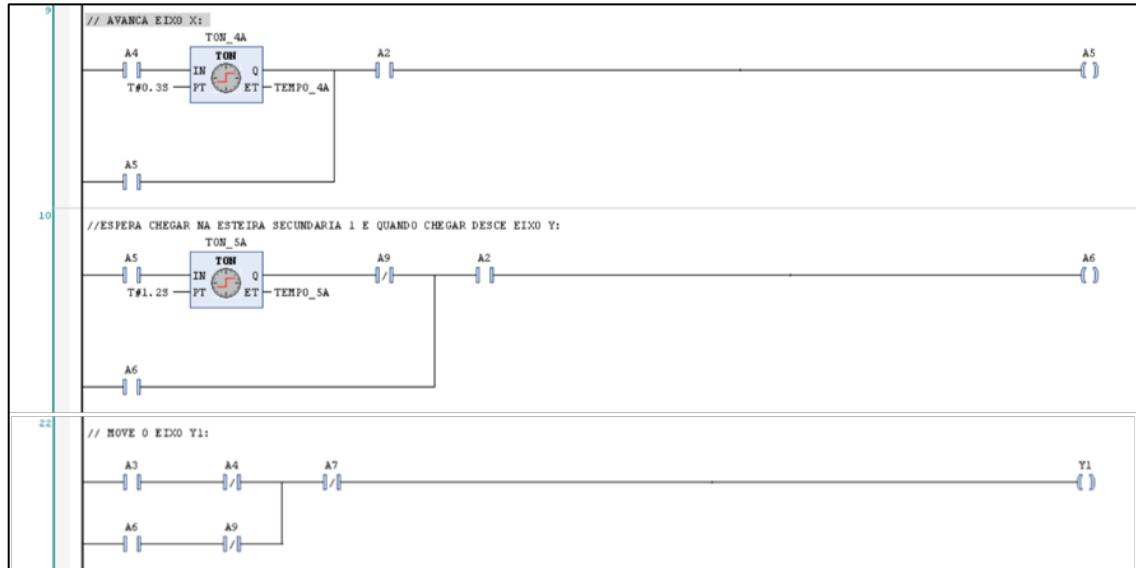
Código 6 – Acionamento do eixo Y do braço mecânico para pegar a caixa



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Retornando a posição inicial, o eixo x do braço será ativado para que a caixa verde seja movida para a esteira secundária e depositada nessa local como pode ser visto visto abaixo no Código 7.

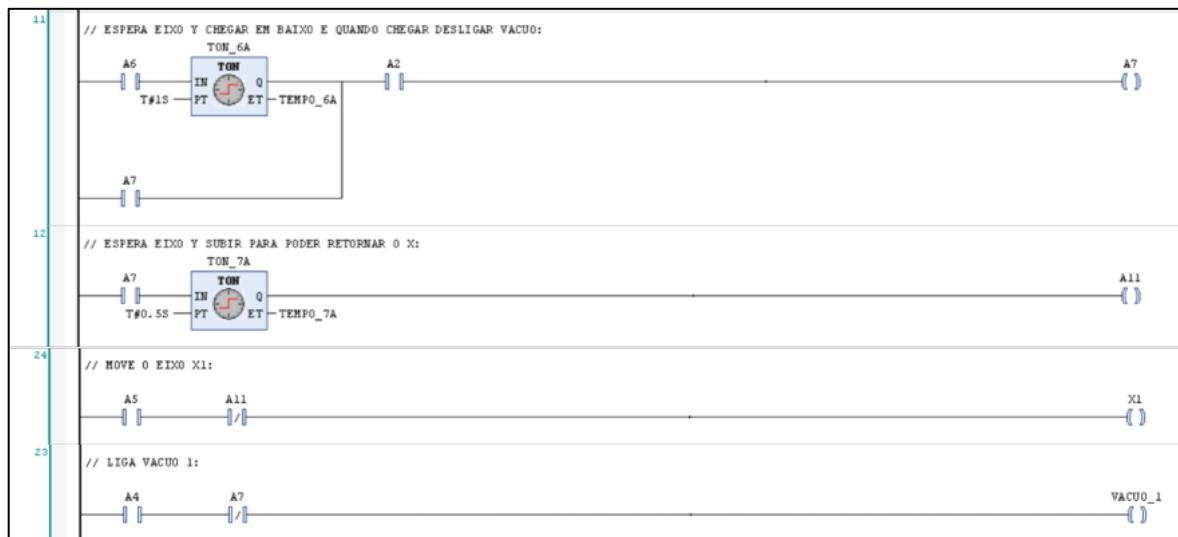
Código 7 – Acionamento do eixo X do braço mecânico e retorno para posição inicial do eixo



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Após movimenta-se no eixo x e também no y para deixar a caixa verde na esteira secundária, o braço mecânico de dois eixos finalizará o seu processo retornará, com base no Erro! Fonte de referência não encontrada., para posição inicial.

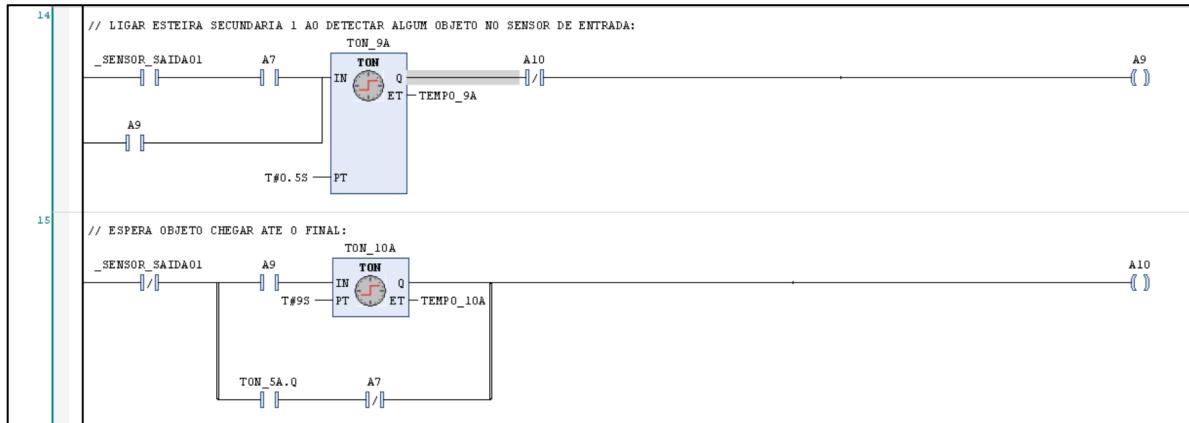
Código 8 – Acionamento do eixo Y do braço mecânico e retorno para posição inicial do eixo



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Na esteira secundária, existe um outro sensor difuso programado no Código 9 que após identificar a chegada da caixa, ele ativará a esteira e a mesma se moverá por um curto período de tempo antes de ser desligada.

Código 9 – Ligar esteira secundária por dez segundo caso haja uma caixa



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Vale ressaltar que esse processo se repetirá para ambas as caixas e que a esteira secundária será o meio pelo qual as caixas serão locomovidas para a terceira etapa do processo, ou seja, a paletização.

#### 4.3 Paletização

O processo de paletização consiste em colocar duas caixas em cima de um palete para posteriormente direcioná-las ao depósito. Sendo assim, foram utilizados dois paletizadores, como na Figura 21, um para as caixas verdes, ou seja, o paletizador 1, e outro para as caixas azuis, isto é, o paletizador 2.

Figura 21 – Posicionamento dos dois paletizadores no processo

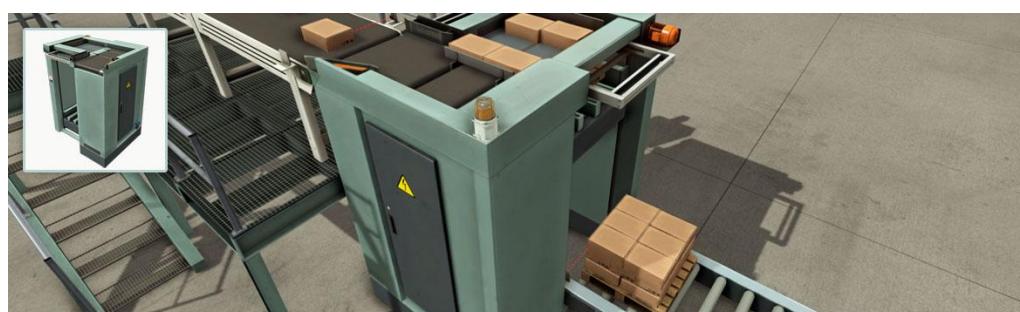


Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

#### 4.3.1 Componentes do processo de paletização:

- Paletizador: Máquina que empilha caixas em paletes, Figura 22.

Figura 22 – Paletizador



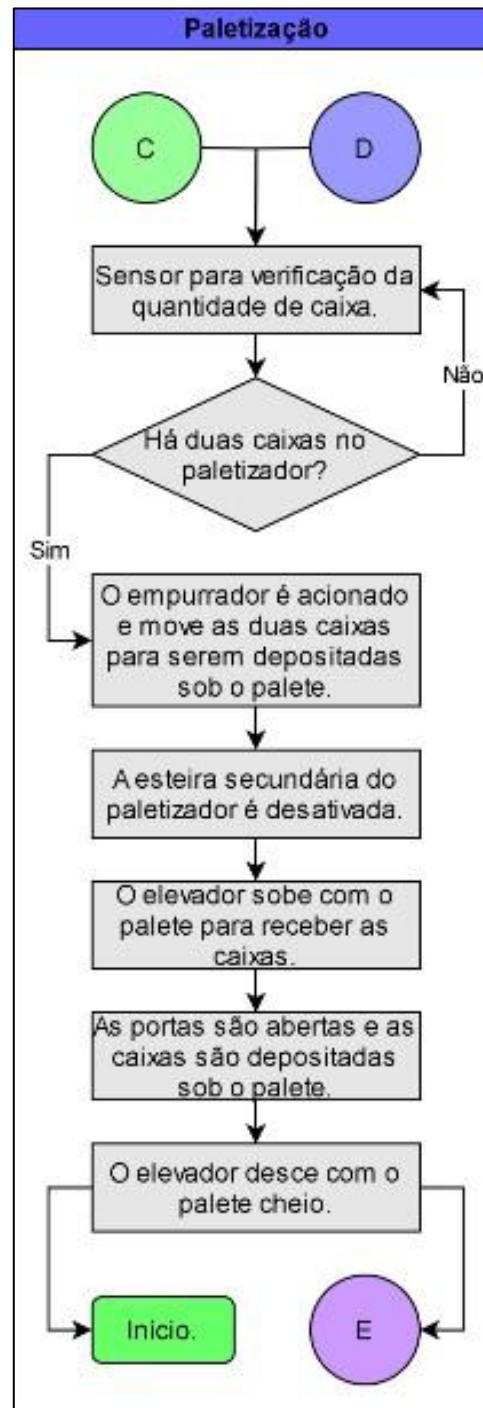
Fonte: Factory I/O, 2006.

- Sensor Difuso: usado para detectar qualquer objeto sólido. No processo, ele é usado para fazer a contagem de caixas que vão para a esteira de cima do paletizador, Figura 19.

### 4.3.2 Fluxograma da etapa de paletização

Logo abaixo, ou seja, na Figura 23, é demonstrado por meio de blocos o real processo da etapa 3, ou melhor, da paletização.

Figura 23 – Fluxograma descrito em blocos o processo de paletização



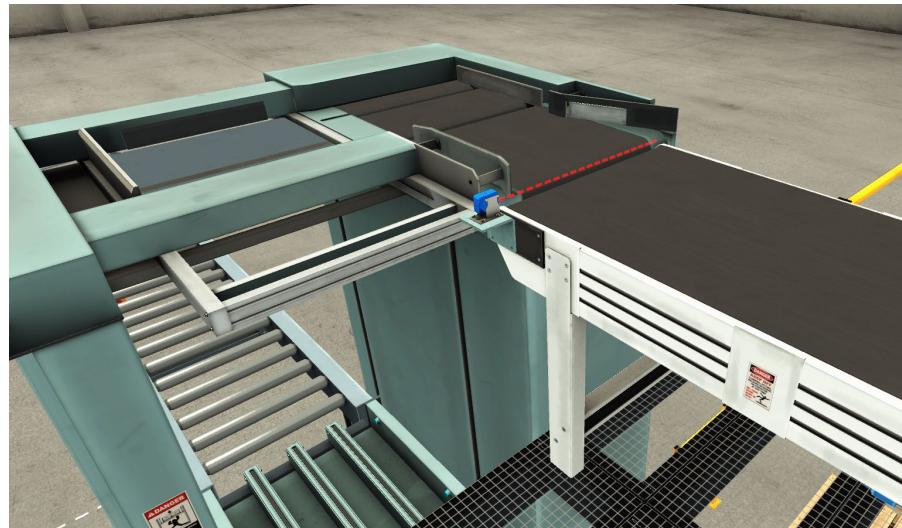
Software: Diagrams.net (Versão 14.4.4).

### 4.3.3 Descrição do processo de paletização

Após a etapa de separação, isto é, processo no qual as caixas são segregadas para esteiras secundárias de acordo com suas cores e posteriormente, através de esteiras, as mesmas são encaminhadas para a terceira etapa, a paletização das caixas.

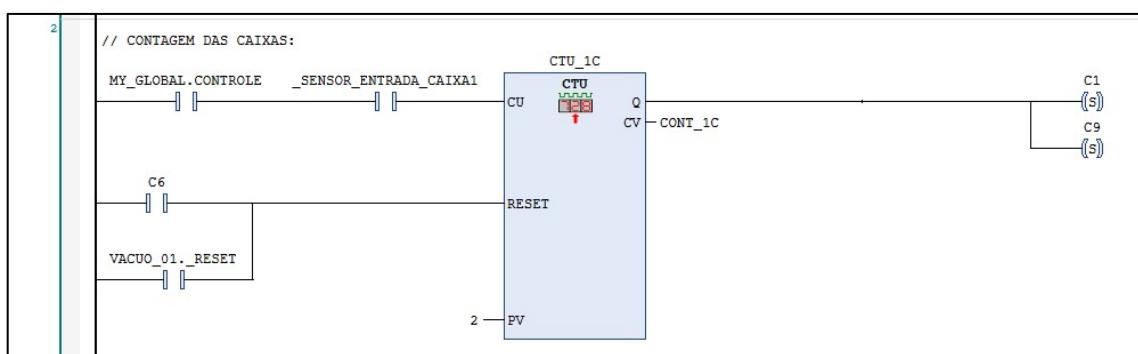
Para desencadear a ação do paletizador, primeiro ocorre a contagem das caixas que seguem para o mesmo, representado no Código 10 e também na Figura 24, a qual é feita através de um sensor difuso (`_sensor_entrada_caixa1`) localizado antes da esteira da parte superior do paletizador.

Figura 24 – Sensor difuso para identificação das caixas



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

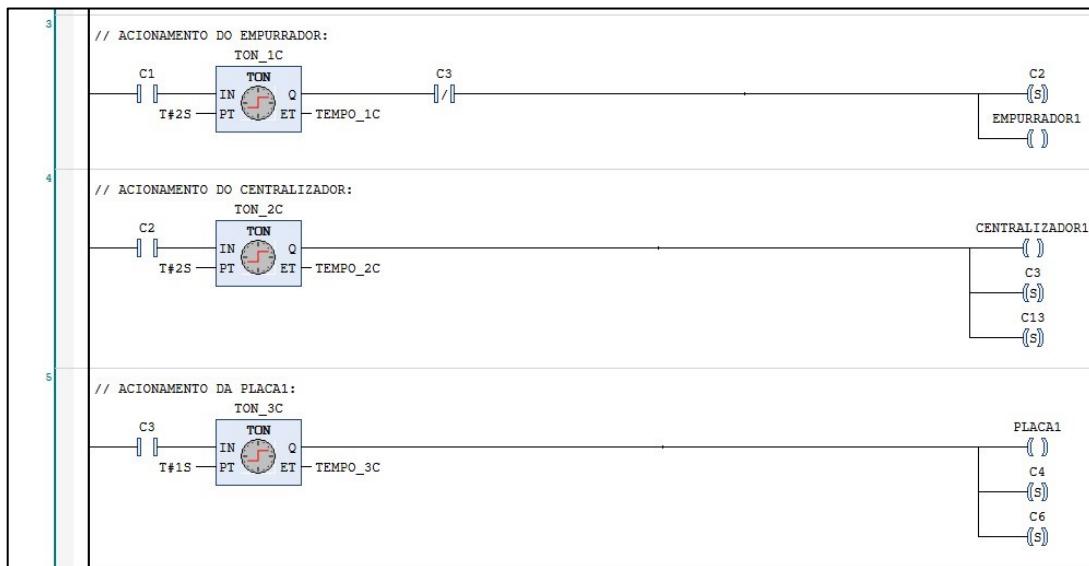
Código 10 – Contagem das caixas que seguem para o paletizador



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Quando o sensor difuso é acionado duas vezes, o contador inicia duas saídas auxiliares, as quais têm por objetivo acionar temporizadores que fazem o empurrador, o centralizador e a placa funcionarem respectivamente como demonstrado no Código 11.

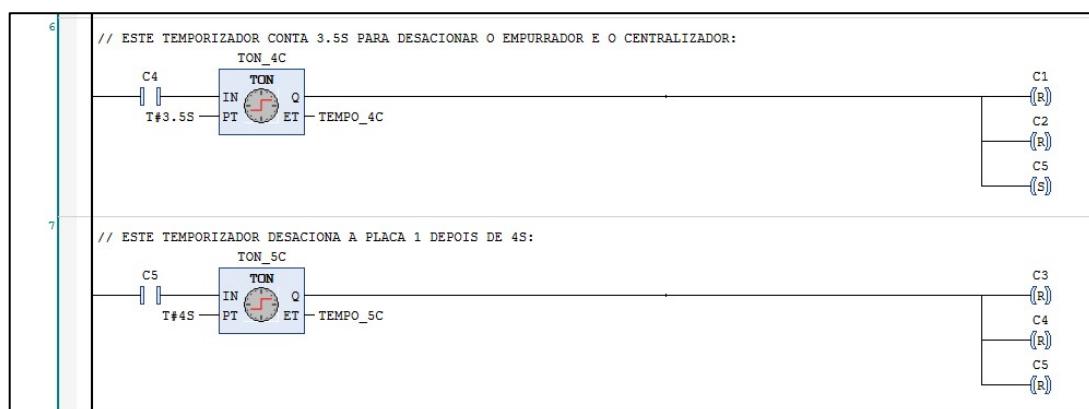
Código 11 – Acionamento do empurrador, do centralizador e da placa



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

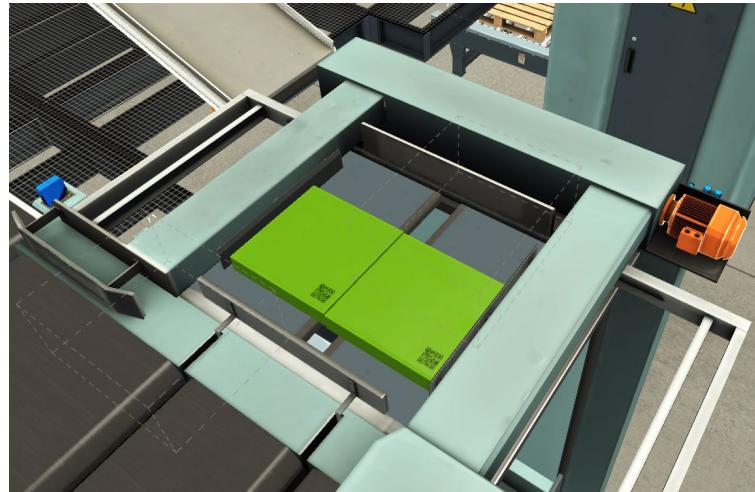
Assim, quando o empurrador, o centralizador e a placa são acionados, como ilustrado na Figura 25, também são energizadas mais saídas auxiliares juntamente com os mesmos. Esses starts servem para auxiliar, posteriormente, no desligamento das saídas do paletizador, como mostra o Código 12.

Código 12 – Desligamento do empurrador, do centralizador e da placa



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

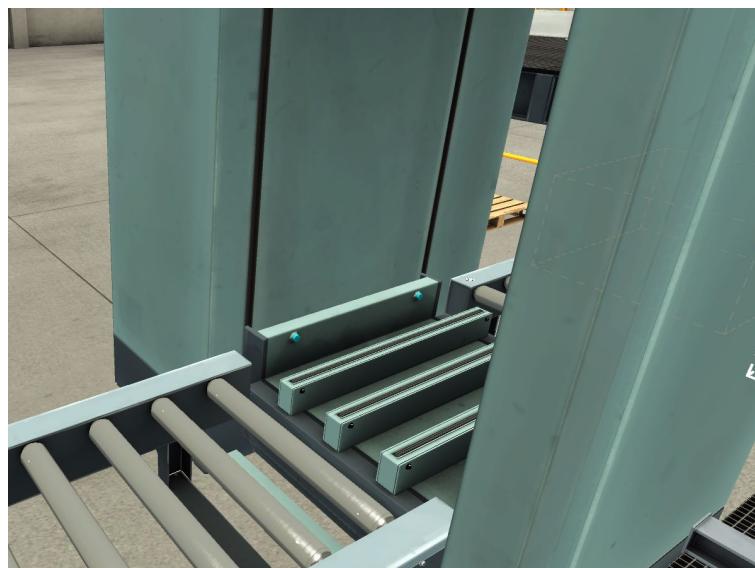
Figura 25 – Acionamento do empurrador, centralizador e também da placa



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

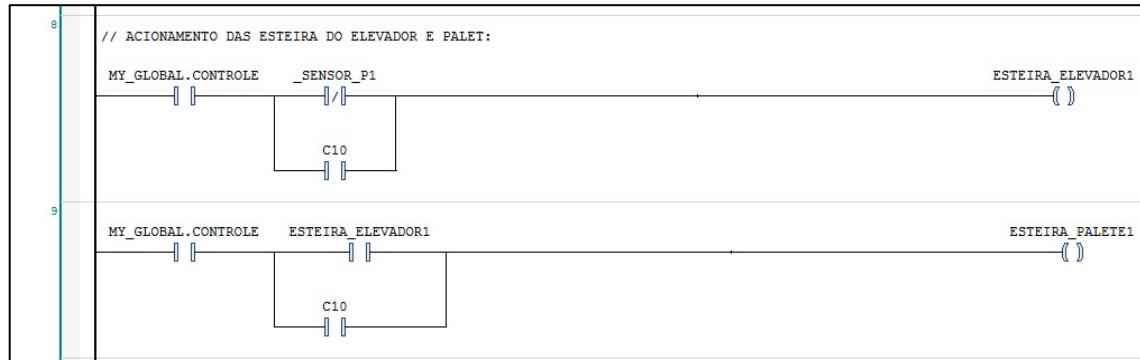
A esteira presente no elevador do paletizador e também aquelas que conduzem os paletes para o mesmo, funcionam assim que o botão start é acionado, dando início ao funcionamento do processo. Porém, elas deixam de funcionar quando o sensor capacitivo, representado na Figura 26, detecta a presença do palete que chega ao processo 3. Sendo assim, elas são acionadas novamente apenas quando o palete desce com as caixas, através do auxiliar C10 visto no Código 13.

Figura 26 – Sensor capacitivo do paletizador



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

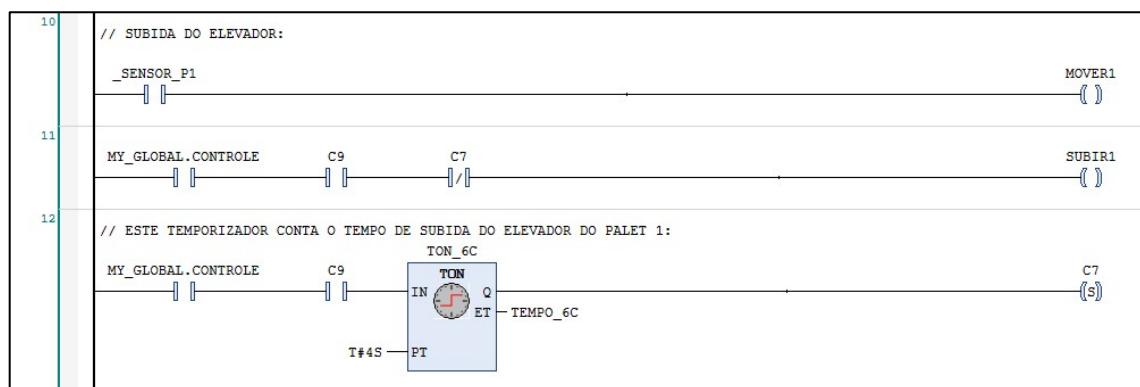
Código 13 – Desativa a esteira do elevador e esteira do paletizador e da esteira que conduz o palete até o mesmo



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Quando o sensor capacitivo (\_sensor\_p1) detecta a presença do palete que chega ao paletizador, o mesmo aciona o motor de limite do elevador. Assim, este sobe apenas quando o sensor difuso (\_sensor\_entrada\_caixa1) é acionado duas vezes, alimentando a variável auxiliar C9, que também aciona o temporizador (TON\_6C) que conta 4 segundos referentes a subida do elevador, como exibido no Código 14 abaixo. Depois disso, o temporizador conecta a saída C7, fazendo com que o motor de subida seja desenergizado.

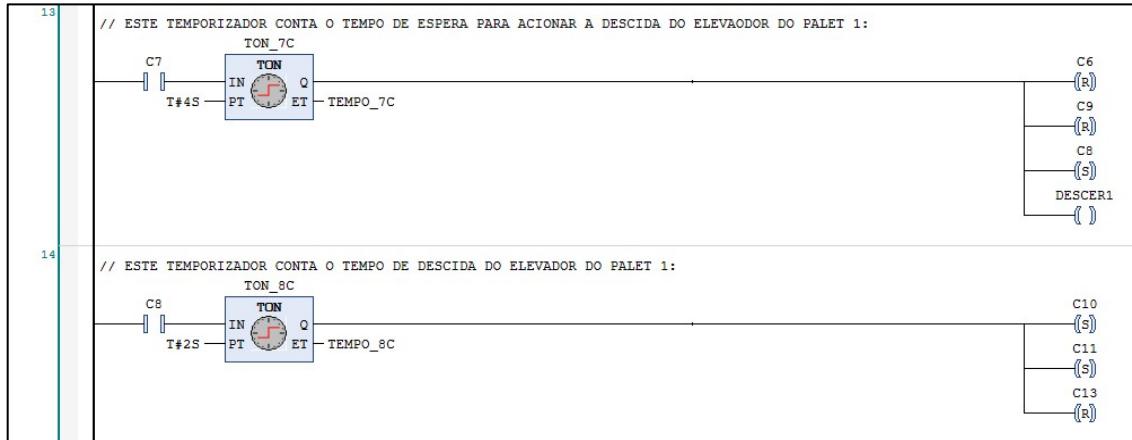
Código 14 – Acionamento do motor de subida e do motor de limite



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Depois que o elevador presente no paletizador sobe para receber as caixas, como mostrado no Código 15, o temporizador TON\_7C conta 4 segundos para acionar o motor de descida. Esses segundos estão relacionados ao tempo de espera para ele descer.

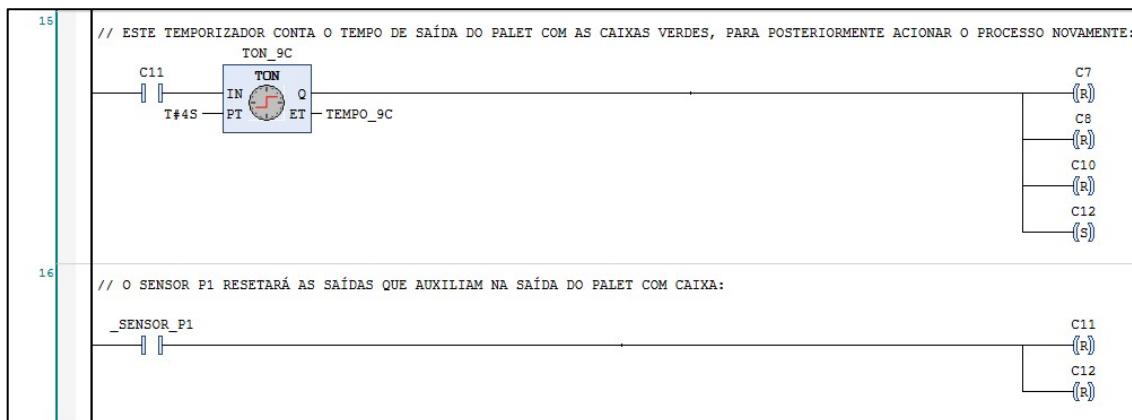
### Código 15 – Desligamento do empurrador, do centralizador e da placa



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Portanto, depois dos 4 segundos, o elevador do palete desce por 2 segundos, e depois desses, é energizada a saída auxiliar C11 que tem por função acionar o temporizador TON\_9C que conta 4 segundos para resetar alguns *starts* e também iniciar a variável C12 que controla o processo de paletização, isto é, fazendo com que o mesmo só funcione depois que o sensor capacitivo (`_sensor_p1`) detectar a chegada de um novo palete segundo o Código 16 abaixo.

### Código 16 – Acionamento do motor de descida do paletizador

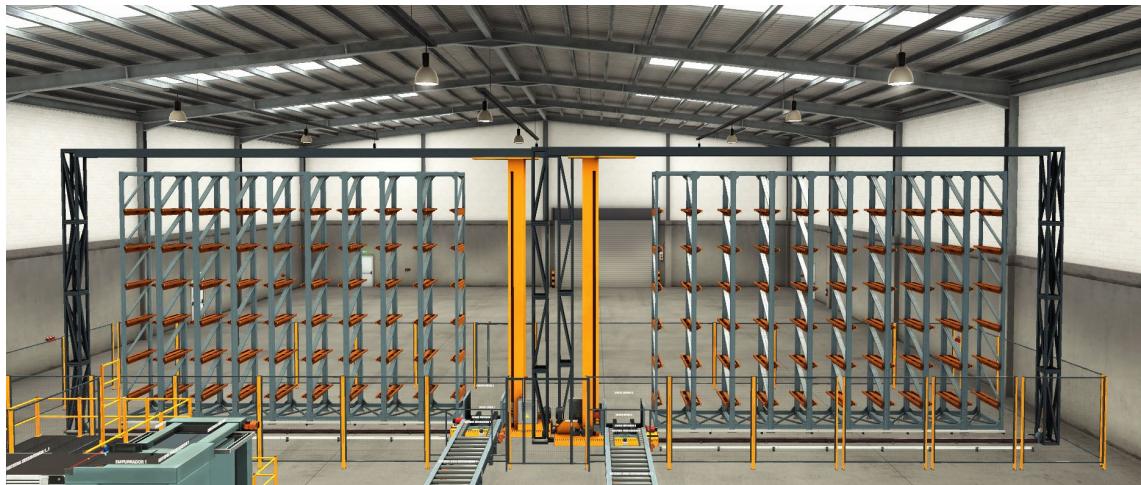


Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

## 4.4 Estocagem

Destarte, a quarta e última parte, denotada de estocagem e apresentado na Figura 27 abaixo, é onde os paletes chegarão com as caixas para que sejam alocadas de maneira automatizada em seus respectivos locais.

Figura 27 – Representação da etapa de estocagem

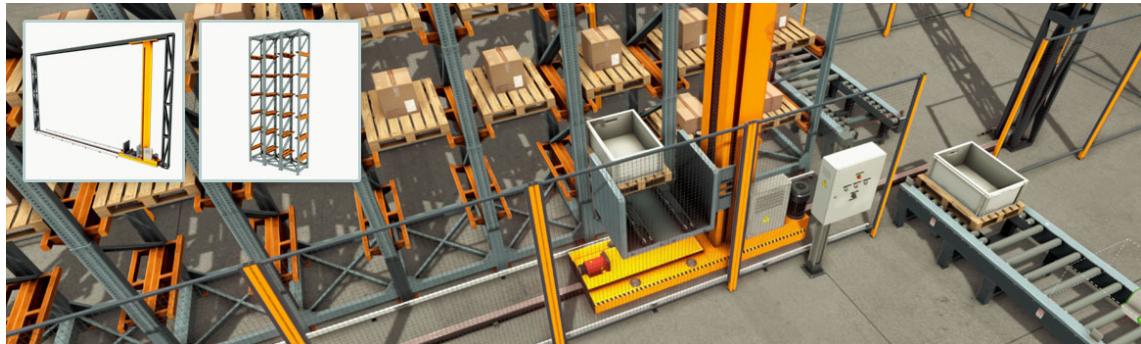


Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

#### 4.4.1 Componentes da estocagem

- Empilhadeira e prateleira: Guindaste transelevador montado sobre trilho usado para estocar cargas pesadas. Inclui um carrinho, uma plataforma vertical e dois garfos que podem deslizar para ambos os lados. Ademais, dois telêmetros a laser, colocados no carrinho e na plataforma, medem a posição horizontal e vertical da plataforma. As prateleiras são estruturas verticais de aço conectadas por vigas de aço horizontais com a finalidade de armazenar cargas. A prateleira disponível é do tipo prateleira de profundidade única, também conhecido como prateleira seletivo, que só permite que as cargas sejam armazenadas em um palete de profundidade. As cargas podem ser armazenadas de ambos os lados da prateleira. Desse modo, cada prateleira deve ser alinhada com uma das extremidades do trilho, fazendo com que o transelevador pare na posição correta. O transelevador pode ser controlado por valores Digitais, Numéricos e Analógicos, de acordo com a configuração selecionada como demonstrado na Figura 28.

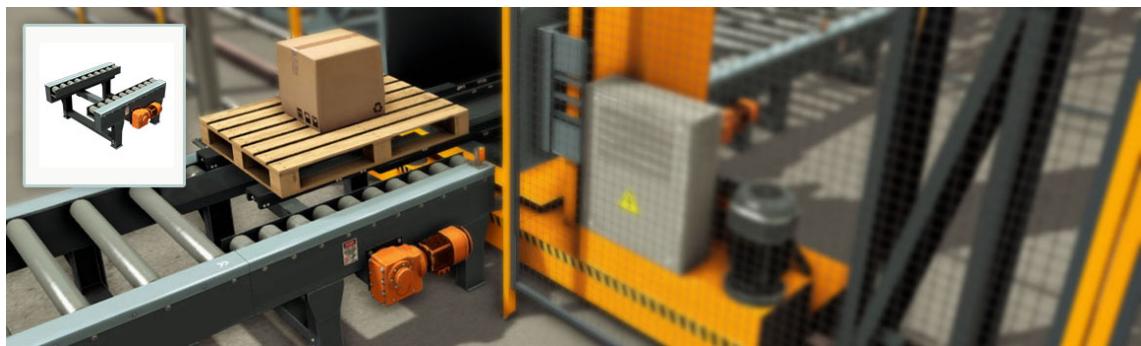
Figura 28 – Prateleiras e transelevadores



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Transportador de carga: Esteira para serviço pesado, usada principalmente para carregar ou descarregar cargas em um *crane*, Figura 29. Pode ser controlado por valores digitais ou analógicos.

Figura 29 – Representação de um transportador de carga



Fonte: Factory I/O, 2006.

- Esteira transportadora: Esteira de rolos para serviço pesado, pode ser controlada por valores digitais e analógicos de acordo com a configuração selecionada e mostrado na Figura 30.

Figura 30 – Esteiras transportadoras

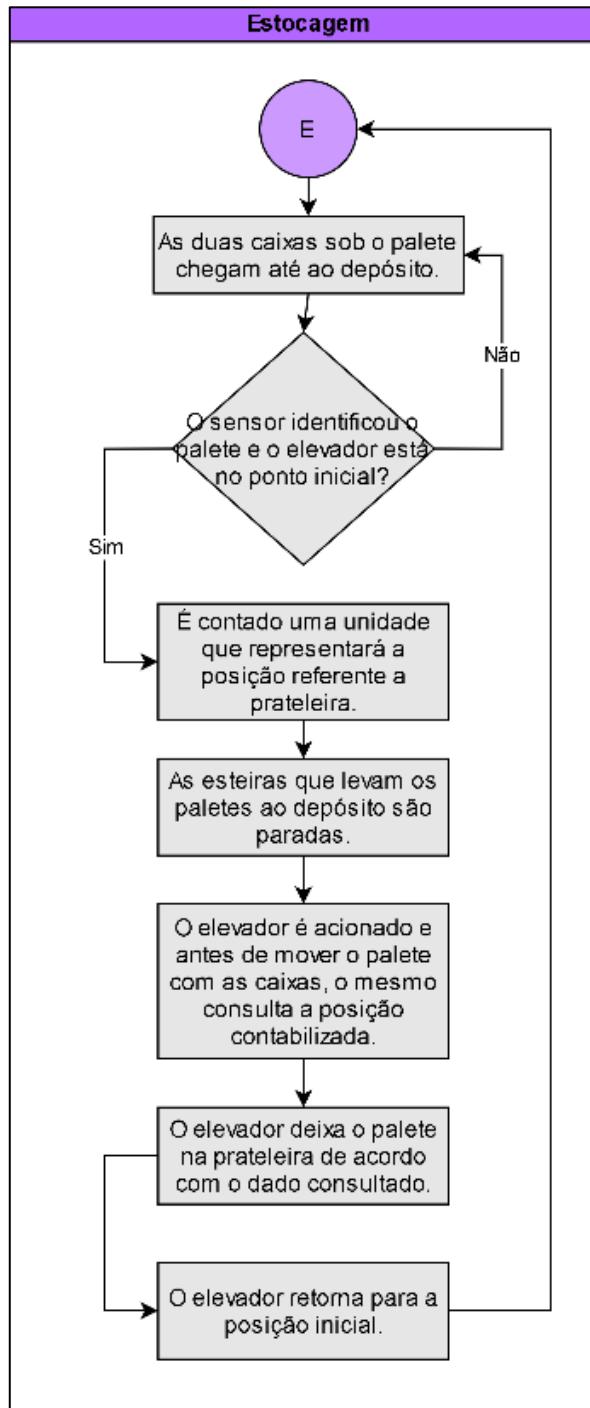


Fonte: Factory I/O, 2006.

#### 4.4.2 Fluxograma da etapa de estocagem

A seguir, ou seja, na Figura 31, é demonstrado por meio de blocos o real processo da etapa 4, ou melhor, e de estocam.

Figura 31 – Fluxograma da representação em blocos da etapa de estocagem

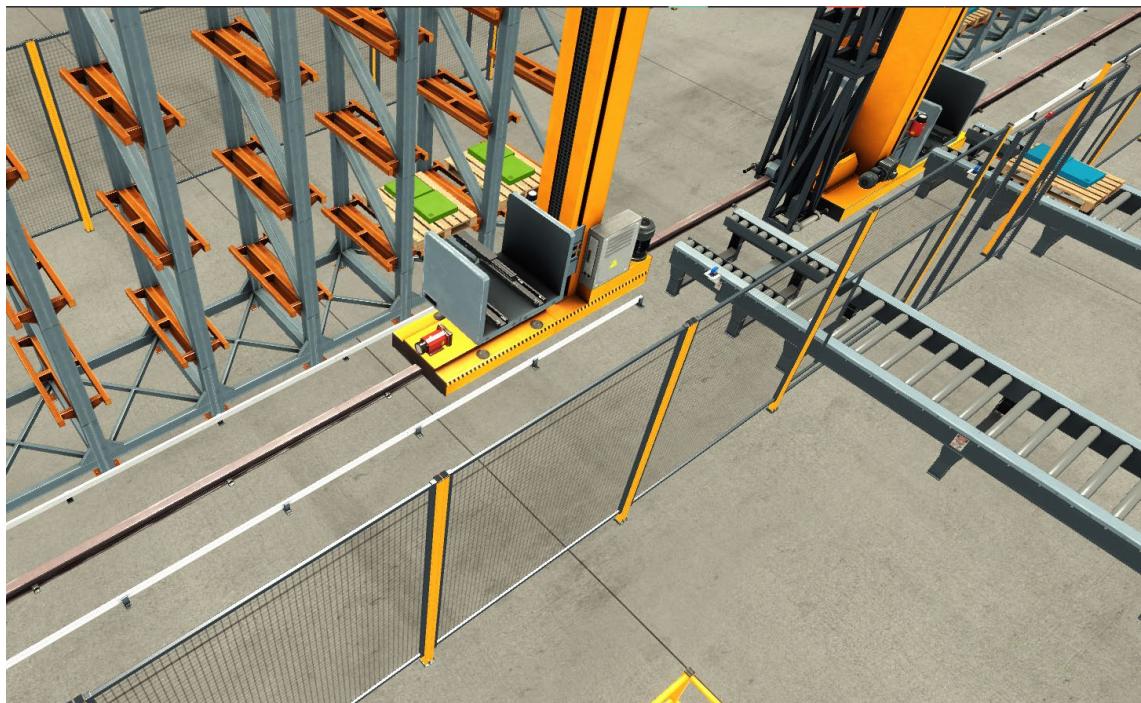


Software: Diagrams.net (Versão 14.4.4).

#### 4.4.3 Descrição da etapa de estocagem

Após a terceira etapa da paletização, essa que por sua vez tem a finalidade de colocar duas caixas, sejam elas verdes ou azuis, sob um palete de madeira, entra-se a quarta e última etapa, isto é, como exibido na Figura 32 abaixo, a de estocagem. Nessa etapa, a princípio, as caixas sob o palete chegarão até o depósito e um sensor difuso identificará a presença do palete e com a utilização de um contador, cada palete receberá uma unidade para que esse dado sirva como endereçamento na hora de alocar o material no seu respectivo lugar.

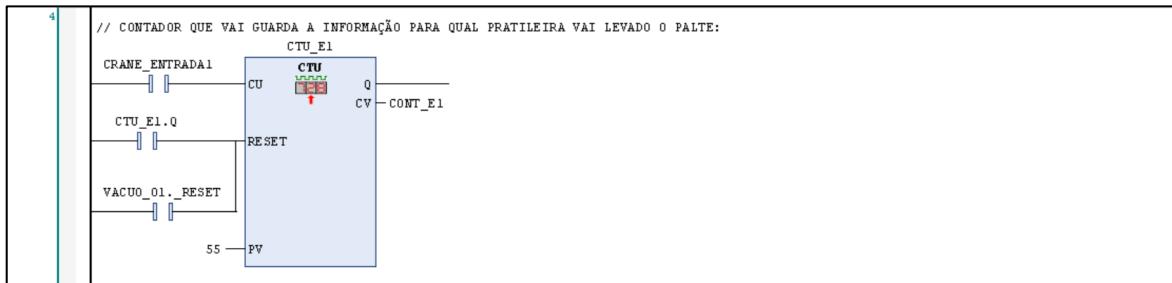
Figura 32 – Inicialização do processo de estocagem



Software: Factory I/O (Versão 2.4.3).

Sendo assim, por exemplo, digamos que um palete com duas caixas verdes sob ele chegue até a última etapa, segundo o Código 17, o *crane* de entrada identificará a presença do mesmo e contará uma unidade.

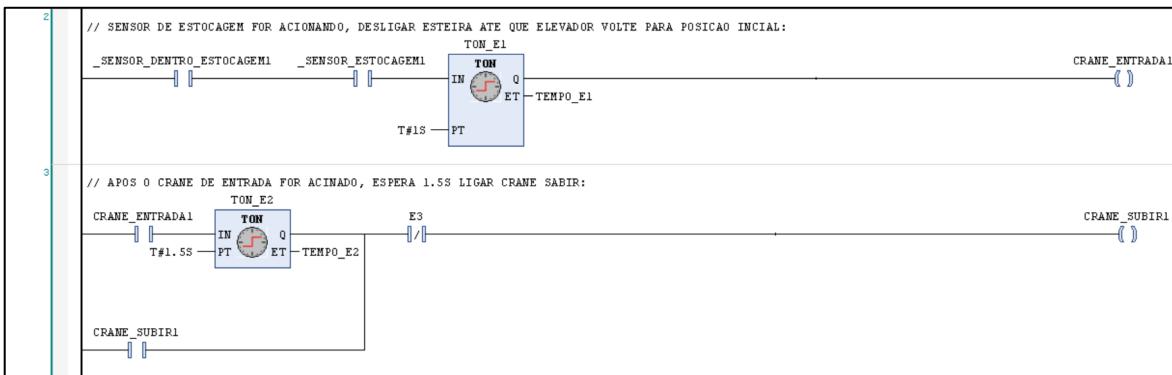
### Código 17 – Guarda a informação para qual prateleira vai ser levado o palete



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

Ademais, o sensor difuso, como programado no código 2, desligará por um curto período de tempo as esteiras que levam o palete até a estocagem para que o elevador seja acionado e realize o seu trabalho.

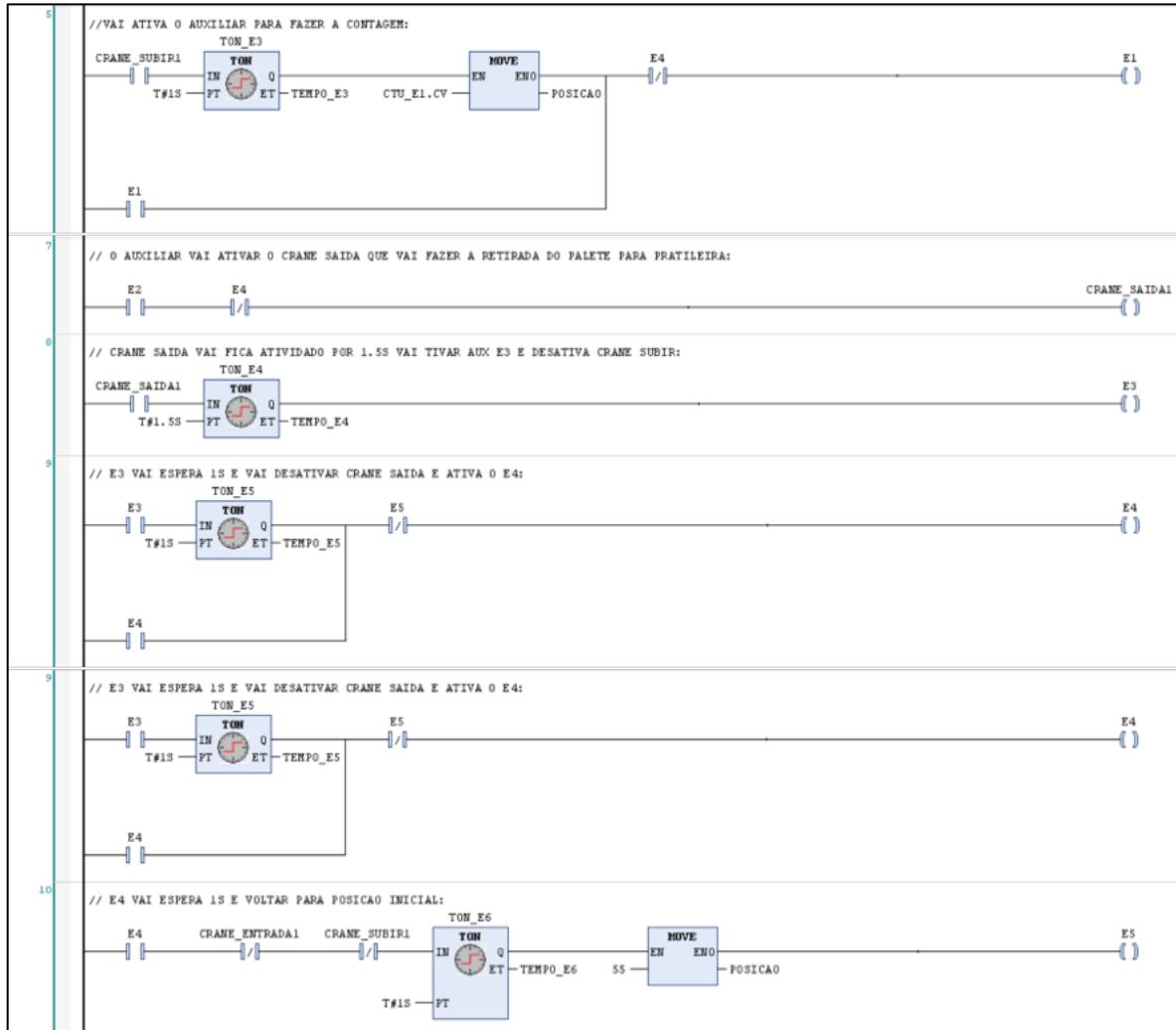
### Código 18 – Inicialização do processo de estocagem



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

O elevador será importante para deixar o palete no seu respectivo endereço. Depois disso, o elevador deixará o palete na sua prateleira e retornará para a sua posição inicial e as esteiras serão ligadas novamente segundo o Código 19 abaixo.

Código 19 – Complemento e finalização da estocagem



Software: XSOFT-CODESYS-3 (versão 3.5.11.3706).

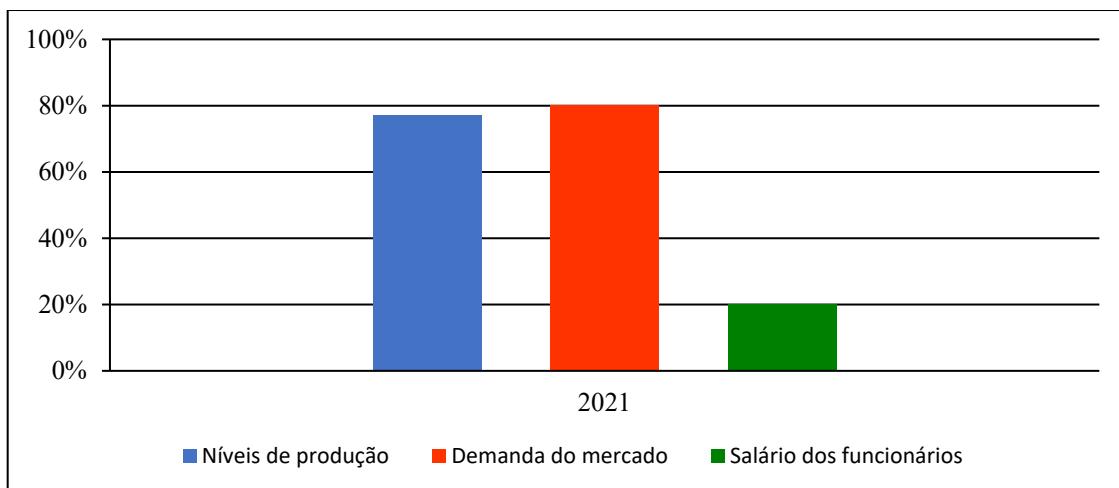
Por fim, esse ciclo se repetirá toda vez que um palete com caixas chegar na etapa de estocagem. Vale ressaltar também que a descrição completa através de diagrama e fluxograma, assim como o código da programação como da cena, podem ser encontrados nos APÊNDICES localizados no final do trabalho.

## 5 ANÁLISE E RESULTADOS

Depois de planejar e analisar os procedimentos necessários para a inicialização do projeto de separação de caixas coloridas, notou-se que a empresa *BoxColor*, de fato, maximizaria as suas atividades e também amplificaria os seus níveis de produção, visto que,

todo o processo seria automatizado com o intuito de que a empresa atenderia de maneira plena a demanda exigida pelo mercado.

Gráfico 2 – Possíveis resultados após a implementação do projeto



Diante dos dados apontados no Gráfico 2, e mais, comparando-os com os resultados passados da empresa *BoxColor*, demonstrados no Gráfico 1, em especial, com o ano de 2020, notou-se um grande avanço nos pedidos requisitados pela empresa, melhor dizendo, logo depois de implementar a simulação do projeto de separação de caixas coloridas para a mesma, os níveis de produção, que antes eram de apenas 50%, apresentaram uma variante positiva de cerca de 27%.

É importante lembrar que no ano antecedente, a empresa não atendia sequer a demanda exigida pelo mercado e também, é importante salientar que como esse é um projeto de automatização industrial, estimou-se uma redução de 40% no pagamento salarial dos funcionários, isso porque a maior parte do trabalho de separação de peças, que antes era de forma manufaturada, agora será exercido por máquinas programáveis. Entretanto, ainda assim é importante as ações de profissionais tanto para o controle do processo quanto para a manutenção das máquinas.

Diante dos fatos supracitados, é imprescindível que a *BoxColor* solicite a implementação real do projeto, haja vista que, por mais que o investimento seja alto, os resultados de crescimento da receita e também dos níveis produtivos são bastante expressivos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, abordou-se de maneira simplista acerca da automação industrial, a usabilidade dos Controlares Lógicos Programáveis (CLPs) nas indústrias e também a programação *Ladder* que é um dos principais meios de comunicação entre projetistas e máquinas. Ademais, trabalhou-se em cima dos problemas descritos pela empresa *BoxColor*, sendo eles, o processo lento nas etapas de separação, paletização e estocagem, visto que, o índice de produtividade dependia exclusivamente da quantidade de trabalhadores na linha, o que acarretava em um alto custo de mão de obra, e assim, atrasava toda a ação final.

Vale ressaltar, a princípio, que diante desse fato caótico e ineficaz para o crescimento da empresa, a *BoxColor* recebeu máquinas automatizadas para otimizar e alavancar os seus horizontes. Sendo assim, a ideia pautada nesse relatório se resumiu a planejamentos, programações em *Ladder* e simulações no *Factory I/O*, tudo isso para se atingir o objetivo geral proposto.

Além disso, segundo os dados referentes ao Gráfico 1 (antes da implementação da automatização) e ao Gráfico 2 (planta atual e automatizada), percebeu-se uma grande diferença entre eles, pois, a *BoxColor* nos anos anteriores tão pouco atingia a demanda de mercado e isso se refletia de maneira negativa, haja vista que, em alguns anos, a sua receita também não abrangia os níveis salariais dos funcionários. Porém, o do projeto de separação de caixas coloridas, mesmo que tenha sido apenas de maneira teórica e simulada, trouxe resultados que foram além das expectativas e isso soube de bom tom para que esse projeto de automação industrial se tornasse realidade para a empresa.

## REFERÊNCIAS

CLP, o Controlador Lógico Programável. **Digel Elétrica Ltda.** Disponível em: <<https://www.digel.com.br/artigos/7/clp-o-controlador-logico-programavel>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.

Como instalar o software de programação e simulação de CLP. **Codesys**, 2020. Disponível em: <<https://www.nerd-rosa.com.br/post/como-instalar-o-software-de-programa%C3%A7%C3%A3o-e-simula%C3%A7%C3%A3o-de-clp-codesys>>. Acesso em: 06 de março de 2021.

Factory I/O. **Nova Didactica**, 2016. Disponível em: <<http://novadidacta.com.br/product/factory-i-o/#:~:text=O%20FACTORY%20I%2FO%20%C3%A9%2C%20CLPs%2C%20microcontroladores%2C%20etc.>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.

FACTORY I/O: Software de Automação Industrial. **Nova Didacta**, 2019. Disponível em: <<http://novadidacta.com.br/product/factory-i-o/#:~:text=O%20FACTORY%20I%2FO%20%C3%A9,%2C%20CLPs%2C%20microcontroladores%2C%20etc.>>>. Acesso em: 06 de março de 2021.

Kernighan, Brian W.; Ritchie, Dennis M (1978). ***The C Programming Language*** (em inglês). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice hall. 228 páginas.

Marcelo Georgini (2007). **Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com CLP.** [S.I.]: Érica. ISBN: 9788571947245.

Sensor capacitivo: O que é e como funciona? **Citisystems**, 2015. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sensor-capacitivo/>>. Acesso em: 05 de março de 2021.

Sensores Ópticos: Como funcionam? **Citisystems**, 2017. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sensores-opticos/>>. Acesso em: 05 de março de 2021.

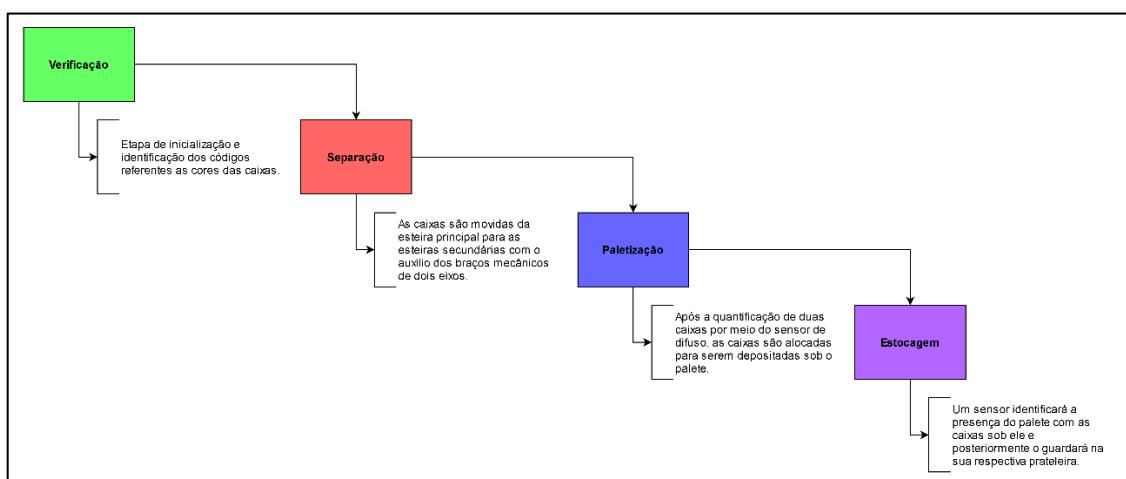
Transelevador. **Portogente**, 2016. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/74910-transelevador#:~:text=Transelevador%20ou%20turret%20crane%20se,equipamento%20em%20um%20corredor%20estreito.%3E>>. Acesso em: 07 de março de 2021.

Uma rápida análise sobre automação industrial. **Professor PUC Goiás, 2003**. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO05.pdf>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.

## APÊNDICES

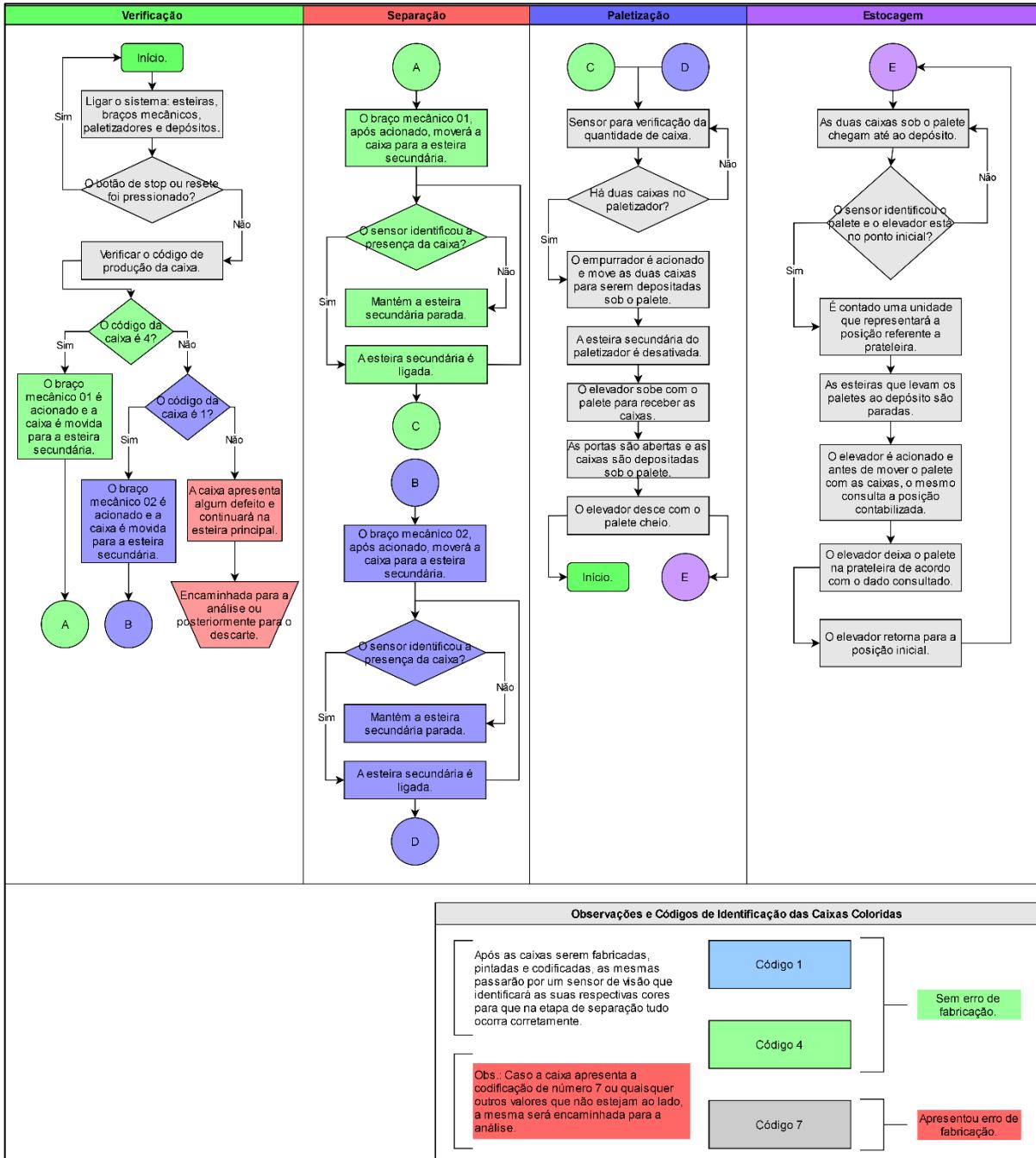
### APÊNDICE A – Diagrama e Fluxograma da Separação de Caixas Coloridas

Figura 33 – Diagrama da separação de caixas coloridas



Software: Diagrams.net (Versão 14.4.4).

Figura 34 – Fluxograma completo da separação de caixas coloridas



Software: Diagrams.net (Versão 14.4.4).

## APÊNDICE B – *Link para Download do Código e da Cena*

O código de programação e também a cena da separação de caixas coloridas foram upados no site MEGA e podem ser baixados acessando o link disponível em: <https://mega.nz/folder/nlZ3FQ7b#qg4x4PO4eO9IQ2BfPO3tXA>.

## APÊNDICE C – Tabelas de Variáveis do Código *Ladder* Utilizado na Cena

Logo abaixo seguem os dados da Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4 acerca das variáveis utilizadas na programação da cena de separação de caixas coloridas.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas no processo de verificação

Variável	Tipo	Descrição
_START	BOOL	Liga o sistema
_STOP	BOOL	Desliga o sistema
_RESET	BOOL	Reseta os painéis digitais e os contadores da programação
_EMERGENCIA_STOP	BOOL	Desliga o sistema quando houve manutenção ou algum defeito nas máquinas
CONTAGEM_VERDES	UINT	Contador das caixas verdes que será demonstrado nos painéis digitais
CONTAGEM_DEFEITOS	UINT	Contador das caixas com defeitos que será demonstrado nos painéis digitais
CONTAGEM_AZUIS	UINT	Contador das caixas azuis que será demonstrado nos painéis digitais
_SENSOR_CAIXA	REAL	Sensor que identifica os códigos das caixas
CAIXA_VERDE	BOOL	Guarda a informação do sensor de caixa
CAIXA_AZUL	BOOL	

Tabela 2 – Variáveis utilizadas no processo de separação

Variável	Tipo	Descrição
_SENSOR_ENTRADA01	BOOL	Sensor que detecta a caixa na esteira principal e aciona a o braço mecânico
_SENSOR_SAIDA01	BOOL	Sensor que detecta a caixa na esteira secundária e desliga a o braço mecânico
_DETECTED_VACUO01	BOOL	Sensor que verifica se a uma caixa e ligar o vácuo
X1	BOOL	Eixo X do braço mecânico, quando acionado vai para frente
X2	BOOL	
Y1	BOOL	Eixo Y do braço mecânico, quando acionado desce
Y2	BOOL	
VACUO_1	BOOL	Suga a caixa e segura
VACUO_2	BOOL	

Tabela 3 – Variáveis utilizadas no processo do paletizador

Variável	Tipo	Descrição
_SENSOR_ENTRADA_CAIXA1	BOOL	Conta as caixas que vão para o palete
_SENSOR_ENTRADA_CAIXA2	BOOL	
_SENSOR_P1	BOOL	Sensor capacitivo localizado na esteira do elevador do paletizador que indica a chegada do palete, permitindo o acionamento do motor de limite.
	BOOL	
_SENSOR_P2	BOOL	Também auxilia no <i>reset</i> de variáveis auxiliares no fim do processo
	BOOL	
CENTRALIZADOR1	BOOL	Centraliza as caixas que estão em cima da placa
CENTRALIZADOR2	BOOL	
PLACA1	BOOL	Abre e fecha, com a função de deixar as caixas em cima do palete
PLACA2	BOOL	
MOVER1	BOOL	

MOVER2	BOOL	Motor que indica que o elevador do paletizador deve se mover até o limite
DESCER1	BOOL	Motor de descida, o qual quando acionado sem o MOVER, desce apenas um pouco
DESCER2	BOOL	
SUBIR1	BOOL	Motor de subida, o qual quando acionado sem o MOVER, sobe apenas um pouco
SUBIR2	BOOL	
EMPURRADOR1	BOOL	Empurra as caixas para cima da placa
EMPURRADOR1	BOOL	

Tabela 4 – Variáveis utilizadas no processo de estocagem

Variável	Tipo	Descrição
_SENSOR_ESTOCAGEM1	BOOL	Sensor que aciona desliga as esteiras e liga a <i>crane</i> entrada
_SENSOR_ESTOCAGEM2	BOOL	
CRANE_ENTRADA1	BOOL	Pega o palete no início da esteira e aciona o <i>crane</i> subir
CRANE_ENTRADA2	BOOL	
CRANE_SAIDA1	BOOL	Retirar o palete do transelevador e desliga o <i>crane</i> subir
CRANE_SAIDA2	BOOL	
CRANE_SUBIR1	BOOL	Sobe para que ocorra a entrada no palete no transelevador e desce para a retirada do palete na prateleira
CRANE_SUBIR2	BOOL	
POSICAO	UNIT	Variável que vai identificar a informação para qual prateleira será guardado o palete