



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

FELIPE RIBEIRO NAGASAWA

**SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE ESTAMPAGEM PROFUNDA
EM CHAPAS METÁLICAS**

UBERLÂNDIA

2022

FELIPE RIBEIRO NAGASAWA

**SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE ESTAMPAGEM EM
CHAPAS METÁLICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Renato Santos Carrijo

UBERLÂNDIA

2022

FELIPE RIBEIRO NAGASAWA

**SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE ESTAMPAGEM EM
CHAPAS METÁLICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha avó Alice, que é meu modelo de pessoa e que mesmo não estando mais aqui me ensina a como ser uma pessoa melhor. À minha mãe, pela paciência e apoio. À minha digníssima por estar sempre ao meu lado quando a corda aperta, aos amigos que a faculdade me deu, e aos meus professores, que sempre estiveram dispostos a transmitir o conhecimento que possuem.

“Não se entregue aos sonhos de ter o que você não tem, mas calcule a principal das bênçãos que você possui, e então, felizmente, lembre-se de como você ansiaria por elas se não fossem suas.”

(Marco Aurélio)

RESUMO

Com o avanço da tecnologia no mundo, surgem novas formas de se realizarem processos produtivos em fábricas. Nas últimas décadas, ocorreram mudanças na forma em que esses processos são realizados. Hoje, em sua grande maioria, os processos industriais são feitos através de sistemas automatizados devido sua eficiência em termos de velocidade e qualidade serem imensamente maiores do que aqueles realizados com a utilização de sistemas de manufatura. O principal objetivo deste trabalho é mostrar uma simulação de um processo amplamente utilizado na indústria: a estampagem de placas metálicas. Para isso, se apresentará a união de conhecimentos adquiridos durante a graduação de engenharia de controle e automação na Universidade Federal de Uberlândia, unindo conhecimento de matérias distintas para demonstrar a aplicação prática em um sistema que simula condições e equipamentos reais. Desse modo, por meio de simulações computacionais, utilizando-se dos *softwares* FLUIDSIM FESTO, ELIPSE E3 e CODESYS FESTO, este trabalho demonstra a integração entre equipamentos utilizados no processo de estampagem, como atuadores, válvulas e sensores, equipamento de controle programável (CLP) e um sistema de aquisição e supervisão de dados, todos comunicando entre si através o protocolo de comunicação OPC.

Palavras-chave: Estampagem de placas metálicas. CLP. OPC.

ABSTRACT

As technology advances around the world, new ways of carrying out production processes in factories arise. In recent decades, there have been changes in the way these processes are carried out. Today, the vast majority of industrial processes are done through automated systems because their efficiency in terms of speed and quality are immensely greater than processes performed using manufacturing systems. The main objective of this work is to show a simulation of a process widely used in the industry, which is the stamping of metal plates, presenting the union of knowledge acquired during the graduation of control and automation engineering at the Federal University of Uberlândia, uniting knowledge of materials to demonstrate practical application in a system that simulates real conditions and equipment. Thus, through computer simulations, using the FLUIDSIM FESTO, ELIPSE E3 and CODESYS FESTO software, this work demonstrates the integration between equipment used in the stamping process, such as actuators, valves and sensors, programmable control equipment (PLC) and a data acquisition and supervision system, all communicating with each other through the OPC communication protocol.

Keywords: Stamping of metal plates. PLC. OPC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação das linguagens de programação.....	13
Figura 2 – Representação de um diagrama de circuito pneumático	16
Figura 3 – Representação de um sistema supervisório	18
Figura 4 – Representação do sistema supervisório	20
Figura 5 – Esquemático do manipulador cartesiano de entrada	22
Figura 6 – Esquemático do manipulador cartesiano de saída.....	23
Figura 7 – Representação da prensa hidráulica.....	25
Figura 8 – Esquema de entradas e saídas do FluidSIM para o OPC.....	26
Figura 9 – Esquema de passo transição em SFC.....	27
Figura 10 – Esquema de passo transição em LADDER estruturado em SFC	28
Figura 11 – Criação de um novo projeto	29
Figura 12 – Criação de um novo domínio	30
Figura 13 – Criação de um novo domínio	30
Figura 14 – Troca de informações entre os softwares	31
Figura 15 – Configuração da comunicação no software FluidSIM	32
Figura 16 – Configuração da comunicação no software FluidSIM	32
Figura 17 – Configuração da comunicação no software FluidSIM	33
Figura 18 – Configuração da comunicação no software CODESYS	34
Figura 19 – Configuração da comunicação no software CODESYS.....	35
Figura 20 – Configuração da comunicação no software Elipse E3	36
Figura 21 – Configuração da comunicação no software Elipse E3	37
Figura 22 – Configuração da comunicação no software Elipse E3	38
Figura 23 – Configuração da comunicação no software Elipse E3	39
Figura 24 – Tela de login.....	40
Figura 25 – Tela de supervisão	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Simbologia dos elementos do FluidSIM	21
Quadro 2 – Nomenclatura e função dos sensores do manipulador de entrada	23
Quadro 3 – Nomenclatura e função dos sensores do manipulador de saída	24
Quadro 4 – Nomenclatura e função dos sensores da prensa hidráulica	25

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	10
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Simulação	10
1.2 Objetivo	11
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i>	<i>11</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	<i>11</i>
CAPÍTULO II	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Controlador lógico programável.....	12
2.2 Atuadores e válvulas.....	14
2.3 Estampagem profunda.....	14
2.4 Simulador festo fluidsims.....	15
2.5 OPC	16
2.6 Sistema supervisórios	17
CAPÍTULO III	19
3 METODOLOGIA	19
3.1 Requisitos do sistema	19
3.2 Descrição do processo.....	19
3.3 Especificação dos elementos do sistema.....	21
3.4 Construção do sistema no fluidsims.....	22
3.5 Construção do sistema no codesys	27
3.6 Construção da IHM no elipse e3	29
3.7 Comunicação.....	31
3.8 Operação e supervisão.....	39
CAPÍTULO IV	42
4 CONCLUSÃO	42
5 REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A – BIBLIOTECA DE COMPONENTES DO FLUIDSIM	47
APÊNDICE B – ESQUEMA DA SIMULAÇÃO NO FLUIDSIM	49
APÊNDICE C – LÓGICA LADDER NO CODESYS	50

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Em algumas fábricas, o processo de estampagem de peças ainda depende da operação manual de alguns trabalhadores na colocação das chapas de metais nas matrizes onde têm sua forma tomada através de uma prensa hidráulica. Tal atividade pode ser automatizada, otimizando seu processo de produção, economizando tempo para a atividade ser realizada, diminuindo custos operacionais e também as chances de acidentes envolvendo a prensa hidráulica.

Dados do Sistema Federal de Inspeção do Trabalho – SFIT – demonstraram que no período de 2002 a 2005, 15% dos acidentes de trabalho registrados no Brasil envolveram interfaces com máquinas – entre elas, prensas e equipamentos similares (guilhotinas, cisalhadoras, injetoras de plástico e desbobinadeiras) –, responsáveis por 21% desses acidentes, caracterizados como graves, com mutilações e mortes (DEUSDARÁ, 2005).

Um dos benefícios mais contundentes da automação é o aumento da produtividade e da qualidade do material produzido. Percebe-se facilmente a grande diferença nos resultados da produção, uma vez que as indústrias conseguem atualmente garantir a segurança de pessoas durante a operação, a padronização dos produtos, a redução de perdas, a redução no tempo de entrega, entre outras vantagens, tudo isso graças à aplicação da automação industrial (LIMA et al., 2017).

Tendo em vista os benefícios em relação à produtividade, qualidade e segurança da produção automatizada em comparação à produção de manufatura devido à velocidade de operação do sistema automatizado ser maior, ter uma acurácia maior em relação à padronização e mais possibilidades de implementação de medidas de segurança, o processo escolhido para a realização dessa simulação foi o processo automatizado.

1.1 Simulação

A simulação é a maneira de modelar um sistema real com uma precisão muito grande, onde é possível entendê-lo claramente, analisar os problemas que podem vir a ser enfrentados durante a etapa de comissionamento do sistema, e dotado dessas

informações é possível escolher a melhor forma para contornar as dificuldades que serão enfrentadas.

Devido ao baixo custo em relação à construção do sistema e à sua utilidade, a simulação é amplamente utilizada na indústria e também em laboratórios de ensino e pesquisa.

Uma das ferramentas que surgem com a necessidade de contribuir para a sociedade é a simulação virtual. Simulação é uma das ferramentas mais poderosas disponíveis para tomada de decisão, responsável pelo desenvolvimento e operação de sistemas complexos (SHANNON, 1998).

Um modelo de simulação é uma abstração da realidade que sempre se aproxima do verdadeiro sistema, mas sempre mais simples que ele (CHWIF et al., 2006).

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é trazer uma solução automatizada para processos de estampagem na indústria automobilística, em forma de simulação.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral do trabalho, os seguintes objetivos específicos devem ser concluídos:

- Revisão da bibliografia;
- Modelar o sistema hidráulico e pneumático no *software* FluidSIM da Festo;
- Executar testes de funcionamento do sistema hidráulico;
- Programar o código do CLP virtual no *software* Codesys;
- Executar testes de funcionamento do sistema código Ladder;
- Realizar a comunicação OPC entre os *softwares* citados;
- Executar testes de funcionamento da comunicação;
- Implementar uma IHM utilizando o Elipse E3;
- Validar o funcionamento do sistema.

CAPÍTULO II

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais fundamentos para a compreensão deste trabalho. Serão abordados conceitos de válvulas e atuadores, estampagem profunda, Controladores Lógicos Programáveis (CLP), simulador Festo FluidSIM e comunicação OLE for Process Control (OPC).

2.1 Controlador lógico programável

O desenvolvimento dos CLPs começou em 1968, em resposta a uma necessidade constatada pela General Motors. Naquela época, frequentemente se consumiam dias ou semanas para alterar um sistema de controle baseado em relés, e isso ocorria sempre com a mudança de um modelo de carro ou com a introdução de modificações na linha de montagem. Para reduzir esse alto custo, a General Motors especificou um sistema de estado sólido, com a flexibilidade de um computador, que pudesse ser programado e mantido pelos engenheiros e técnicos nas fábricas. Também era preciso que suportasse o ar poluído, a vibração, o ruído elétrico e os extremos de umidade e temperatura encontrados normalmente num ambiente industrial. Os primeiros CLPs foram instalados em 1969, com sucesso quase imediato (CASTRUCCI; MORAES, 2007).

As entradas e saídas do sistema são conectadas aos instrumentos de campo fisicamente, interfaceando a CPU e o meio externo. Dessa forma, essas entradas e saídas ligadas a ele são atualizadas (SILVEIRA; LIMA, 2003).

Uma das maiores vantagens do CLP é poder alterar a lógica facilmente, bastando apenas reprogramar as instruções de sua memória. Por esse motivo, a mudança de lógica se torna mais simples, de baixo custo, garantindo ainda rapidez já que não há necessidade de realizar mudanças físicas, como era preciso ao usar lógica de comando com relés (ROSÁRIO, 2009).

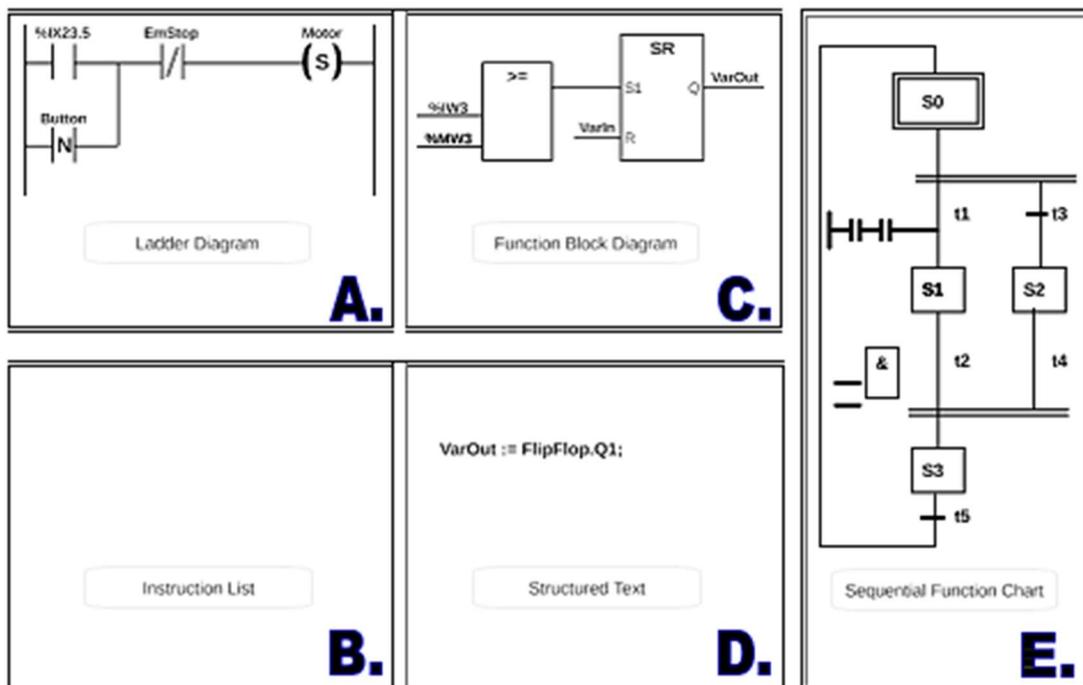
O CLP executa ciclicamente uma sequência de instruções, sendo as seguintes fases as mais importantes: a leitura das variáveis de entrada, a execução do programa de aplicação e a atualização das variáveis de saída (PUPO, 2002). Na primeira etapa, os sensores presentes no campo realizam a transformação de grandezas físicas em

pulsos elétricos. Estes são enviados ao CLP e armazenados em sua memória até que haja alguma mudança na variável. Inicia-se então a segunda etapa, onde o CLP executa o programa, seguindo suas instruções. Por fim temos o último passo, em que ao finalizar um ciclo de varredura do programa, o CLP atua na saída e atualiza as variáveis, iniciando um novo ciclo.

A norma IEC 61131-1 (1992) define CLP como:

Sistema digital eletronicamente operado, projetado para ser usado no ambiente industrial, no qual usa uma memória programável para o armazenamento interno de instruções orientadas pelo usuário para implementação de funções específicas como lógicas, sequenciamento, temporização, contagem e aritméticas, para controlar, através de entradas analógicas ou digitais e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. Ambos CLP e periféricos associados são projetados de forma que esses possam ser facilmente integrados a um sistema de controle industrial e facilmente utilizados em todas suas funções propostas.

Figura 1 – Representação das linguagens de programação



Fonte: Adaptada de SENAI (2011).

A programação Ladder, representada pelo item A da Figura 1 é basicamente uma lógica de contatos com base na antiga lógica de comandos por relés. O item B da Figura 1 representa a linguagem Instruction List (IL), uma composição de várias instruções, e cada uma delas começa em uma nova linha e constitui-se de operador, modificador e operando. A lógica do item C é a chamada Function Block Diagram

(FBD), formada de blocos que executam determinada função a partir das variáveis de entrada nela conectadas, gerando uma variável de saída.

O item D da Figura 1 retrata a linguagem Structured Text (ST), considerada de alto nível e que define um bloco de funções complexos. Esta pode ser usada concomitantemente com qualquer uma das demais linguagens. Por fim, o item E representa a Sequential Function Chart (SFC), que expõe graficamente e de forma sequencial as etapas do sistema, promovendo maior detalhamento deste, possibilitando melhor compreensão do problema e garantindo funcionamento satisfatório. O SFC é formado por etapas conectadas a transições relacionadas a condições e blocos de ação.

2.2 Atuadores e válvulas

Atuador é um elemento que produz ações, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos. Existe uma infinidade de elementos atuadores (MENEZES, 2012).

O controle de tais atuadores, isto é, o comando para executar ou parar o trabalho de tal, se dá, normalmente, através de válvulas. Válvulas são dispositivos de controle que podem ser operados manual, mecânica ou eletronicamente e ainda podem ter seu acionamento via fluido, seja ele pneumático ou hidráulico, chamadas válvulas pilotadas (FERREIRA, 2018).

Barbosa (2017) diz que aproximadamente de 5 a 8% dos custos totais de instalação de uma indústria de processo se referem à compra de válvulas. Em termos de número de unidades, as válvulas perdem apenas para as conexões de tubulação.

2.3 Estampagem profunda

Estampagem é um conjunto de operações de conformação a frio (corte, furação, dobramento e repuxo) realizadas na região plástica de deformação dos materiais, pela imposição de uma deformação permanente de uma chapa, com o objetivo de produzir peças com determinada forma (MESQUITA; RUGANI, 1997).

As ferramentas que permitem a obtenção da forma desejada são denominadas estampos e as máquinas que fornecem a energia e os movimentos necessários para a conformação são denominadas prensas (MESQUITA; RUGANI, 1997).

Segundo Schaeffer (2004), a estampagem ou embutimento é um processo de conformação que envolve uma contínua intervenção entre ferramenta, lubrificante, material de conformação e equipamento. Exemplo típico desse processo é o embutimento de recipientes cilíndricos, obtidos a partir de discos planos previamente recortados. A grande vantagem da fabricação de componentes a partir de chapas metálicas é o reduzido custo originado pela minimização do uso da matéria-prima, aliado à baixa necessidade de usinagem. Com o aumento da motorização, a longo prazo, os processos de estampagem tornam-se cada vez mais importantes e significativos.

Ferrarini (2004) diz que o processo de estampagem profunda ou embutimento profundo é um processo em que uma chapa, inicialmente plana, é transformada em um corpo oco sem que haja aparecimento de rugas e trincas. As ferramentas que permitem a obtenção da forma desejada são chamadas de estampos, constituídos por um punção, uma matriz e um sujeitador chamado de prensa-chapas.

2.4 Simulador festo fluidSIM

Uma característica importante do FluidSIM é sua estreita ligação com a funcionalidade do CAD e a simulação. O FluidSIM permite a criação de desenhos segundo a norma DIN de diagramas de circuitos eletro-hidráulicos e é capaz de realizar simulações realistas do desenho, baseada em modelos físicos dos componentes, ou seja, elimina a lacuna existente entre o desenho de um diagrama de circuitos e a simulação da respectiva instalação hidráulica (MANUAL FESTO, 2004).

Ainda segundo Leitão (2013), o protocolo OPC trata de um mecanismo de comunicação baseado em uma arquitetura orientada a serviços, onde clientes enviam requisições a servidores, e estes disponibilizam os dados através de um espaço de endereçamento bem definido. Além disso, esse padrão especifica modelos de informação e segurança e perfis aos quais clientes e servidores podem ter conformidade, trazendo flexibilidade de implementação para os diversos sistemas presentes no setor industrial.

O OPC é um protocolo de comunicação aberto que permite um método consistente de acesso aos dados de inúmeros equipamentos dos mais diversos fabricantes. O método é o mesmo, independente da origem dos dados, o que vem oferecer ao usuário final maior liberdade na escolha dos equipamentos independentemente da disponibilidade de drivers de comunicação proprietários (CARVALHO et al., 2017).

Existem diversos tipos de redes específicas para ambientes industriais, tais como Profibus, ControlNET, Foundation Fieldbus entre outras. Cada fabricante desenvolve um driver específico para comunicação com seus dispositivos. Em um sistema composto de dispositivos de diferentes fabricantes, a implementação de um sistema SCADA torna-se uma tarefa muito árdua, decorrente da utilização de uma grande variedade de drivers de comunicação, o que implica em um custo adicional, diferente desempenho entre dispositivos, dificultando o treinamento e manutenção do sistema (FONSECA, 2002).

2.6 Sistema supervisórios

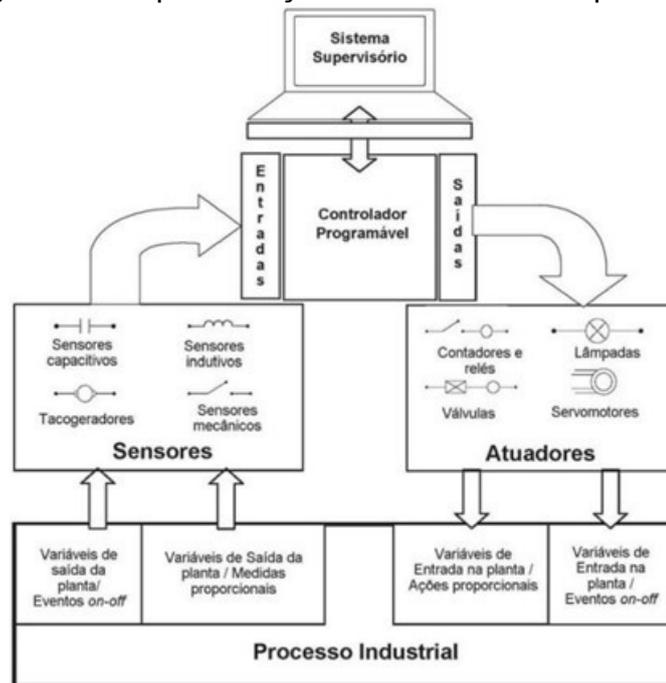
Os sistemas supervisórios podem ser vistos como sistemas que supervisionam ou monitoram processos executados em uma planta industrial através da visualização de variáveis da planta que está sendo automatizada, bem como das ações tomadas pelo sistema de automação. Sistemas supervisores são usualmente empregados com a finalidade de tornar possível o reconhecimento de prováveis falhas em componentes da planta, antes que essas falhas ocorram efetivamente (JURIZATO et al., 2003).

O sistema supervisório, atuando como um *software* dedicado à monitoração e automação de um processo ou operação, é uma das ferramentas gerenciais da cadeia de informações necessária para a implementação de conceito de operação on-line via

microcomputadores, envolvendo instrumentação de campo, painéis na sala de controle, controladores e *softwares* especializados (MENEZES, 2009).

Sistemas supervisórios são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo. Estas são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em bancos de dados locais ou remotos para fins de registro histórico (CASTRUCCI; MORAES, 2007).

Figura 3 – Representação de um sistema supervisório



Fonte: Castrucci e Moraes (2007).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGIA

3.1 Requisitos do sistema

Alguns requisitos são necessários para a construção desse sistema:

- A elaboração de um sistema de emergência;
- A sinalização da presença e da posição das chapas no processo;
- Operação automática de todo o sistema;
- Sistema de supervisão;
- Contagem do número de peças produzidas;
- Operação segura.

3.2 Descrição do processo

A figura a seguir descreve as etapas do processo que foram realizadas para a construção do sistema simulado de estampagem em chapas metálicas:

- **Etapa 1**

Na primeira etapa do sistema, a chapa é posicionada por uma esteira, dotada de um sensor de presença. Caso o sensor detecte a presença de uma placa, ela volta a atuar se não houver mais a presença da placa.

- **Etapa 2**

O manipulador 1A pega a placa posicionada na esteira e encaixa-a na matriz da prensa de estampagem.

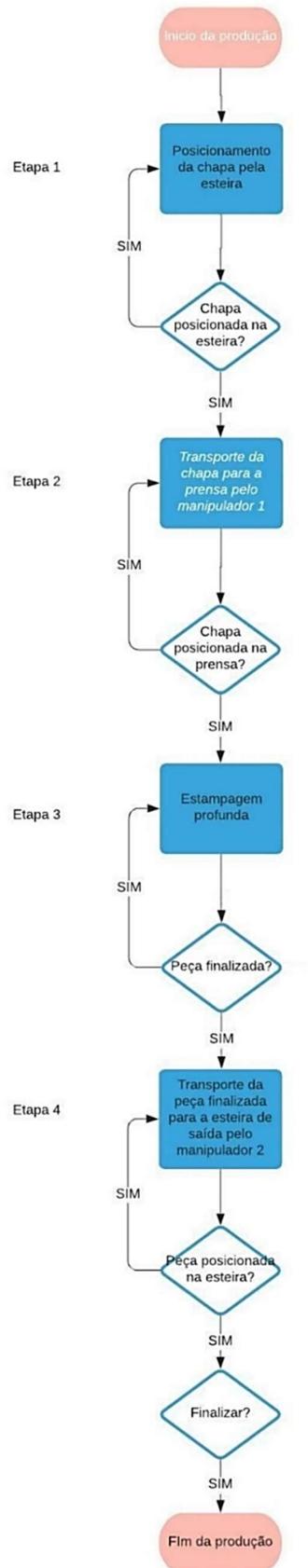
- **Etapa 3**

A estampagem é realizada pela prensa hidráulica.

- **Etapa 4**

O transporte da peça finalizada para a esteira de saída será realizado assim que a prensa tiver seu atuador completamente recuado.

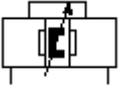
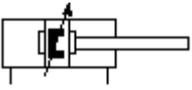
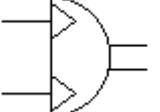
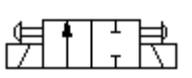
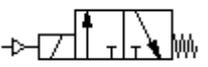
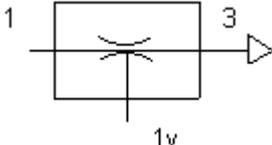
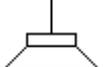
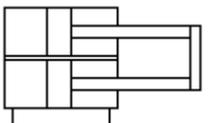
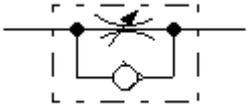
Figura 4 – Representação do sistema supervisório



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Especificação dos elementos do sistema

Quadro 1 – Simbologia dos elementos do FluidSIM

Quantidade	Símbolo	Descrição
2		Cilindro de dupla ação com slider e amortecimento.
2		Cilindro de dupla ação com pistão de uma haste e amortecimento.
2		Atuador semi-rotativo.
6		Válvula direcional 4/2 acionada por solenoides e por entrada pneumática, tendo o sinal pneumático como prioridade.
3		Válvula direcional 2/2 acionada por solenoides e por botões manuais.
2		Válvula direcional 3/2 acionada por solenoide e por sinal pneumático com retorno por mola.
2		Bico de sucção à vácuo.
1		Compressor de suprimento de ar.
2		Ventosa.
1		Cilindro de dupla ação com pistão de duas hastes.
12		Válvula de controle unidirecional.

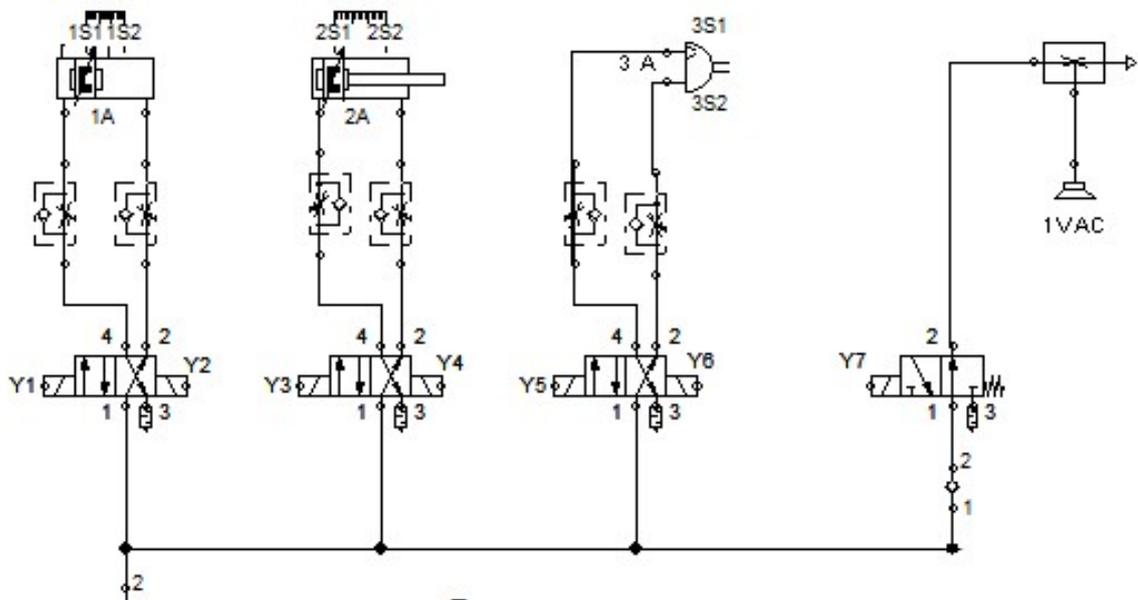
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Construção do sistema no fluidSIM

No *software* FluidSIM é possível encontrar elementos que simulam dispositivos reais, com grande precisão.

No item *hierarchical view*, localizado na aba *library* do *software* é possível encontrar os componentes disponíveis na biblioteca do *software* (no Apêndice A estão os componentes mais utilizados e disponibilizados pelo *software*). Ao clicar sobre quaisquer itens com o botão direito, temos a opção *component description* que descreve brevemente o elemento. Ao arrastar, ou copiar e colar o item desejado na área de trabalho do *software*, é possível interligá-los através de uma linha que representa uma tubulação pneumática, assim construindo sistemas pneumáticos simulados de forma simples, como os mostrados a seguir.

Figura 5 – Esquemático do manipulador cartesiano de entrada



Fonte: Elaborado pelo autor.

O manipulador cartesiano de entrada é responsável pela etapa 2 do processo produtivo. Seu funcionamento inicia com a finalização da primeira etapa, que ocorre com a presença de uma placa metálica no fim da primeira esteira.

A sequência de funcionamento do primeiro manipulador se inicia com a ativação da ventosa. Em seguida, temos o avanço descensional do atuador 2A, responsável pelo movimento vertical do manipulador. Com o avanço do atuador, a chapa é fixada na ventosa, e após a fixação da peça na ventosa, o mesmo

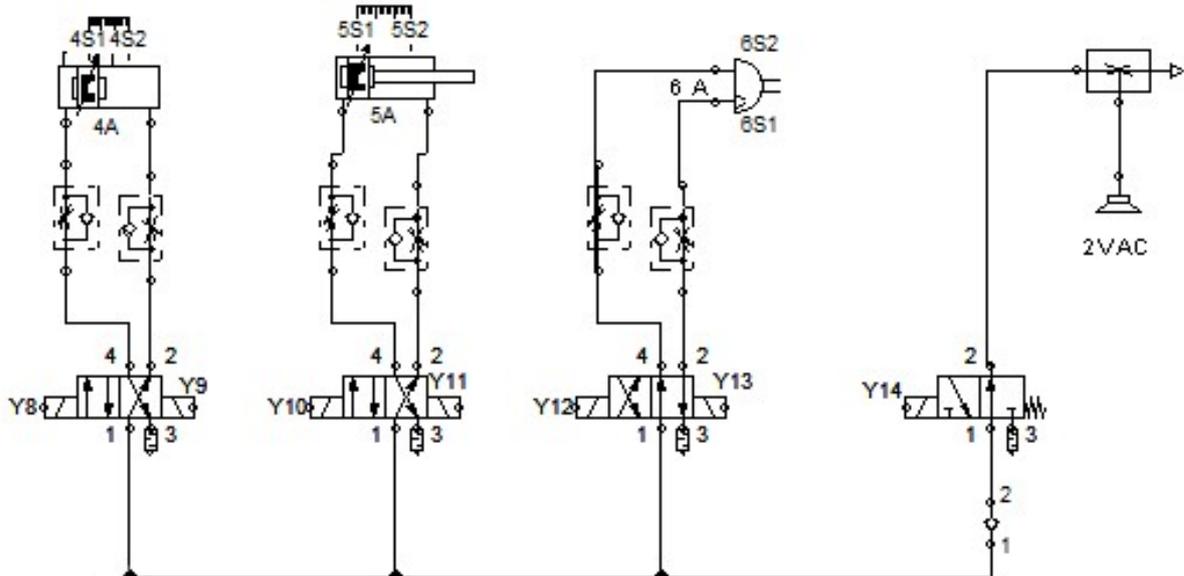
manipulador recua, e então o atuador 1A, responsável pelo movimento horizontal do manipulador, avança, ativando o sensor 1S2, e o atuador semi-rotativo 3A posiciona a placa sobre a matriz. Caso o punção esteja recuado e não haja peça ou placa sobre a matriz, o atuador 2A avança, encaixando a placa na matriz e desligando o vácuo da ventosa. Com a peça posicionada, o manipulador faz o caminho inverso e o ciclo se repete.

Quadro 2 – Nomenclatura e função dos sensores do manipulador de entrada

SENSOR	AÇÃO
1S1	Sinaliza que o atuador 1A está recuado.
1S2	Sinaliza que o atuador 1A está avançado.
2S1	Sinaliza que o atuador 2A está recuado.
2S2	Sinaliza que o atuador 2A está avançado.
3S1	Sinaliza que o atuador 3A está recuado.
3S2	Sinaliza que o atuador 3A está avançado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 – Esquemático do manipulador cartesiano de saída



Fonte: Elaborado pelo autor.

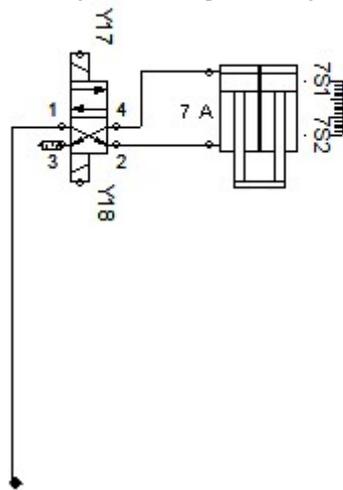
O manipulador de saída tem seu trabalho iniciado na etapa 4 do processo. Sua sequência tem início com a identificação de presença de uma peça estampada na matriz e a sinalização de recuo do punção. Logo após, o atuador semi-rotativo 6A avança, e com seu avanço o sensor 6S2 ativará e o atuador 5A avançará com a ventosa ativa. Ao coletar a peça conformada, o atuador 5A retorna à posição inicial, bem como o 6A. Logo após ele, o manipulador 4A avança horizontalmente em direção à esteira de saída. Acionando 4S2, 5A avança e o vácuo da ventosa é desligado, e assim a peça conformada é levada pela esteira para outras etapas de produção. 5A recua e em seguida 4A também, e o ciclo se repete.

Quadro 3 – Nomenclatura e função dos sensores do manipulador de saída

SENSOR	AÇÃO
4S1	Sinaliza que o atuador 4A está recuado.
4S2	Sinaliza que o atuador 4A está avançado.
5S1	Sinaliza que o atuador 5A está recuado.
5S2	Sinaliza que o atuador 5A está avançado.
6S1	Sinaliza que o atuador 6A está recuado.
6S2	Sinaliza que o atuador 6A está avançado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Representação da prensa hidráulica



Fonte: Elaborado pelo autor.

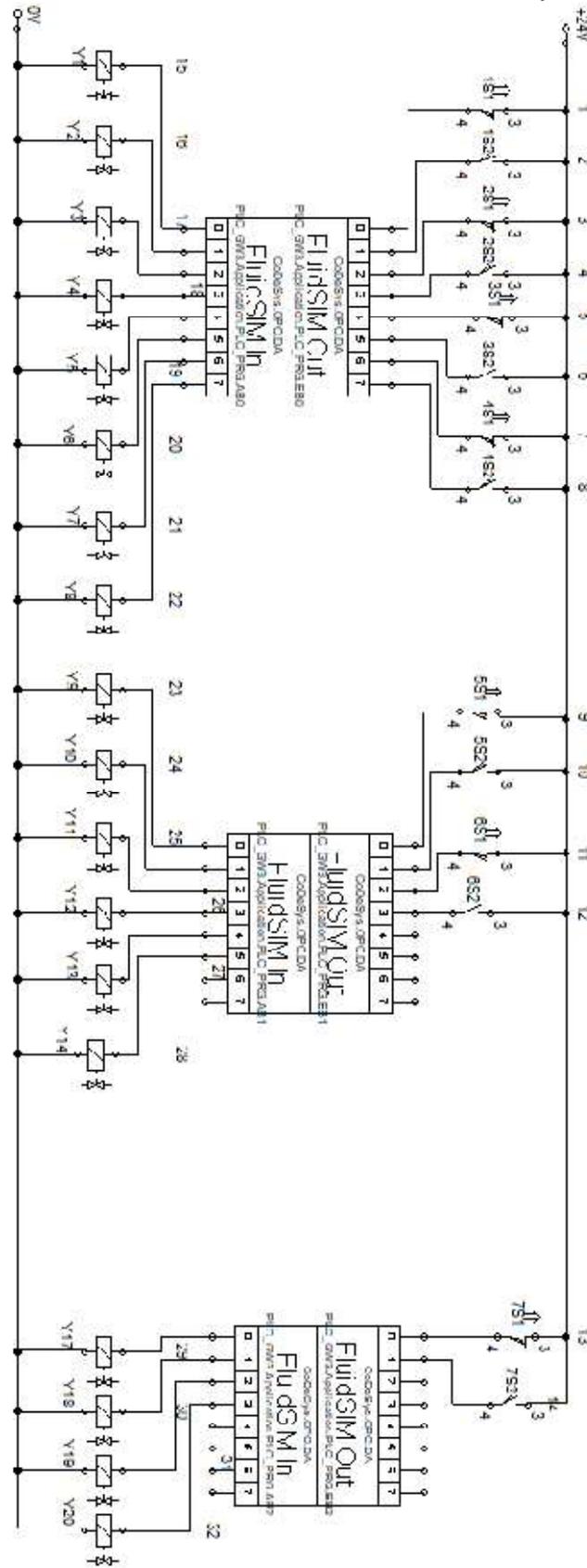
A prensa hidráulica tem sua ativação com o posicionamento da chapa metálica sobre a matriz, e com a ausência dos outros atuadores ou quaisquer objetos estranhos que estiverem sob ela.

Quadro 4 – Nomenclatura e função dos sensores da prensa hidráulica

SENSOR	AÇÃO
7S1	Sinaliza que o atuador 7A está recuado.
7S2	Sinaliza que o atuador 7A está avançado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 – Esquema de entradas e saídas do FluidSIM para o OPC



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 8, temos os sinais de entrada e de saída de variáveis de monitoramento e de controle. Os sinais de comando são enviados pelo Codesys e recebidos pelo bloco “FluidSIM In” no FluidSIM, enquanto os sinais são capturados pelo bloco “FluidSIM Out” e enviados ao Codesys. Os sinais recebidos pelo bloco de comunicação atuam sobre os relés de solenoide, que por sua vez atuam sobre as válvulas que controlam o avanço e o recuo dos atuadores. Essa relação é dada através da etiquetagem dos atuadores. Os sensores de fim e início de curso dos atuadores estão linkados às chaves que são responsáveis por enviar ao Codesys a posição de cada atuador.

3.5 Construção do sistema no codesys

O Codesys é um *software* da FESTO de parametrização que simula um dispositivo físico de controle.

O sistema foi construído utilizando a programação Ladder e seguindo a estrutura SFC como demonstra a Figura 9. A lógica implementada no Codesys segue esse padrão e encontra-se no apêndice C.

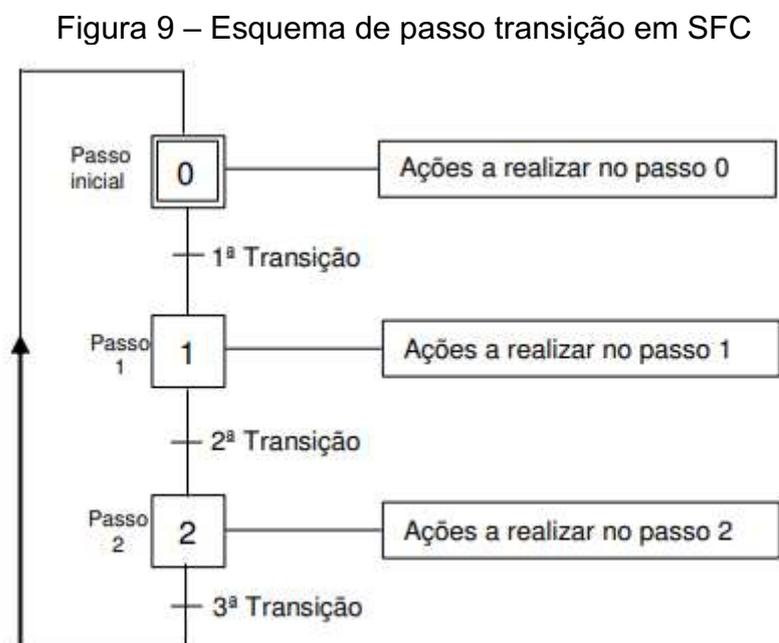
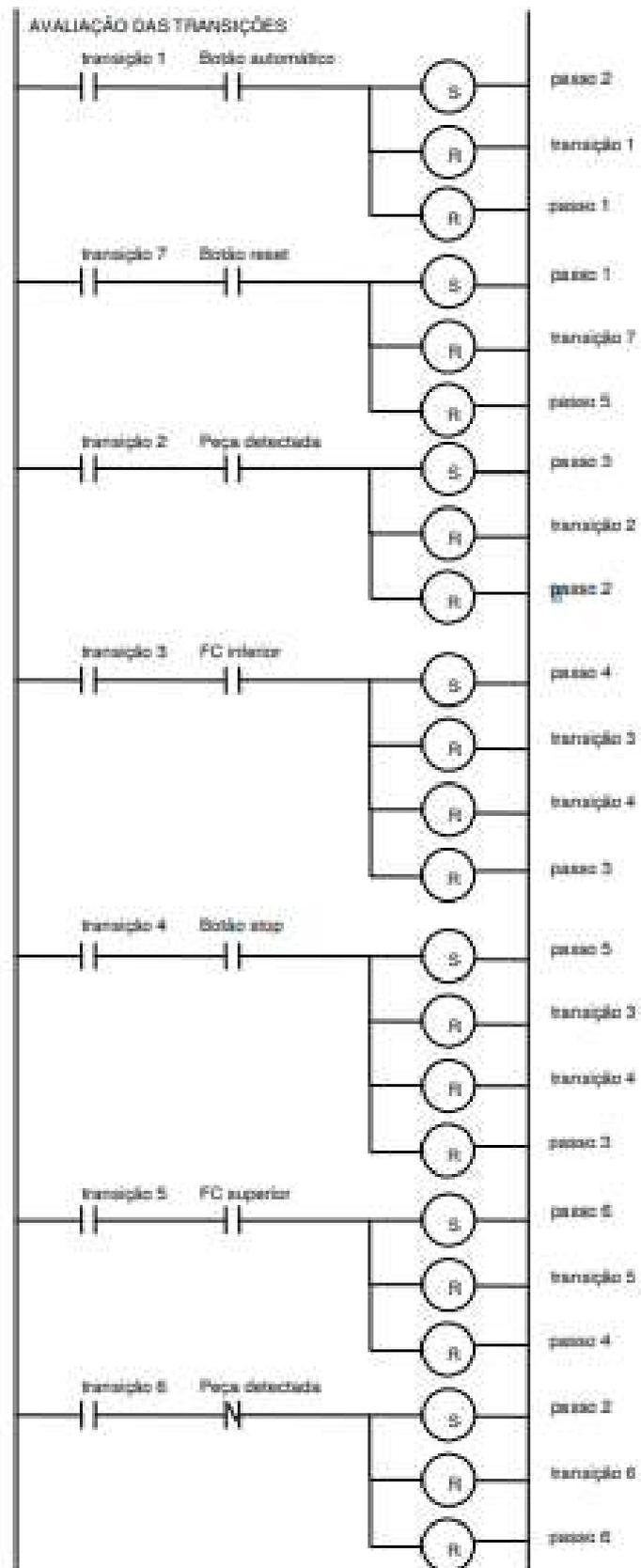


Figura 30 – Esquema de passo transição em LADDER estruturado em SFC

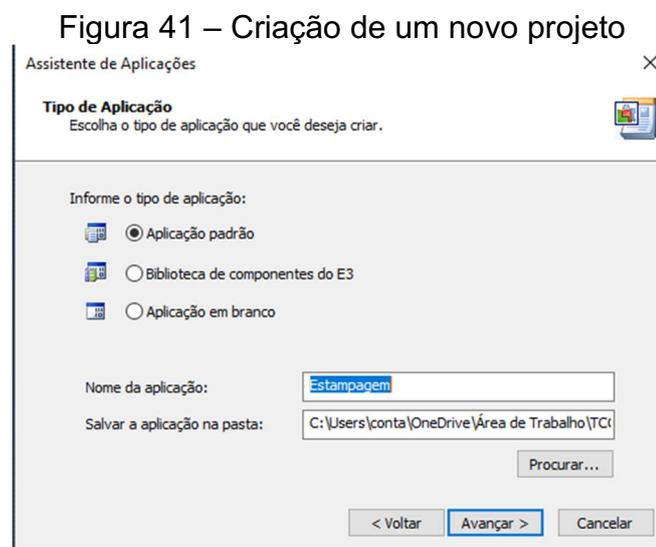


Fonte: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1881405/mod_resource/content/0/Aula_SFC.pdf

3.6 Construção da IHM no Eclipse e3

o Eclipse E3 é uma ferramenta SCADA para monitoramento e controle de processos, oferecendo escalabilidade e constante evolução para diversos tipos de aplicações, desde simples interfaces HMI até complexos centros de operação em tempo real.

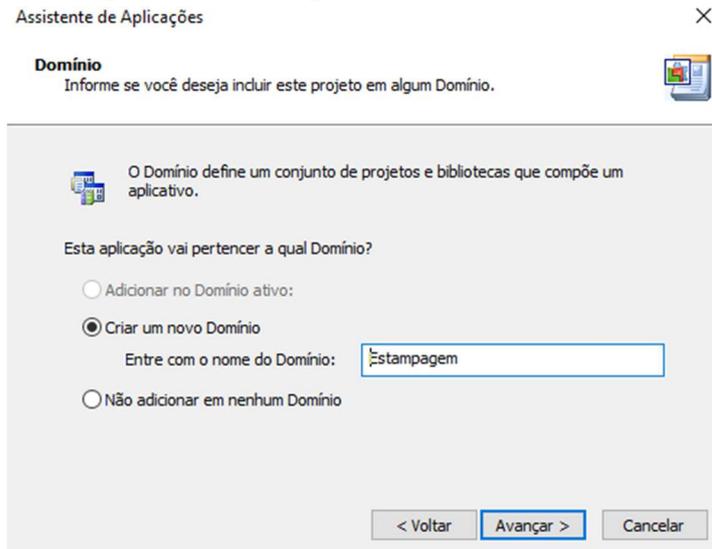
Para iniciar o projeto foi criada uma aplicação padrão na abertura do *software*, a criação também pode ser feita a partir da aba “arquivo”, no item “novo projeto”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao clicar em avançar na tela anterior, a opção de criar um novo domínio é mostrada na seguinte tela, com a definição do que é um domínio. A partir daí, tem-se um projeto novo, pronto para ser configurado.

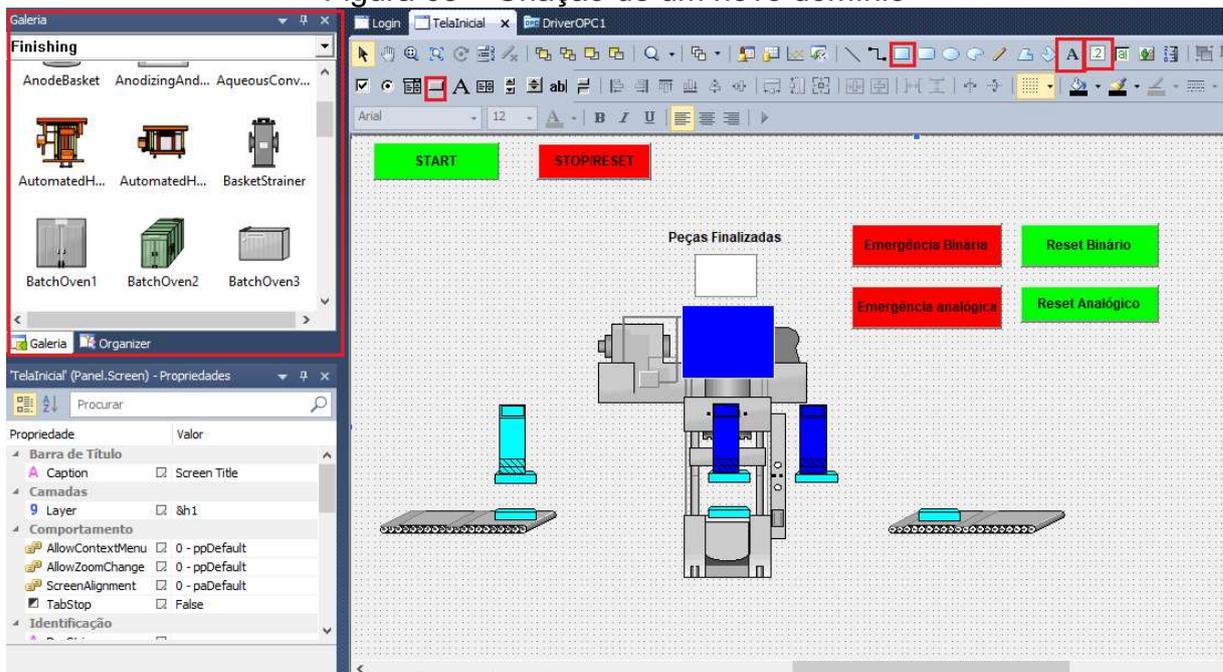
Figura 52 – Criação de um novo domínio



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os elementos destacados em vermelho, na Figura 13 foi criada a tela de monitoramento do sistema. A tela de monitoramento conta com a movimentação dos atuadores, a contagem de peças finalizadas, os botões de parada de emergência analógica e digital, o botão de início do processo, de parada da esteira que alimenta o sistema e de *reset* das emergências. Logo abaixo da tela há um sumário de alarmes.

Figura 63 – Criação de um novo domínio



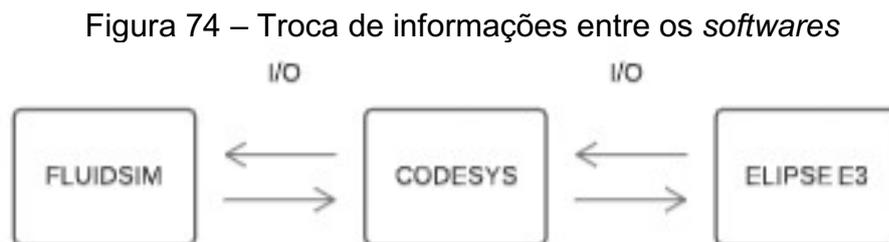
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os movimentos foram adicionados aos elementos da IHM de forma que os movimentos se tornaram inteligíveis e foram construídos com a ativação e desativação da visualização dos elementos. A forma utilizada para realizar essa estratégia foi desagrupar, explodir, criar movimento e agrupar novamente.

Esses movimentos, bem como a ativação e desativação, foram associados às *tags* que são informações recebidas do CODESYS via OPC, e informações que serão enviadas para ele.

3.7 Comunicação

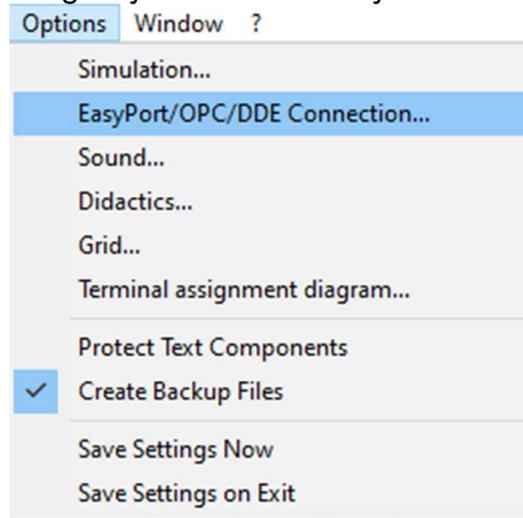
Neste trabalho, os três *softwares* citados trocam informações entre si. A Figura 14 descreve como essa troca de informações ocorre.



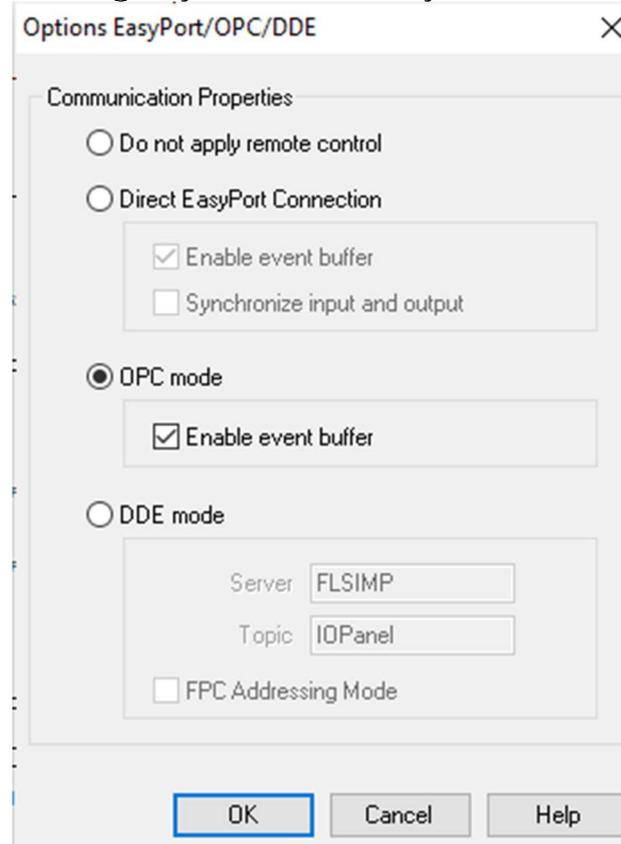
Fonte: Elaborado pelo autor.

A troca de informações entre esses elementos acontece através do protocolo OPC, e para que essas informações sejam transmitidas é necessário a configuração dos servidores OPC nos três *softwares*.

No software FluidSIM, na aba *options* do simulador, encontramos a opção “EasyPort/OPC/DDE Connection...”. É necessário acessá-la e alterar o *checkbox* de “DDE mode” para “OPC mode” a fim de fazer com que o sistema de comunicação mostrado na Figura 14 funcione corretamente.

Figura 85 – Configuração da comunicação no *software* FluidSIM

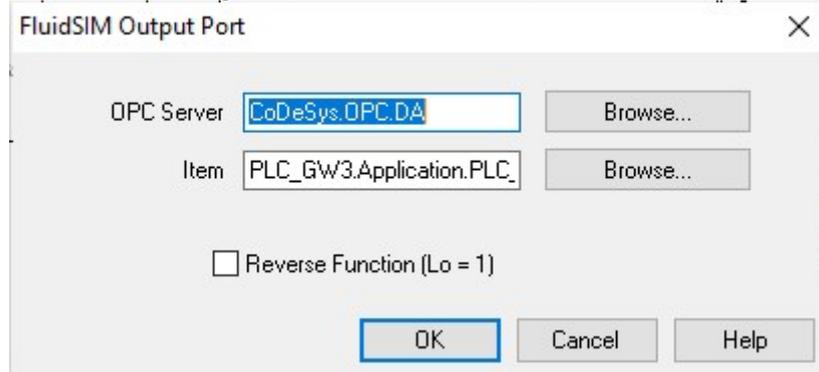
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 96 – Configuração da comunicação no *software* FluidSIM

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao clicar nos blocos “FluidSIM In” e “FluidSIM Out” (Figura 8), a tela da figura abaixo é aberta. Nela, temos a opção de selecionar o servidor OPC e o endereço da variável, que transmitirá as informações para o Codesys. Ele tem o tamanho de 1 byte, em que cada bit pode ser desmembrado no Codesys para trabalhar individualmente cada evento do sistema.

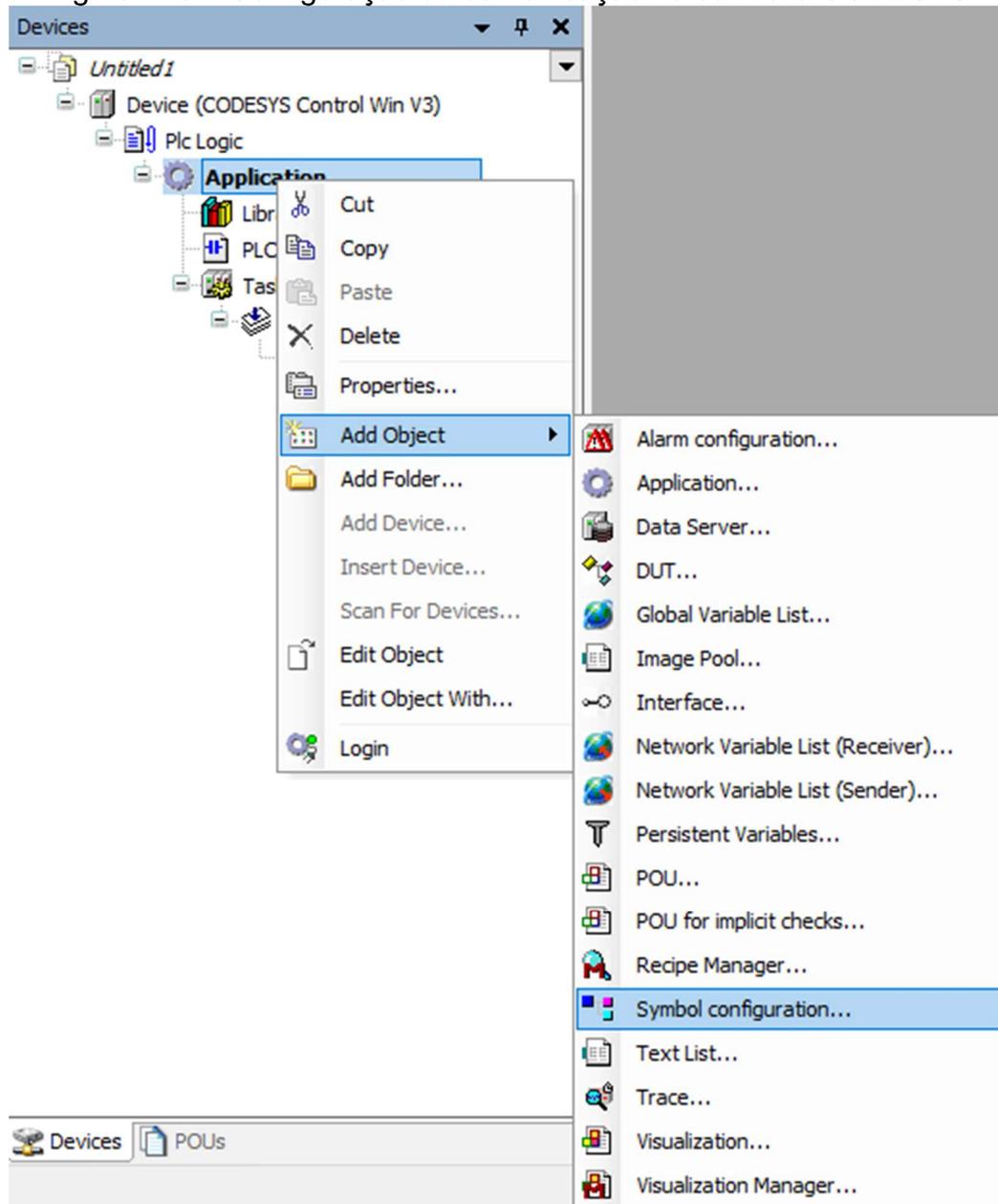
Figura 107 – Configuração da comunicação no *software* FluidSIM



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para que a variável mostrada acima, na aba Item, esteja disponível, antes é necessário que haja a configuração do servidor OPC do Codesys. Clicando em *Application*, com o botão direito, e adicionando o objeto *Symbol configuration*, é possível configurar todas as variáveis internas e externas para comunicação.

Figura 118 – Configuração da comunicação no *software* CODESYS



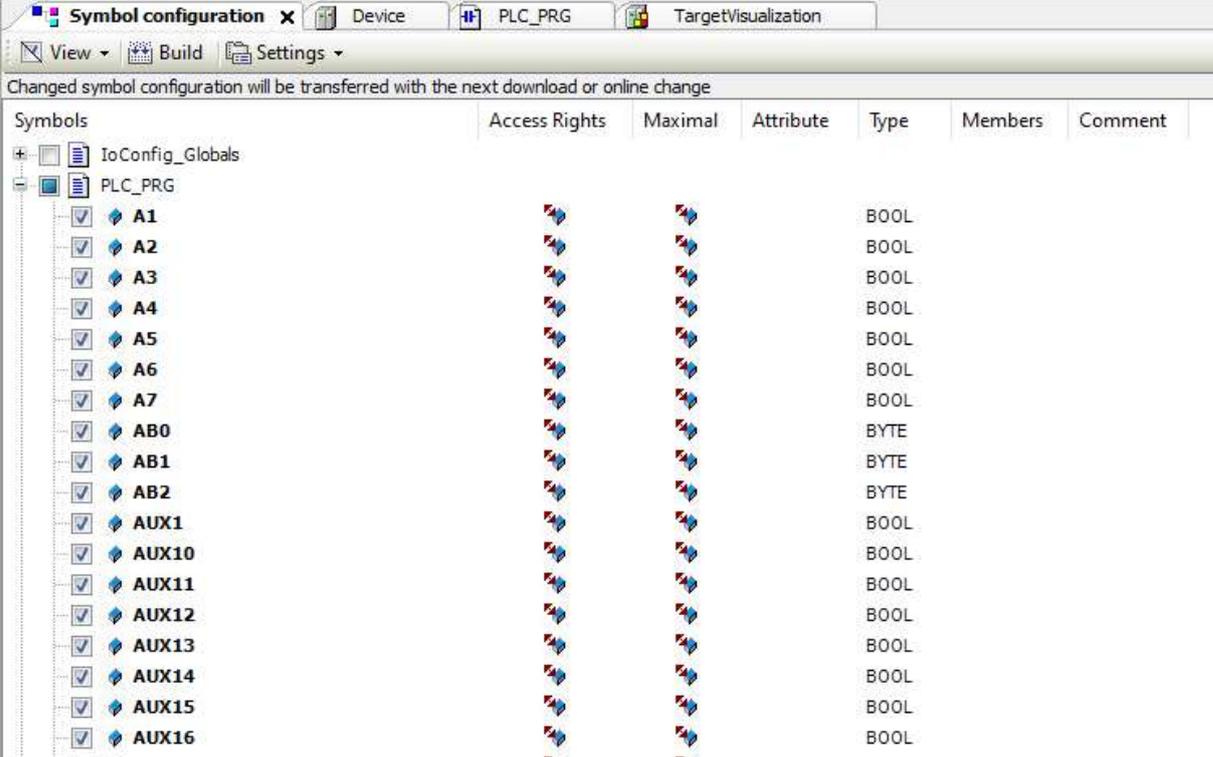
Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 19 mostra o objeto *Symbol configuration* que contém todas as variáveis disponíveis para comunicação dentro do CODESYS.

As variáveis AB0, AB1 e AB2 de 1 byte, correspondem cada um deles a um bloco de entrada FluidSIM In, sendo utilizadas em conjunto por comandar o sistema através da alimentação de bobinas ligadas às válvulas, responsáveis pelo avanço ou retorno dos pistões.

De forma análoga às variáveis EB0, EB1 e EB2, também de 1 byte, cada uma delas corresponde a um bloco de saída FluidSIM Out, sendo acionadas pelos sensores de início e fim de curso dos atuadores.

Figura 19 – Configuração da comunicação no *software* CODESYS



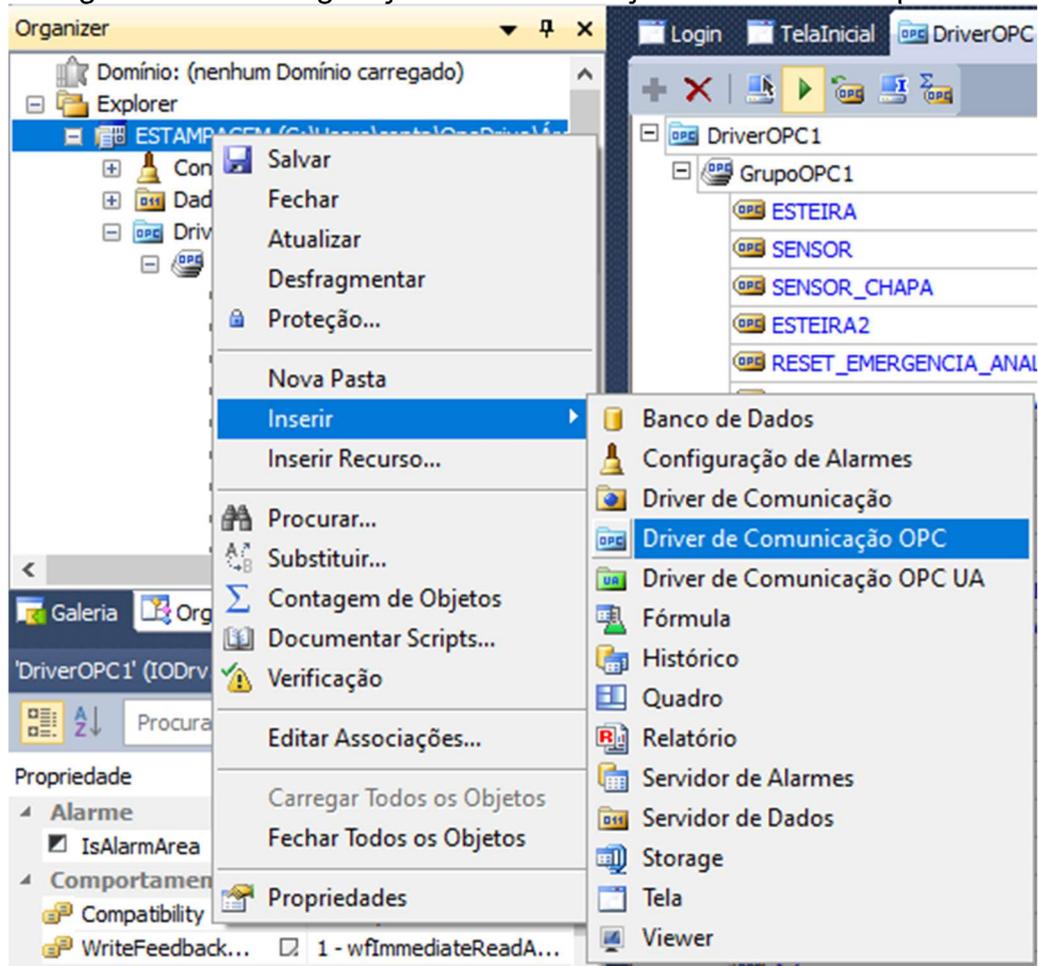
Changed symbol configuration will be transferred with the next download or online change

Symbols	Access Rights	Maximal	Attribute	Type	Members	Comment
IoConfig_Globals						
PLC_PRG						
<input checked="" type="checkbox"/> A1				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> A2				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> A3				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> A4				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> A5				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> A6				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> A7				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AB0				BYTE		
<input checked="" type="checkbox"/> AB1				BYTE		
<input checked="" type="checkbox"/> AB2				BYTE		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX1				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX10				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX11				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX12				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX13				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX14				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX15				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/> AUX16				BOOL		

Fonte: Elaborado pelo autor.

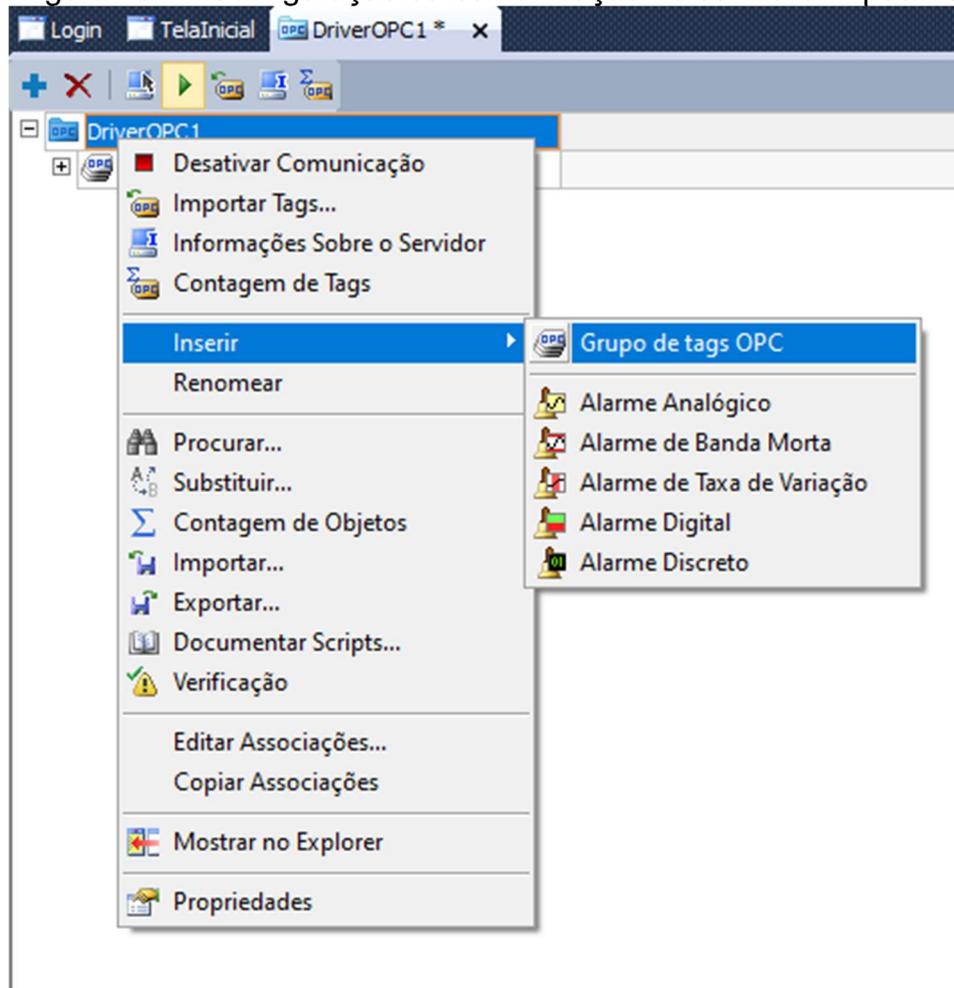
No *software* Elipse E3, na aba *Organizer*, ao clicar com o botão direito e selecionando, dentro de Inserir, um driver de comunicação OPC, estamos habilitando a comunicação OPC do *software*, como mostra a figura a seguir.

Figura 120 – Configuração da comunicação no *software* Elipse E3



Fonte: Elaborado pelo autor.

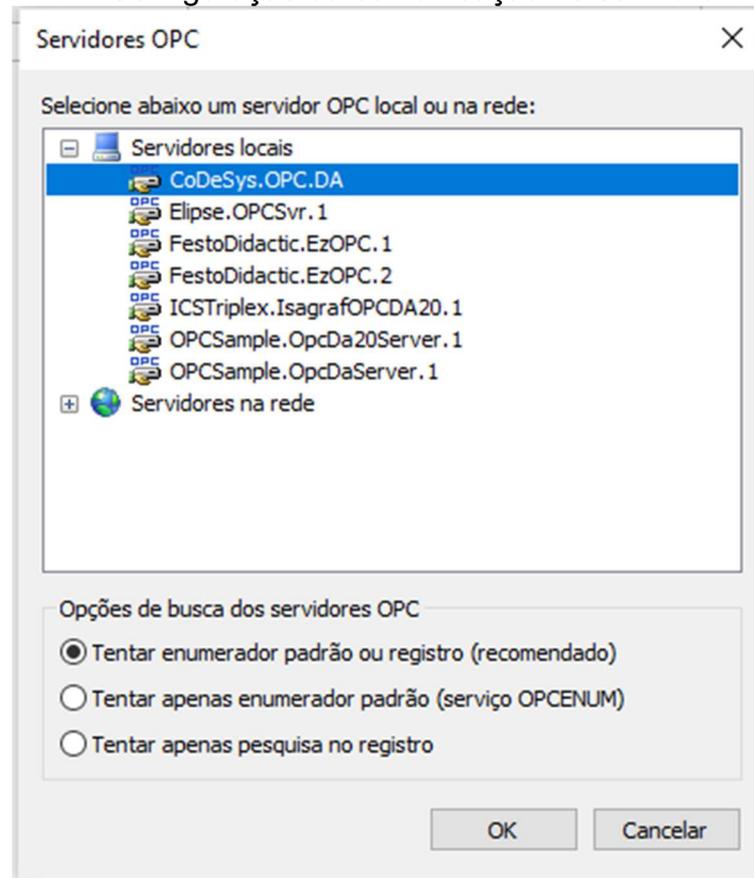
Dentro da janela do driver OPC criado, deve-se criar também um grupo de *tags*, que é onde alocaremos as *tags* de endereçamento. A figura a seguir mostra como criar esse grupo de *tags*.

Figura 131 – Configuração da comunicação no *software* Elipse E3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao lado do botão de iniciar a comunicação, está o botão selecionar servidor. Ao clicar nele, a aba mostrada na figura 22 é aberta, e nela podemos selecionar o servidor OPC ao qual desejamos nos conectar.

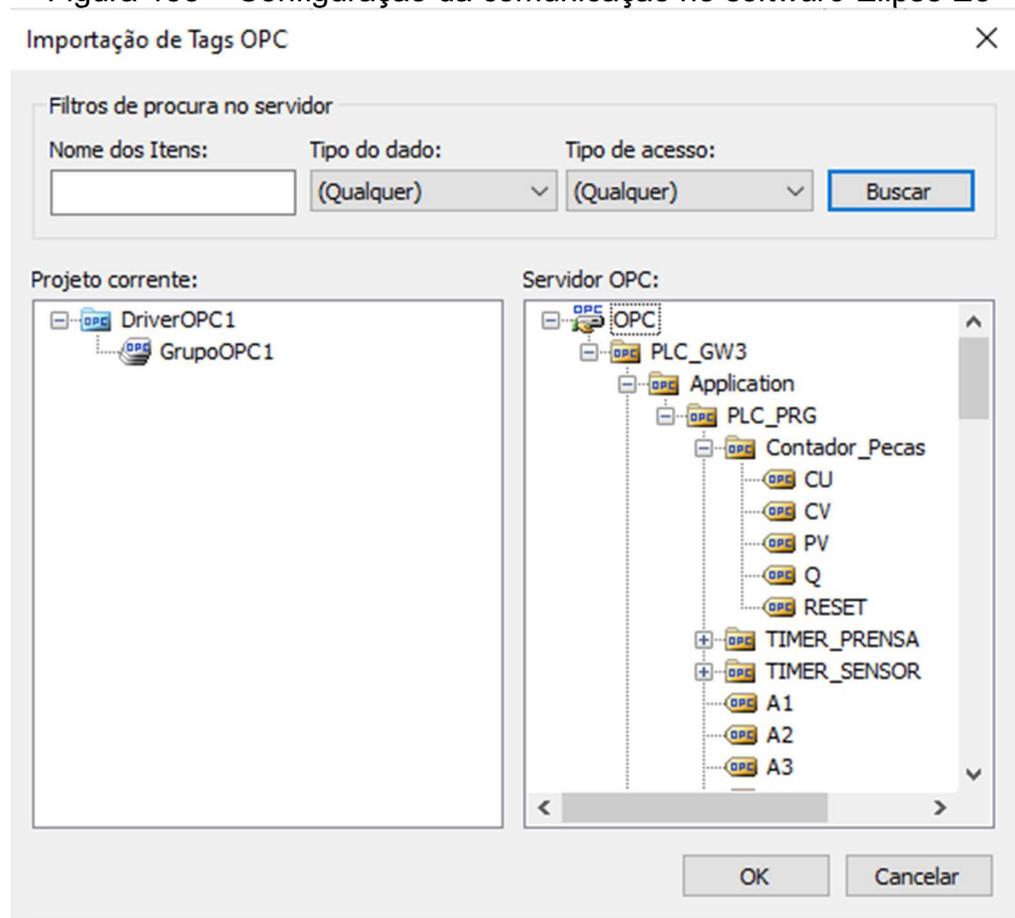
Nesse caso, como queremos obter os dados transmitidos pelo servidor do CODESYS, escolhemos a opção selecionada.

Figura 142 – Configuração da comunicação no *software* Elipse E3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a seleção do servidor, clicamos em importar *tags*, no lado direito do botão de iniciar a comunicação, onde podemos escolher as informações disponibilizadas no *Symbol configuration* do CODESYS. Apenas arrastando-a para o grupo escolhido, ela estará pronta para ser utilizada pelo *software* de supervisão.

A figura a seguir mostra a aba de importação de *tags* aberta e algumas das variáveis que foram disponibilizadas anteriormente.

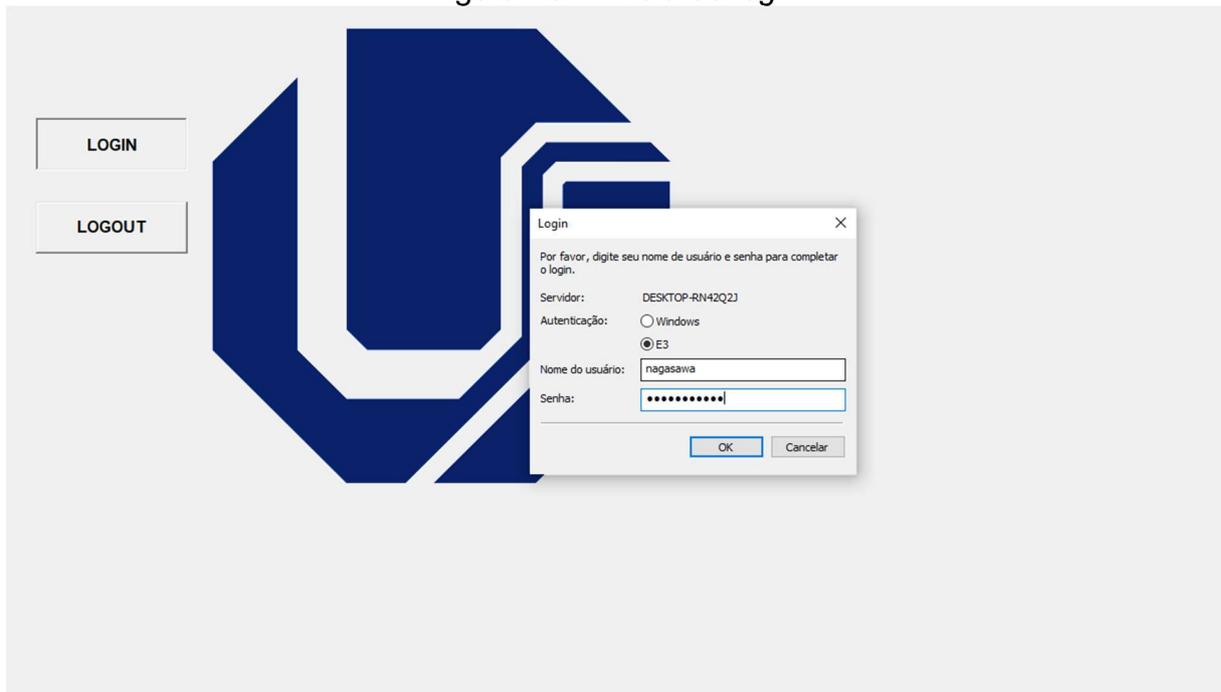
Figura 153 – Configuração da comunicação no *software* Elipse E3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro da aba do driver OPC criada, agora temos todas as *tags* que escolhemos para trabalhar.

3.8 Operação e supervisão

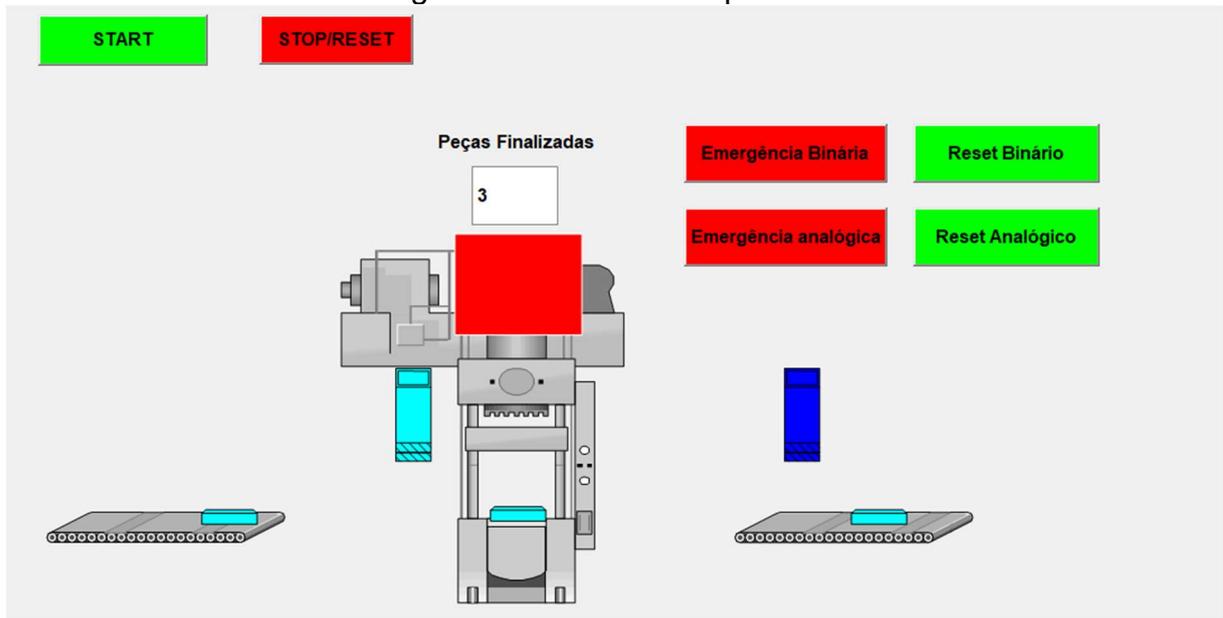
Para a tela de operação e supervisão foi criada uma tela de *login*, que garante que o acesso ao controle do processo seja feito apenas por pessoas autorizadas. Essa tela é mostrada na figura a seguir.

Figura 164 – Tela de *login*

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tela de supervisão conta com o botão de *start*, que começa o processo; o botão de *stop/reset* para o processo e o reinicia; e o botão de emergência binária, corta o suprimento de ar comprimido dos atuadores (em caso de emergência, o *reset* binário retorna o suprimento de ar para o sistema); um botão de emergência analógica, que desloca os atuadores para uma posição predeterminada; e o botão de *reset* analógico, que retorna o sistema ao funcionamento. Conta também com os manipuladores cartesianos, onde o manipulador de entrada está à esquerda da prensa, em azul-claro, e o manipulador de saída em azul-escuro, à direita, com a prensa, ao centro da imagem, logo abaixo do contador de peças finalizadas. Também conta com a esteira de alimentação e a de retirada das peças, bem como com as chapas e as peças finalizadas.

Figura 175 – Tela de supervisão



Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSÃO

Com a revisão bibliográfica e com o conhecimento adquirido ao longo do curso, foi possível obter todas as informações necessárias para que as atividades práticas fossem realizadas.

A construção do sistema pneumático ocorreu conforme o planejado e todos os testes de operabilidade foram bem-sucedidos. Entretanto, a simulação do sistema hidráulico que deve ser responsável pela estampagem da peça crua não foi realizada, pois o *software* FluidSIM suporta apenas um dos programas que simula o sistema aberto, ou o pneumático, ou o hidráulico. A versão 5 do *software* suporta os dois em funcionamento ao mesmo tempo, entretanto, a versão utilizada para este trabalho foi a 3.6.

A programação em linguagem Ladder foi realizada e testada conforme o esperado. Após toda a integração de comunicação e a finalização da parte prática do projeto, foi constatado que formas mais eficientes e próximas do que acontece em um sistema real poderiam ter sido pensadas anteriormente. Essas formas de construção da lógica deveriam ser construídas visando a simulação dos sensores de peças, de uma forma mais flexível e independente de todo o sistema, contando com opções de simular manualmente falhas no sistema e conseqüentemente tomar as medidas necessárias de acordo com a falha do sistema.

O sistema de supervisão também foi construído e testado conforme o planejado. Assim como na programação do CLP, no *software* de supervisão também há pontos que poderiam ser melhorados, bem como a sinalização de funcionamento da prensa, que se dá pela colorização em vermelho da parte superior desta, mas que poderia ter sido construída com a movimentação do pistão da prensa. A sinalização de alarmes também não foi possível ser realizada, devido a não implementação de simulação de falhas no CODESYS. O botão de *stop/reset* deveria ser implementado de forma a deixar claro quando ele deve ser utilizado para parar o sistema e quando deve reiniciar o processo.

O sistema de emergência analógica foi retirado por conta da impossibilidade de simulação de retirada de peça, que em uma situação real deve ser feita manualmente.

Uma sugestão para trabalhos futuros é o estudo e a implementação do sistema hidráulico e pneumático, como pressão de operação e controle de velocidade dos atuadores, para que a simulação seja o mais próximo possível de uma operação real, bem como a implementação de um protocolo de comunicação mais utilizado na indústria.

A interoperabilidade de *softwares* de diferentes marcas evidencia a importância de um protocolo de comunicação aberto e mostra a facilidade em trabalhar com esses *softwares*.

Os *softwares* de simulação são extremamente didáticos, além de emular muito bem um ambiente real, simulando dispositivos inteligentes, que são amplamente utilizados no mercado de trabalho. O *software* ELIPSE E3 é robusto e amplamente utilizado na indústria para a construção de sistemas de supervisão complexos, e que mesmo sem a licença, consegue satisfazer todas as necessidades didáticas.

Alguns *softwares* de supervisão, como o ScadaBR, são livres e gratuitos e poderiam substituir o ELIPSE. Da mesma forma para os outros *softwares* utilizados, o Codesys apesar de ser gratuito pode também ser substituído pelo EasyCLP em conjunto com o EasyOPC, que também são *softwares* gratuitos. Da mesma forma, o FluidSIM, com menos alternativas, também possui alguns *softwares* semelhantes, como o Hopsan, desenvolvido na Universidade de Linköping.

As disciplinas CLPs, Redes Industriais, Sistemas de Controle Hidráulico e Pneumático e Sistemas Supervisórios para Controle e Automação ministradas no decorrer do curso de Engenharia de Controle e Automação, foram essenciais para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

5 REFERÊNCIAS

- ANATRIELLO, M. S. **Controle da velocidade de um atuador pneumático linear de dupla ação via CLP**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2017.
- BARBOSA, J. P. Válvulas e dispositivos correlatos. São Mateus – Es: **ABRAMAN**, 2017. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/arquivos/75/75.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.
- BARROS, M. R. **Estudo da automação de células de manufatura para montagens e soldagem industrial de carrocerias automotivas**. Trabalho de Conclusão de Curso (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BOLTON, W. **Programmable logic controllers**. [S.l.]: Newnes, 2015.
- BORGES, F. H.; DALCOL, P. R. Indústrias de processo: comparações e caracterizações. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 22, 2002.
- CARVALHO, A. S; SILVA, R. C.; NASCIMENTOS, D. B. Sistema de comunicação OPC para uma Coluna de Destilação Piloto. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia SeGet**, Resende-RJ, 2008.
- DEUSDARÁ, R. F. Projeto prensas e similares. *In*: Fórum mineiro de segurança: normas, procedimentos, condutas, **Anais...**, Belo Horizonte, 2005.
- FERRARINI, J. **Caracterização de Materiais para o processo de Estampagem**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2004.
- FESTO DIDATIC . **Manual FluidSIM 3.6 Hidráulica** 2004.
- FONSECA, M. O.; FILHO, C. S. **Padrão OPC:Aplicação e Implementação**. ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2005.
- IWANITZ, F. e Lange, J. (2001). **OLE for Process Control**, Hüthig.
- JURIZATO, L. A. et al. **Sistemas supervisórios**. Nova Odessa: Network Technologies, 2003.
- LEITÃO, A. M, **Implementação de um servidor OPC UA em linguagem C para comunicação com dispositivos através do protocolo Modbus/Ethernet em tempo real**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- LIMA. I. T. S. et al. Automação como processo do aumento da produtividade, Revista de Trabalhos Acadêmicos. **Universo Recife**, v. 4, n. 2, 2017.

MENEZES, C. A. S. **Gestão de projetos**: recomendações de procedimentos para o desenvolvimento, projeto, simulação, construção, montagem e caracterização de sistemas de pré-vácuo. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2009.

MENEZES, D. et al. Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas. **Revista Eletrônica eF@tec**, v. 2, n. 1, p. 14, 2014.

MESQUITA, E. L. A. , Rugani, L. L. **Estampagem dos Aços Inoxidáveis**. Programa de Capacitação da Cadeia Produtiva, Acesita Aços Especiais, 1997.

MINTCHEL, G. Plan ahead to build the perfect hmi system. **Control Engineering, Reed Business Information**, v. 48, n. 11, p. 35–39, 2001.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. LTC, 2007.

OMAR, M. A. **The Automotive Body Manufacturing Systems and Process**. [S.l.]: John Wiley & Sons Ltd., 2011.

PUDA, A. P. **Padronização da comunicação através da tecnologia OPC**. 2008. 2012.

PUPO, M. S. **Interface homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. [S.l.]: Editora Baraúna, 2009.

SANTOS, A. R. dos; BIZARI, J. G. Automação de cozedor na usina de açúcar e álcool. **COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS**, n. 1, 2013.

SCHAEFFER, L. **Conformação de chapas metálicas**. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004.

SENAI. **Linguagens de programação para controladores lógicos programáveis**. [S.l.], 2011. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/JuremirAlmeida/>

SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. **Um breve histórico conceitual da automação industrial e redes para automação industrial**. Redes para Automação Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.

TAMBURO, F. S. et al. **Automação e supervisão de planta didática virtual**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia de controle e automação) - Universidade federal de tecnologia do Paraná, [S. l.], 2018.

PAZIN FILHO, A.; SCARPELINI, S. Simulação: definição. **Medicina** (Ribeirão Preto), v. 40, n. 2, p. 162-166, 2007.

PEGDEN, C. D; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation**

using **SIMAN**. McGraw-Hill, NY. 2 ed., 1990.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**. Afonso C. Medina, 2006.

APÊNDICE A – BIBLIOTECA DE COMPONENTES DO FLUIDSIM

Pneumatic

Supply Elements

	Variable co...		Comprese...											
Compressor		Air service ...		Air service ...	Air pressure...	Air pressure...	Air filter	Manual drai...	Automatic d...	Manual drain	Automatic d...	Lubricator	Cooler	Air Dryer

Actuators

Distance rule	Single actin...	Cylinder, Si...	Double acti...	Cylinder wit...	Cylinder wit...	Multiple Pos...	Air motor	Semi-rotary...	Vacuum su...	Sucker

Frequently used cylinders

Linear Drive...	Linear Drive...	Linear Drive...	Cylinder, D...	Cylinder, do...	Cylinder, D...	Double acti...	Single actin...	Cylinder, Si...

Valves

Configurable directional valves

2/h Way V...	3/h Way V...	4/h Way V...	5/h Way V...	6/h-way dire...	8/h-way dire...

Frequently Used Way Valves

Mechanically Operated

3/2-way val...	3/2-way val...	3/2-way val...	5/2-way val...	3/2-way roll...	3/2-way roll...	3/2-way idle...	Pneumatic ...	Pressurizing...

Frequently Used Way Valves

Mechanically Operated

3/2-way val...	3/2-way val...	3/2-way val...	5/2-way val...	3/2-way roll...	3/2-way roll...	3/2-way idle...	Pneumatic ...	Pressurizing...

Pneumatically Operated

3/2-way val...	3/2-way val...	5/2-way val...	5/3-way pne...	Low pressur...	5/2-way imp...

Solenoid Operated

Valve sole...	3/2-way sol...	3/2-way sol...	5/2-way sol...	5/2-way sol...	5/3-way sol...	5/2-way sol...	5/2-way sol...

Shutoff Valves and Flow Control Valves

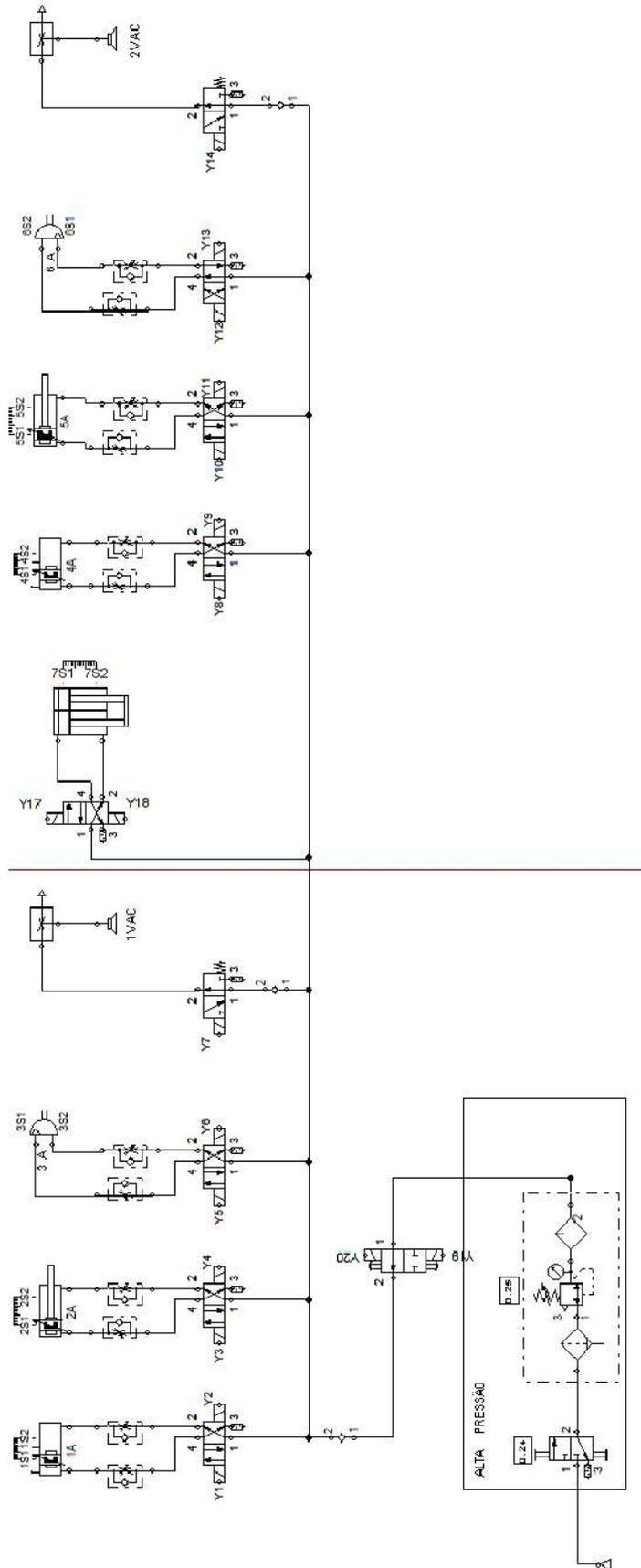
Pneumatic t...	Pneumatic t...	Nozzle	Throttle valve	Orifice	Variable ori...	One-way flo...	Shuttle valve	Two pressur...	Quick exha...	Check valve	Spring load...	Check valv...	Spring load...	Pilot to clos...	Pilot to clos...	Pneumatic ...

Pressure Control Valves

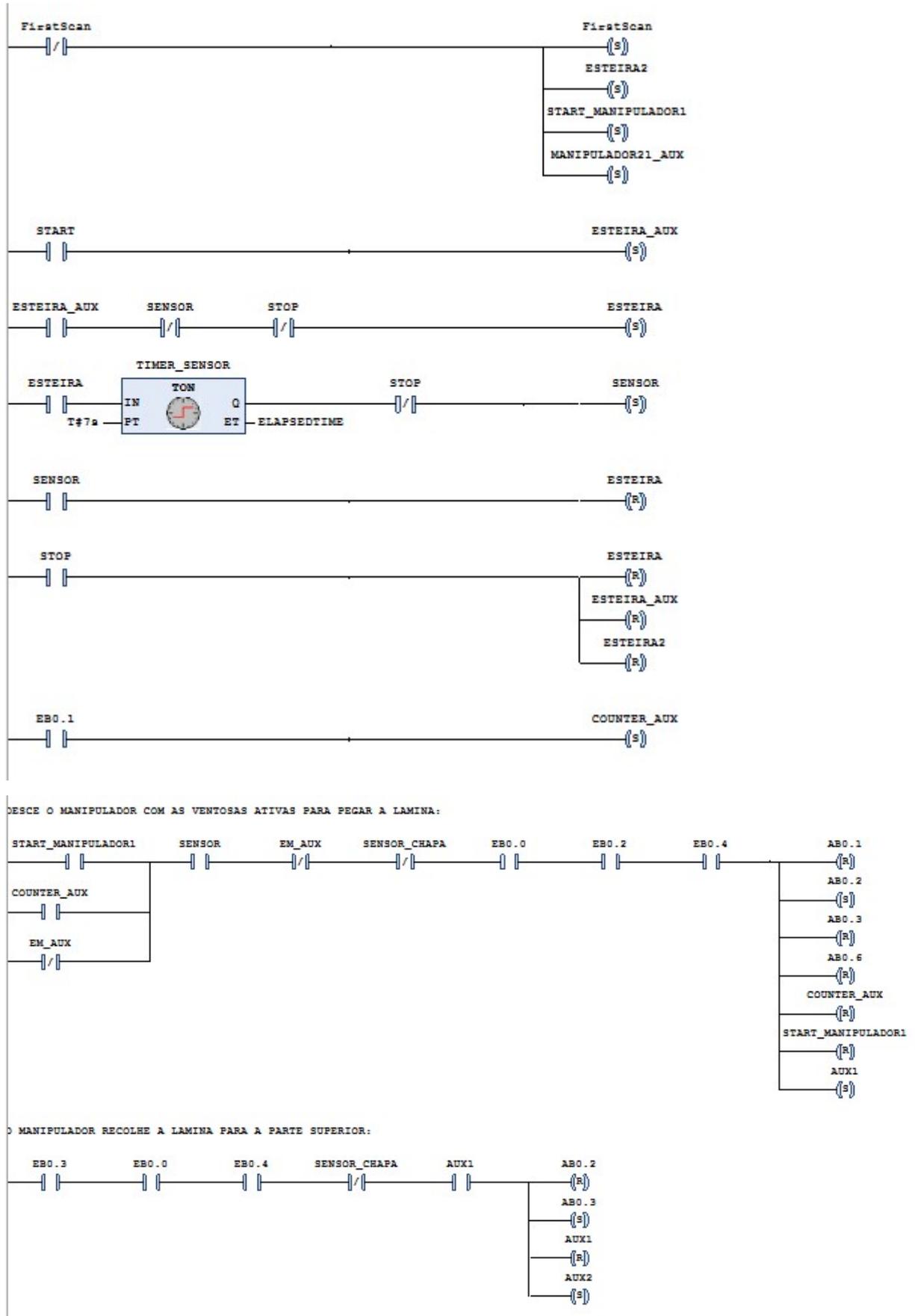
Pressure re...	Variable pre...	Pressure re...	Variable pre...	Pressure co...	Closing pre...	Variable clo...	Opening pre...	Variable ope...

Measuring instruments and Sensors									
									
Pressure se...	Analog pres...	Analog flow ...	Pneumatic t...	Displaceme...	Voltmeter	Ampere meter	Indicator light	Buzzer	
Relays									
									
Relay	Relay with ...	Relay with ...	Relay counter	Valve sole...	Proportional...	Starting curr...			
Switches									
Manually Operated									
									
Pushbutton ...	Detent swit...	Pushbutton ...	Detent swit...	Pushbutton ...	Detent swit...				
General Switches									
									
Make switch	Break switch	Changeover...							
Proximity Switches									
									
Capacitive ...	Magnetic pr...	Inductive pr...	Optical prox...						
Controller									
									
Comparator	PID controller	Status contr...							
Proportional valves									
									
Proportional...	Proportional...								
Valve Groups									
									
Stepper mo...	Stepper mo...	Two-hand c...	Quickstepper	Pressure se...	Time delay ...	Time delay ...	Adjustable ...		
Measuring instruments and Sensors									
									
Manometer	Differential ...	Pressure in...	Flow meter	Flow meter	Analog flow ...	Pressure se...	Differential ...	Analog pres...	Ring sensor
Electrical controls									
Actuators									
									
Solenoid	DC Motor								
Power Supply									
									
Electrical co...	Electrical co...	Function ge...	Setpoint val...						

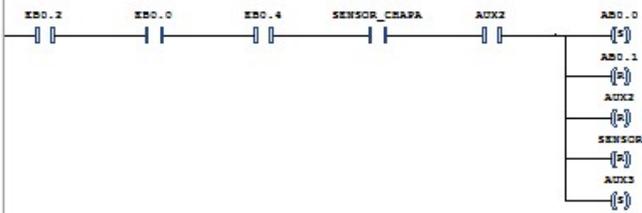
APÊNDICE B – ESQUEMA DA SIMULAÇÃO NO FLUIDSIM



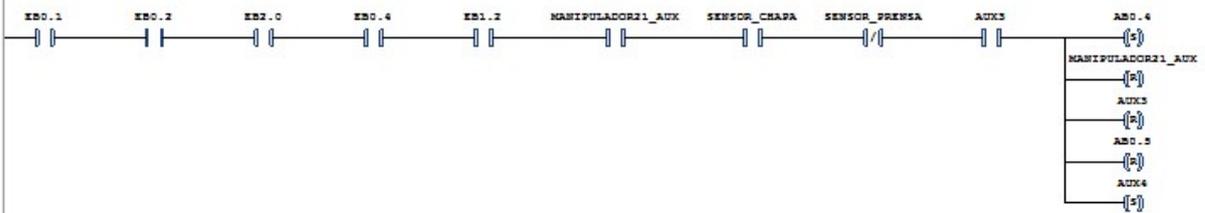
APÊNDICE C – LÓGICA LADDER NO CODESYS



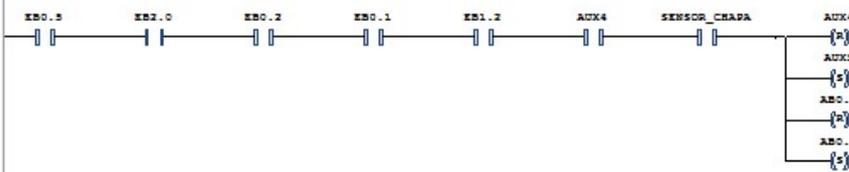
MANIPULADOR AVANÇA EM DIREÇÃO À PRESNA HIDRÁULICA:



MANIPULADOR POSICIONA A PEÇA ACIMA DA MATRIZ (ATUADOR DE SEMI-ROTAÇÃO):



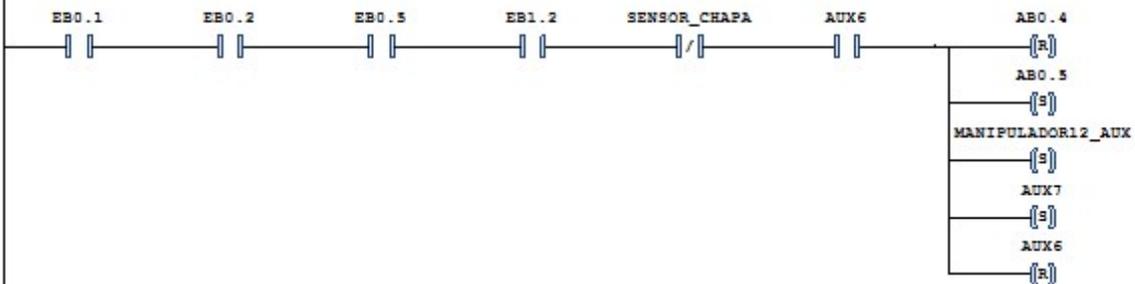
MANIPULADOR ENCAIXA A PEÇA NA MATRIZ:



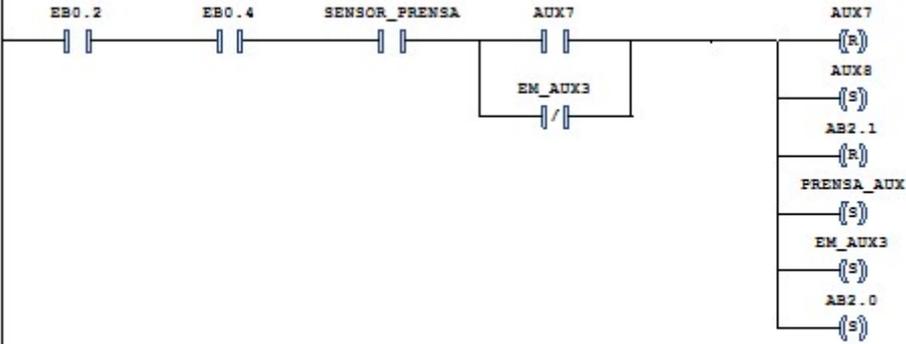
MANIPULADOR DEIXA A PEÇA NA MATRIZ E RECUA:



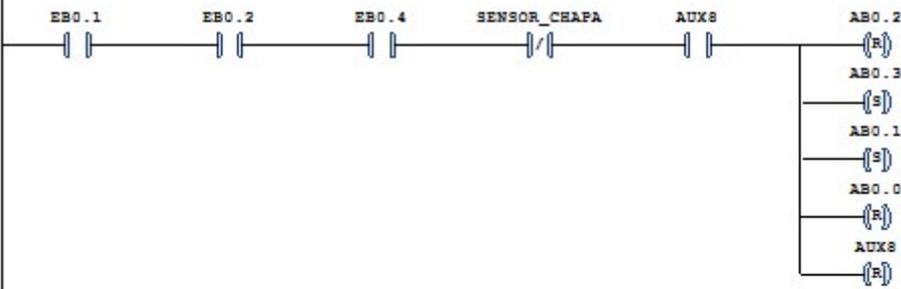
RETORNA O ATUADOR DE SEMI-ROTAÇÃO PARA A POSIÇÃO INICIAL:



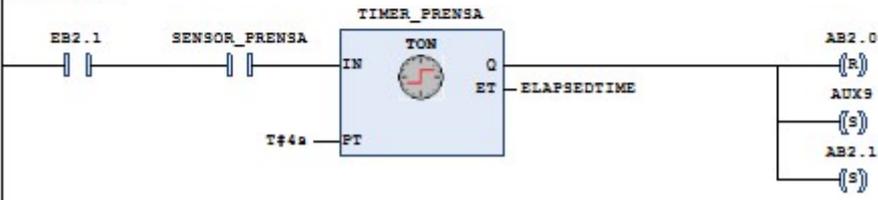
ATIVA A PRENSA HIDRÁULICA:



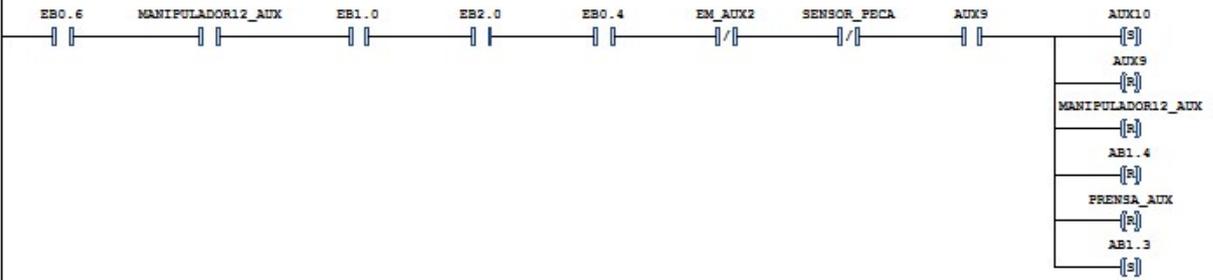
RETORNA O MANIPULADOR PARA A POSIÇÃO INICIAL:



ESTAMPAGEM:



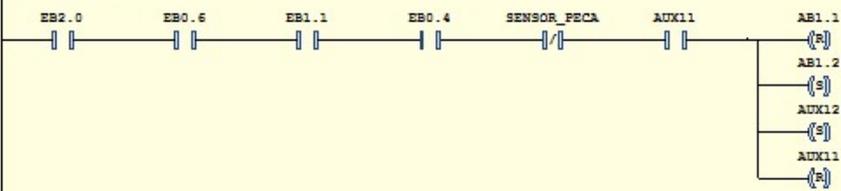
POSICIONA O ATUADOR SEMI-ROTATIVO DO SEGUNDO MANIPULADOR:



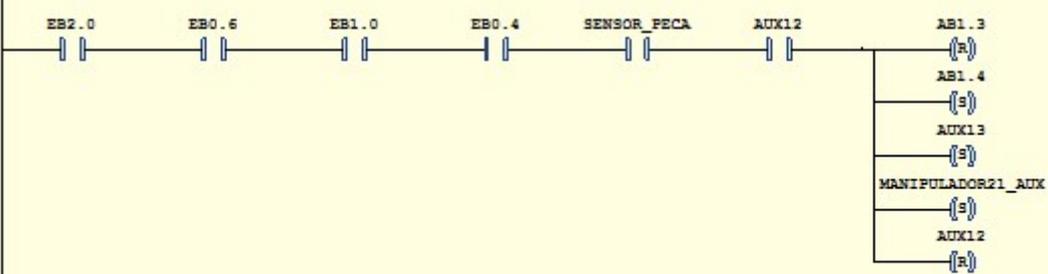
DESCE O MANIPULADOR COM AS VENTOSAS ATIVAS PARA PEGAR A LAMINA ESTAMPADA:



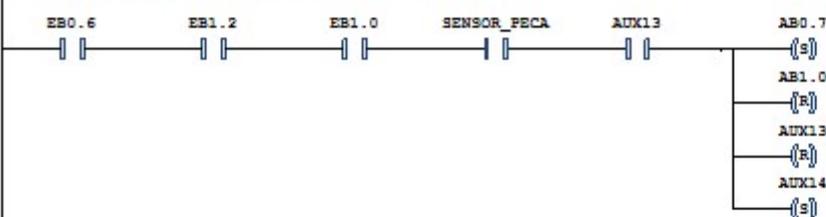
SOBE COM A PEÇA ESTAMPADA:



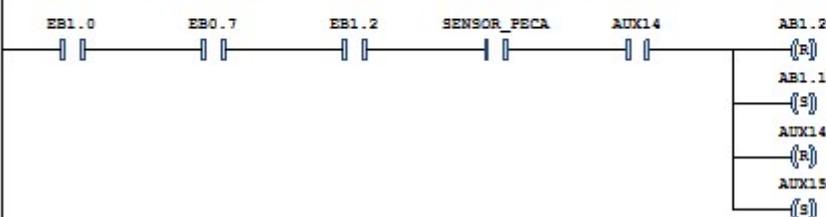
RECUA O ATUADOR SEMI-ROTATIVO:



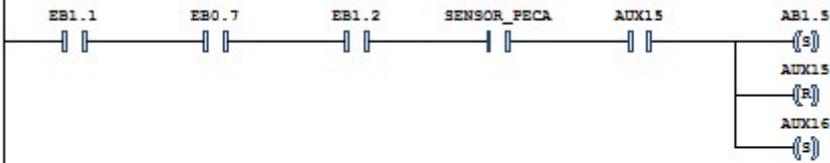
POSICIONA O MANIPULADOR SOBRE A SEGUNDA ESTEIRA:



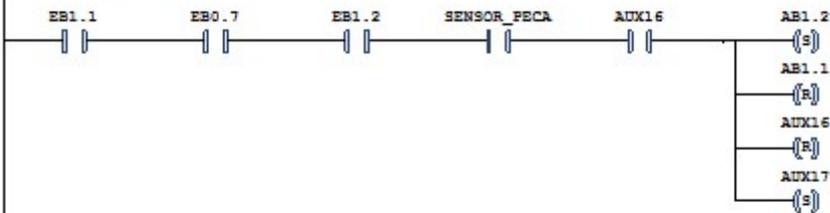
DESCE O MANIPULADOR COM AS VENTOSAS ATIVAS PARA DEIXAR A PEÇA NA ESTEIRA:



COLOCA A PEÇA ESTAMPADA NA SEGUNDA ESTEIRA (DESATIVA A VENTOSA) :



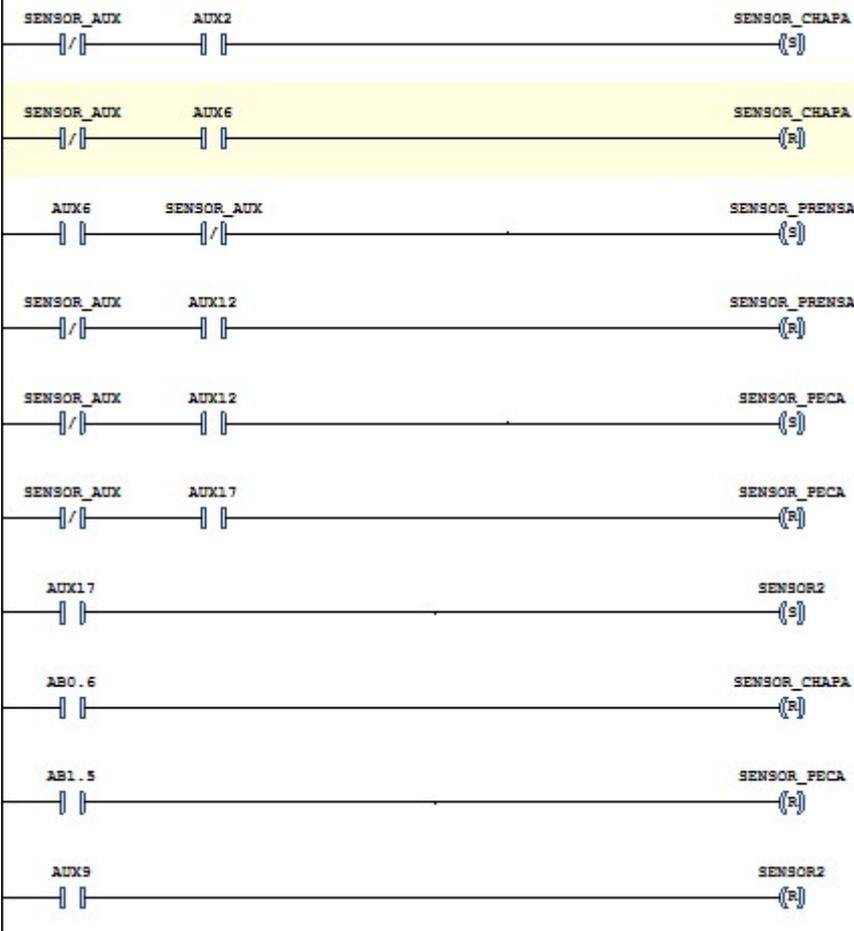
RETORNA O ATUADOR 5 PARA A POSIÇÃO INICIAL :

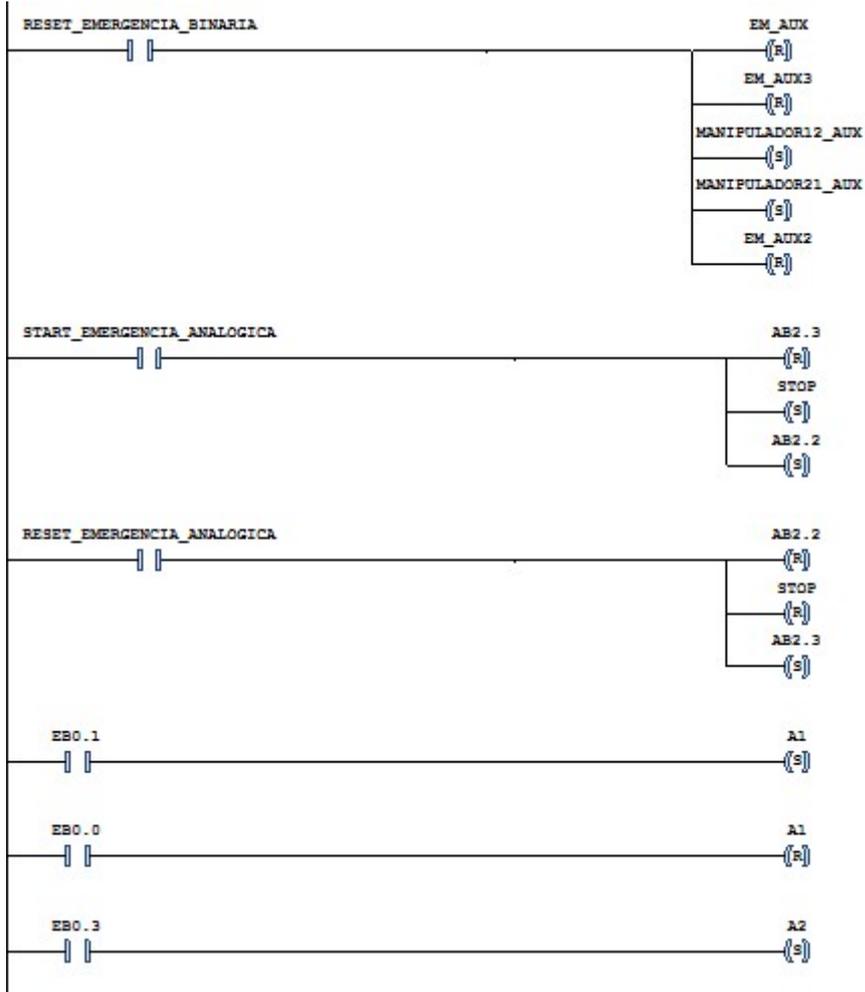


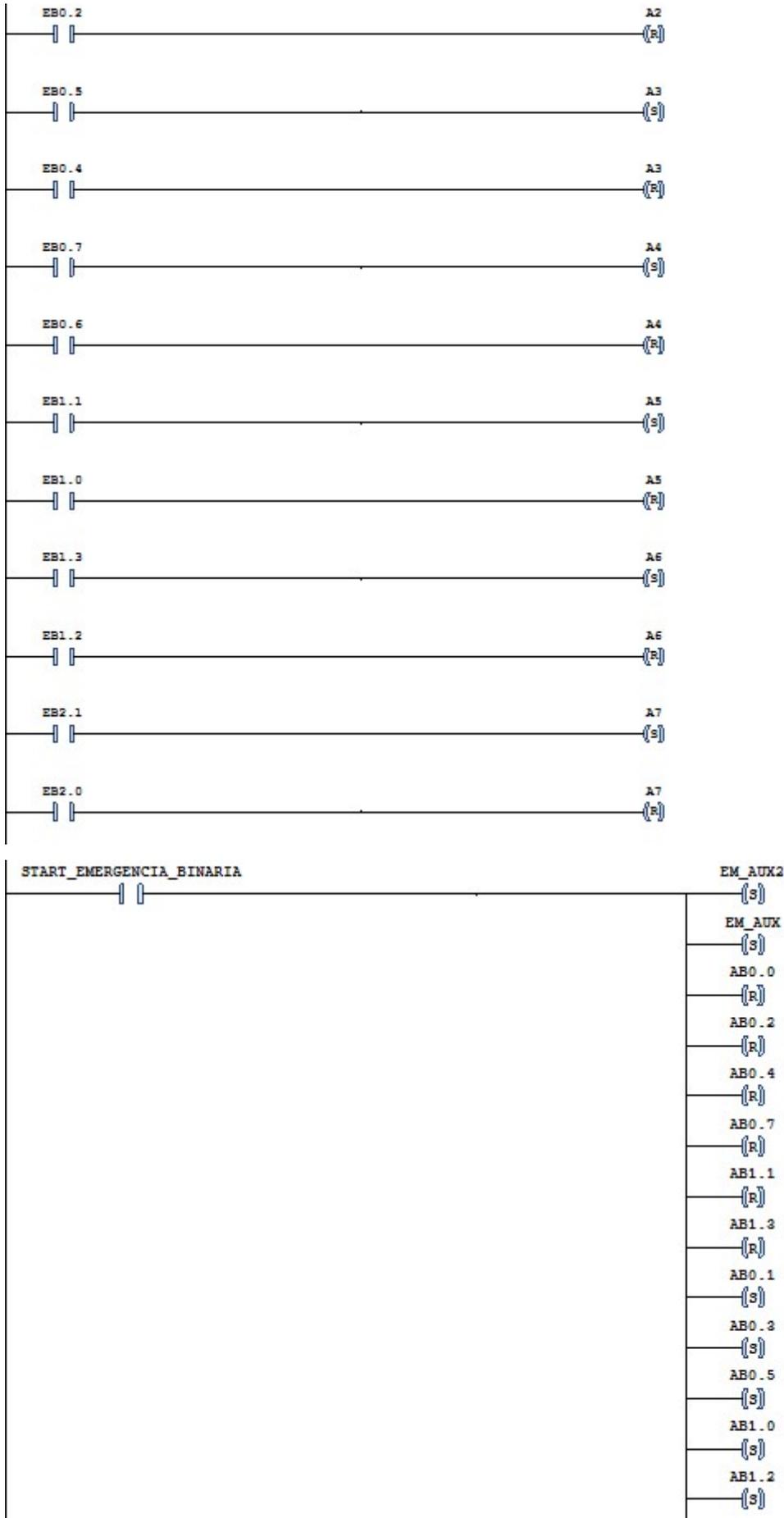
RETORNA O ATUADOR 4 PARA A POSIÇÃO INICIAL :



SIMULAÇÃO DE SENSORES:









- AB1 . 5 (S)
- AB0 . 6 (S)
- AUX1 (R)
- AUX2 (R)
- AUX3 (R)
- AUX4 (R)
- AUX5 (R)
- AUX6 (R)
- AUX7 (R)
- AUX8 (R)
- AUX9 (R)
- AUX10 (R)
- AUX11 (R)
- AUX12 (R)
- AUX13 (R)
- AUX14 (R)
- AUX15 (R)
- AUX16 (R)
- AUX17 (R)
- AB2 . 0 (R)
- AB2 . 1 (S)
- AB1 . 4 (S)