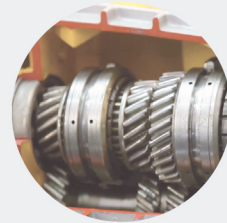




# Desenvolvimento e Automatização de Estrutura de Ensaios de Pressão para Reservatórios de água

JOÃO MANUEL MOREIRA BOTELHO

outubro de 2022



# Desenvolvimento e Automatização de Estrutura de Ensaios de Pressão para Reservatórios de água

JOÃO MANUEL MOREIRA BOTELHO

Agosto de 2022

# DESENVOLVIMENTO E AUTOMATIZAÇÃO DE ESTRUTURA DE ENSAIOS DE PRESSÃO PARA RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

João Manuel Moreira Botelho  
1170970

**2022**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# DESENVOLVIMENTO E AUTOMATIZAÇÃO DE ESTRUTURA DE ENSAIOS DE PRESSÃO PARA RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

João Manuel Moreira Botelho  
1170970

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para  
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Adriano Santos ([ads@isep.ipp.pt](mailto:ads@isep.ipp.pt))

**2022**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Doutor João Francisco Machado Gomes da Silva  
Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Doutor Adriano Manuel de Almeida Santos  
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Especialista Filipe Alexandre de Sousa Pereira  
Professor Adjunto, Escola Superior de Design, Gestão de Tecnologias da Produção de Aveiro- Norte



## AGRADECIMENTOS

Fazer este caminho só foi possível com o apoio e força de várias pessoas, que de diferentes formas estiveram especialmente envolvidas neste projeto.

Aos meus pais e irmã, pelos conselhos, constante presença e motivação, palavras de apoio e por acreditarem sempre em mim.

À minha namorada que me apoiou de forma incessante nesta fase académica e que nunca fez com que deixasse de acreditar em mim e nas minhas capacidades.

À Termobrasa e todos os seus colaboradores, em especial ao Eng.º. Pedro Costa e ao Encarregado de fábrica Joaquim Queirós, pelos recursos disponibilizados, pelos contributos que me deram, pela elevada competência e pela confiança que depositaram em mim e sem os quais este projeto não teria sido possível.

Ao meu orientador, Professor Adriano Santos, pelo excelente acompanhamento e interesse e exigência permanentes neste projeto, pela sua visão crítica e oportuna, que no seu todo contribuíram para enriquecer este trabalho.

Ao Eng. Pires Morais, por me ter honrado com o seu apoio e motivação e pela confiança que depositou em mim.

Aos meus amigos, Técnico Rui Portela e Eng. Bruno Mouta, por toda envolvimento e ajuda neste projeto, por toda a motivação e dedicação, elevada competência e total disponibilidade nos momentos cruciais deste projeto.

Não esquecer a Sofia Gomes, Marisa Silva e Carlos Teixeira, pelo apoio nesta fase académica e profissional.

E, ao último estagiário da Termobrasa, agora recém-licenciado, Eng. Filipe Ferreira, por ajudar no estudo da rentabilidade da melhoria do processo.



**PALAVRAS-CHAVE:** Reservatórios; Água Quente Sanitária; Soldadura; Ensaio de Estanquicidade; Indústria 4.0; Autómatos; PLC; HMI.

## RESUMO

Atualmente as empresas lutam pela procura de processos produtivos mais rápidos e eficientes sem colocar em causa a qualidade dos produtos fabricados.

A entidade acolhedora do presente projeto é um fabricante de renome, desde 1970, de reservatórios para aquecimento e acumulação de águas quentes sanitárias, sendo o seu foco principal o fabrico de bombas de calor em aço inoxidável.

A construção dos reservatórios é efetuada sobretudo por meios manuais que envolvem processos de conformação e soldadura de chapa e de tubos, havendo um potencial de defeitos decorrentes maioritariamente da construção soldada. Com este pressuposto, durante o processo produtivo, os produtos são sujeitos a uma série de testes qualitativos de forma a verificar a conformidade das construções para posterior colocação no mercado.

De entre os processos de fabrico praticados na empresa para a produção dos equipamentos referenciados, a soldadura identifica-se como o processo crítico.

Os reservatórios são produzidos numa primeira fase, no setor um e consumidos posteriormente no setor dois. Deste modo, necessitam de ser verificados quanto à sua estanquicidade. Para este efeito, os depósitos são submetidos a um ensaio não destrutivo onde são cheios com água e pressurizados de forma a inspecionar visualmente defeitos de fabrico decorrentes da construção soldada.

Este posto de ensaio acaba por ser o gargalo do fluxo produtivo da entidade acolhedora pois é realizado de forma manual e controlada totalmente pelos colaboradores.

O conceito de Indústria 4.0, conhecido também pela quarta revolução industrial, vem mudar mentalidades acerca dos processos produtivos e a automatização de postos de trabalho. Esta revolução permite, por meio de autómatos e dispositivos de entrada e saída, automatizar postos de trabalho, com o objetivo do aumento da produção e acima de tudo da qualidade do fabrico.

Este projeto visa automatizar o posto de ensaio de estanquicidade, utilizando Controladores Lógicos Programáveis (PLC) e Interfaces Homem-Máquina (HMI), de forma a diminuir o impacto do gargalo produtivo existente na produção atual da empresa acolhedora.

**KEY WORDS:** Tanks; Sanitary Hot Water; Welding; Leak Testing; Industry 4.0; Automation; PLC; HMI.

## ABSTRACT

Nowadays, companies strive to find faster and more efficient production processes without jeopardising the quality of the products manufactured.

The entity hosting this project is a renowned manufacturer, since 1970, of tanks for heating and domestic hot water storage, being its main focus, currently, the manufacture of stainless-steel heat pumps.

The construction of the tanks is mainly carried out by manual means involving sheet metal and pipe forming and welding processes and there is a potential for defects arising mainly from the welded construction. With this assumption, during the production process, the products are subjected to a series of qualitative tests to verify the conformity of the constructions for subsequent placement on the market.

Among the manufacturing processes practised in the company to produce the referred equipment, welding is identified as the critical process.

The tanks are produced in a first phase and consumed later, in a subsequent phase within the same manufacture. Therefore, they need to be checked for leak tightness. For this purpose, the tanks are subjected to a non-destructive test where they are filled with water and pressurised to visually inspect manufacturing defects arising from the welded construction.

This testing station ends up being the bottleneck of the production flow of the host entity as it is carried out manually and controlled entirely by employees.

The concept of Industry 4.0, also known as the fourth industrial revolution, has changed mentalities regarding production processes and the automation of work posts. This revolution allows, by means of automata and input and output devices, to automate workstations, with the aim of increasing production and above all manufacturing quality.

This project aims to automate the tightness test station, using Programmable Logic Controllers (PLC) and Human-Machine Interfaces (HMI), to reduce the impact of the existing productive bottleneck in the current production of the hosting company.

## LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SÍMBOLOS

### Lista de Abreviaturas

AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CPU	Central Processing Unit
GRAF CET	Gráfico Funcional para Controlo de Etapa-Transição
HMI	Interface Homem-Máquina
I4.0	Indústria 4.0
IoT	Internet of Things
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
MEF	<i>Método de Elementos Finitos</i>
PLC	Controlador Lógico Programável
PME	Pequenas e Médias Empresas
SCADA	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados

### Lista de Unidades

bar	bar
MPa	Mega Pascal
V	Volt
mA	Miliampere
m	metro



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

Bottleneck	Gargalo de um setor fabril
------------	----------------------------

---

Digital Factory	Fabrico Digital
-----------------	-----------------

---

Inox	Inoxidável
------	------------

---

Overlap	Sobreposição
---------	--------------

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. RESERVATÓRIOS PARA ÁGUA QUENTE SANITÁRIA [TERMOBRASA.COM] .....	9
FIGURA 2. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA [5] ..	10
FIGURA 3. IDENTIFICAÇÃO DOS CORDÕES DE SOLDADURA.....	11
FIGURA 4. PRINCIPAIS CAUSAS PARA O APARECIMENTO DE DEFEITOS DE SOLDADURA. BASEADO EM [9] .....	12
FIGURA 5. POROSIDADE EM CORDÕES DE SOLDADURA (INCLUSÕES GASOSAS) [9] .....	13
FIGURA 6. POROSIDADE EM CORDÕES DE SOLDADURA (INCLUSÕES SÓLIDAS) [9].....	13
FIGURA 7. CONTRAÇÃO REGISTRADA NUMA SOLDADURA TOPO-A-TOPO DE DUAS CHAPAS [7] .....	14
FIGURA 8. SOBREPOSIÇÃO DO CORDÃO DE SOLDADURA CIRCUNFERENCIAL .....	15
FIGURA 9. JUNTAS CRÍTICAS DA SOLDADURA DE RESERVATÓRIOS .....	16
FIGURA 10. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ENSAIO DE ESTANQUICIDADE.....	20
FIGURA 11. CONTROLO DE UM PROCESSO ATRAVÉS DE UM AUTÓMATO .....	25
FIGURA 12. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM AUTÓMATO .....	26
FIGURA 13. AUTÓMATO SIMATIC S7 1200 (SIEMENS) .....	26
FIGURA 14. EXEMPLO DE UM HMI PARA CONTROLO DE UM SISTEMA DE BOMBAGEM [33] .....	26
FIGURA 15. ELEMENTOS BASE DE UM GRAFCET .....	27
FIGURA 16. A LÓGICA LADDER .....	28
FIGURA 17. SENSORES INDUSTRIAIS (SIEMENS).....	29
FIGURA 18. PROCESSO DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS VIA IOT [33] .....	30
FIGURA 19 DISPOSIÇÃO BANCADAS DE ENSAIO .....	32
FIGURA 20 GRAFCET COMPORTAMENTAL/ FUNCIONAL .....	34
FIGURA 21 GRAFCET BOTÃO DE PARAGEM.....	35
FIGURA 22 ESQUEMA DE VÁLVULA HIDRÁULICA EM L (J4C HANDBOOK) .....	35
FIGURA 23 ESQUEMA HIDRÁULICO E MONTAGEM DE UMA DAS BANCADAS DE ENSAIO .....	36
FIGURA 24 REPRESENTAÇÃO DAS ENTRADAS E SAÍDAS NO AUTÓMATO E MÓDULOS DE EXPANSÃO ....	38
FIGURA 25 FUNÇÕES NORM_X E SCALE_X.....	39
FIGURA 26 GRAFCET TECNOLÓGICO OU DE NÍVEL 2 PARA POSTO INDIVIDUAL AUTOMÁTICO .....	41
FIGURA 27 PÁGINA DE APRESENTAÇÃO HMI .....	43
FIGURA 28 MENU PRINCIPAL .....	44
FIGURA 29 ESCOLHA DE POSTOS ENSAIO INDIVIDUAL .....	44
FIGURA 30 INSERIR VOLUME RESERVATÓRIO POSTO 1 .....	45
FIGURA 31 ESTADO DO ENSAIO POSTO 1.....	45
FIGURA 32 CONTROLO MANUAL POSTO 1 .....	46
FIGURA 33 INTERFACE ESCOLHA DE ENSAIO CONJUNTO .....	46
FIGURA 34 PÁGINA ENSAIO COM QUATRO POSTOS EM SIMULTÂNEO .....	47
FIGURA 35 PÁGINA ENSAIO DOIS POSTOS EM SIMULTÂNEO .....	47
FIGURA 36 PÁGINA DE ANÁLISE DE DADOS .....	48
FIGURA 37 GRÁFICO ANÁLISE DADOS .....	48
FIGURA 38 SUPORTE VÁLVULA DE 3 VIAS .....	50
FIGURA 39 FIXAÇÃO DAS VÁLVULAS SOLENOIDES ÀS BANCADAS DE ENSAIO.....	51
FIGURA 40 PRIMEIRO PROTÓTIPO .....	51

---

FIGURA 41 AFINAÇÃO DA VÁLVULA DE TRÊS VIAS .....	52
FIGURA 42 MONTAGEM DA SOLUÇÃO EM DOIS POSTOS .....	52
FIGURA 43 ESCOAMENTO DE ÁGUA.....	53
FIGURA 44 CONEXÃO DA MANGUEIRA DE SAÍDA AO TUBO DE ESCOAMENTO.....	53
FIGURA 45 QUADRO ELÉTRICO.....	54

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. TIPOS DE ENSAIO DE ESTANQUICIDADE.....	18
TABELA 2 TEMPOS DE ENSAIO DE ESTANQUICIDADE POR PRODUTO .....	21
TABELA 3 ANÁLISE DE FALHAS NO ENSAIO DE ESTANQUICIDADE .....	22
TABELA 4 INCENTIVOS E BARREIRAS CRIADAS EM TORNO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	24
TABELA 5 PROBLEMA VS SOLUÇÃO ENSAIO POSTERIOR AO PROJETO .....	33
TABELA 6 SELEÇÃO COMPONENTES BASE .....	36
TABELA 7 SINAIS DE ENTRADA E SAÍDA POSTO 1 .....	37
TABELA 8 SELEÇÃO DO AUTÓMATO E MÓDULOS DE EXPANSÃO .....	38
TABELA 9 DEFINIÇÃO DAS ENTRADAS ANALÓGICAS, MÓDULO DE EXPANSÃO SM 1231 AI 4 .....	39
TABELA 10 VARIÁVEIS PROCESSAMENTO ANALÓGICO TRANSDUTORES DE PRESSÃO .....	40
TABELA 11 CUSTOS DE PROJETO .....	56
TABELA 12 TEMPOS DE ENSAIO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO .....	62



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
1.2	OBJETIVOS	3
1.3	METODOLOGIA	4
1.4	ESTRUTURA DO RELATÓRIO	4
1.5	LOCAL/EMPRESA DE ACOLHIMENTO	4
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>9</b>
2.1	RESERVATÓRIOS DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	9
2.1.1	<i>Utilização e Importância</i>	9
2.1.2	<i>Constituição</i>	10
2.1.3	<i>Construção Soldada</i>	10
2.2	IDENTIFICAÇÃO DOS CORDÕES DE SOLDADURA	10
2.2.1	<i>Defeitos na Soldadura dos Reservatórios AQS</i>	11
2.2.2	<i>Enquadramento dos Defeitos de Soldadura</i>	12
2.2.2.1	Porosidades	13
2.2.2.2	Distorção e encurvadura	14
2.2.2.3	Sobreposição do Cordão de Soldadura	15
2.3	IDENTIFICAÇÃO DAS JUNTAS CRÍTICAS	15
2.3.1	<i>Junção entre Cordão Longitudinal e Circunferencial</i>	15
2.3.2	<i>Sobreposição no Cordão Circunferencial</i>	16
2.4	CONTROLO DE DEFEITOS DE SOLDADURA	17
2.4.1	<i>Ensaio Destrutivos</i>	17
2.4.2	<i>Ensaio Não Destrutivos</i>	17
2.5	ENSAIO DE ESTANQUICIDADE EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA QUENTE	18
2.5.1	<i>Estudo de Mercado</i>	18
2.5.2	<i>Tipo de Ensaio Utilizado</i>	19
2.5.2.1	Procedimento	20
2.5.2.2	Tempos de ensaio	21
2.5.2.3	Análise de Falhas	22
2.6	AUTOMAÇÃO	23
2.6.1	<i>Indústria 4.0</i>	23
2.6.2	<i>Incentivos e Limitações na implementação da Indústria 4.0</i>	24
2.6.3	<i>Controladores Lógicos Programáveis</i>	25
2.6.4	<i>Linguagem estruturada, GRAFCET</i>	27
2.6.5	<i>Linguagem de programação, LADDER</i>	28
2.6.6	<i>Dispositivos de entrada e saída</i>	29
2.6.7	<i>Aquisição e Tratamento de Dados Via Cloud</i>	29
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO, CONSTRUÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO DO POSTO DE ENSAIO DE ESTANQUICIDADE</b>	<b>32</b>
3.1	ANÁLISE DA METODOLOGIA DE ENSAIO PRECEDENTE	32

3.1.1	<i>Estrutura anterior à Dissertação</i> .....	32
3.1.2	<i>Pontos de Melhoria</i> .....	33
3.2	GRAF CET COMPORTAMENTAL .....	34
3.3	ESQUEMA HIDRÁULICO .....	35
3.4	SELEÇÃO DOS COMPONENTES .....	36
3.4.1	<i>Definição dos Sinais de Entrada e Saída</i> .....	37
3.4.2	<i>Associação de Sinais ao Autómato e Módulos de Expansão</i> .....	38
3.4.3	<i>Processamento Analógico</i> .....	39
3.5	GRAF CET TECNOLÓGICO.....	41
3.5.1	<i>Princípio de Funcionamento</i> .....	42
3.6	INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (HMI) .....	43
3.7	LINGUAGEM LADDER .....	49
3.8	CONSTRUÇÃO DA SOLUÇÃO AUTOMATIZADA .....	50
3.8.1	<i>Construção Suportes Válvulas 3 Vias</i> .....	50
3.8.2	<i>Fixação das Válvulas Solenoides aos Gabaris</i> .....	50
3.8.3	<i>Primeiro Protótipo</i> .....	51
3.8.4	<i>Afinação Válvulas de Três Vias</i> .....	51
3.8.5	<i>Instalação Hidráulica</i> .....	52
3.8.6	<i>Construção do Escoamento de Água</i> .....	53
3.8.7	<i>Instalação do Quadro Elétrico</i> .....	53
3.9	NOVO PROCEDIMENTO DE ENSAIO .....	54
3.10	CUSTOS DO PROJETO .....	56
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>61</b>
4.1	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	61
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	63
	<b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b> .....	<b>67</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>71</b>

# INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura

1.5 Local/Empresa



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

O ramo industrial tem vindo a preparar-se para uma quarta revolução industrial, denominada Indústria 4.0. Os trabalhos manuais começaram a ser mais apoiados por máquinas ou novas tecnologias, aumentando a produtividade e diminuindo tempos de ciclo. A competitividade e a procura existentes no mercado são a principal motivação para que as empresas evoluam para a digitalização industrial, focando-se na automatização dos processos, na produção em massa e na globalização.

Este paradigma da quarta revolução industrial é muito solicitado pelas empresas que, embora com uma produção muito manual e dependente do operador, tenham a possibilidade de se destacarem no mercado pelos seus reduzidos tempos de ciclo e qualidade de fabrico.

A indústria dos termoacumuladores e das bombas de calor utilizadas no aquecimento de águas sanitárias tem sido, ao longo dos anos cada vez mais solicitada, não só por a água quente ser considerada uma necessidade primária, mas também pelo desenvolvimento de novas soluções de eficiência energética.

## 1.2 Objetivos

O intuito deste relatório é implementar os primeiros passos de Indústria 4.0 numa empresa fabricante de reservatórios de água quente, trabalhando o seu *bottleneck* principal, o posto de ensaios de pressão dos reservatórios de Águas Quentes Sanitárias (AQS).

Conciliando conceitos de tecnologia de soldadura, programação com Controladores Lógicos Programáveis (PLC) e Interação Homem-Máquina (HMI), pretende-se realizar o estudo dos tempos atuais de ensaio no setor proposto e demonstrar a sua melhoria através da implementação de alguns conceitos das novas tecnologias industriais. Estas tecnologias permitem que certas operações sejam efetuadas sem a necessidade de pessoas com qualificações mais elevadas para o trabalho a realizar, que atualmente se tornam escassas, formatando-as para procedimentos laborais bem definidos.

### 1.3 Metodologia

Para o cumprimento dos objetivos estabelecidos são utilizados conceitos de soldadura, construções mecânicas em aço, eficiência energética e ferramentas de automação de forma a conjugar os vários conhecimentos, finalizando com a construção de um posto automatizado para ensaios de pressão para todos os modelos de reservatórios de água fabricados.

### 1.4 Estrutura do relatório

A estrutura do presente relatório está subdividida em cinco capítulos. Iniciando-se pelo presente capítulo, onde é realizado um breve enquadramento dos trabalhos a realizar, bem como a contextualização, metodologia e a apresentação da empresa de acolhimento.

No capítulo dois, é feita uma análise da indústria dos reservatórios de água quente, envolvendo a sua construção soldada e quais os requisitos que necessitam de cumprir de forma a satisfazer as necessidades primárias nas habitações familiares e industriais. A abordagem principal foca a automatização de um dos vários postos de trabalho da empresa, iniciando pela análise do posto atual e seus pontos de melhoria.

O capítulo quarto foca o dimensionamento e seleção dos componentes e a sua posterior instalação.

Na discussão de resultados, realizada no capítulo cinco, já com dados práticos fruto dos primeiros ensaios, procede-se a uma análise de custo – benefício após a instalação dos primeiros postos de ensaio automático.

### 1.5 Local/Empresa de acolhimento

A Termobrasa foi criada em 1970 com o objetivo de fabricar caleiras e móveis de cozinha metálicos. No entanto, a expansão do setor da construção e a atenção que esta despertou na procura de soluções para AQS fez com que a empresa direcionasse a sua produção para os termoacumuladores elétricos. Inicialmente fabricados em chapa de cobre, foram desde logo distinguidos como a Escolha Acertada por uma prestigiada revista de defesa do consumidor.

A entidade acolhedora foi a primeira empresa portuguesa a fabricar acumuladores em chapa de aço carbono, apresentando assim um preço significativamente mais reduzido relativamente à concorrência, situação que permitiu reforçar a sua competitividade no mercado nacional, tendo posteriormente começado o fabrico em aço inoxidável.

Atualmente a empresa situada em Avintes, numa área de aproximadamente 3000 m<sup>2</sup>, mantendo o foco no fabrico de termoacumuladores e bombas de calor.

Com a implementação de novos requisitos energéticos para as habitações familiares, a bomba de calor tem, atualmente, uma imensa procura no mercado nacional e internacional, causando dificuldades de resposta no fornecimento dos mesmos.

Posto isto, a empresa sente a necessidade e a motivação para continuar a evoluir o seu fabrico, aumentando a sua eficiência e mantendo a sua qualidade atual, aspeto que a torna um dos fabricantes mais procurados a nível nacional. O presente relatório tem como principal objetivo fornecer à empresa o presente estudo e implementação de autómatos para automatização de um dos setores de fabrico, considerado um dos gargalos do processo produtivo.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reservatórios de Água Quente Sanitária

2.2 Identificação dos cordões de Soldadura

2.3 Identificação das Juntas Críticas

2.4 Controlo de Defeitos em Soldadura

2.5 Ensaios de Estanquicidade em Reservatórios de Água Quente

2.6 Automação



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Reservatórios de água quente sanitária

A água quente é considerada um bem de primeira necessidade para a vida do ser humano. Desde a sua utilização básica no dia-a-dia, para banhos e outras atividades, a água quente também se torna crucial no que toca a tratamentos terapêuticos ou para cuidar e tratar das pessoas mais idosas [1].

Para garantir o conforto das pessoas nas suas habitações, os reservatórios de água quente, Figura 1, são uma das soluções de aquecimento e acumulação deste fluido a temperaturas que rondam normalmente os 55°C [2, 3].



Figura 1. Reservatórios para Água Quente Sanitária [termobrasa.com]

#### 2.1.1 Utilização e Importância

De entre as variadas utilizações, os depósitos de AQS, são utilizados em diversas funções energéticas:

- Aquecimento e acumulação, no caso de termoacumuladores elétricos ou bombas de calor monobloco;
- Acumulação, denominando-se depósito de inércia, que, normalmente, se encontra ligado a uma fonte de calor e outra de dissipação, normalmente usada para aquecimento central ou para usos sanitários;

### 2.1.2 Constituição

Para a construção de um reservatório, cujo objetivo seja a produção e acumulação de água quente, tem de existir uma configuração e construção lógica de forma a fornecer a água quente suficiente para as necessidades calculadas [4]. Conforme é mostrado na Figura 2, a forma mais comum de construção, devido a parâmetros e formas construtivas, divide-se em duas partes:

- Corpos, normalmente cilíndricos;
- Tampos, usualmente toro esféricos e não retos, para maior volume de água quente e para melhor distribuição do campo de pressões.

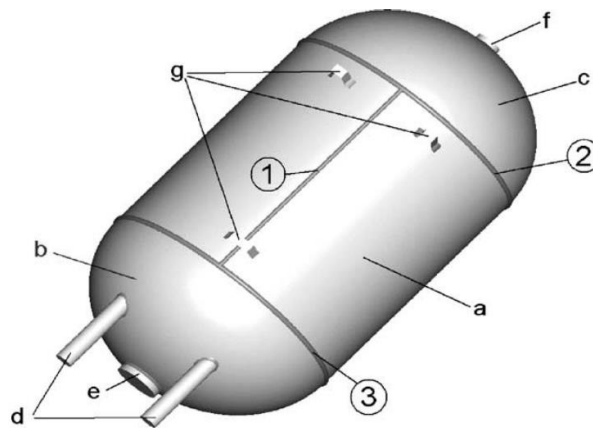


Figura 2. Representação esquemática de um reservatório de água quente sanitária [5]

### 2.1.3 Construção Soldada

Na empresa acolhedora, o fabrico dos termoacumuladores é feito em aço inoxidável, aço ao carbono e cobre. No fabrico industrial, o aço inox tem-se revelado um material de eleição em construções metálicas por apresentar boas propriedades mecânicas, excelente resistência à corrosão e, conjugado com técnicas de soldadura conhecidas, torna-se uma construção barata e de qualidade [6].

O ataque químico realizado pelas águas que "trabalham<sup>1</sup>" no interior destes depósitos, essencialmente nos cordões de soldadura, é uma das razões para a escolha do aço inoxidável para a construção destes acumuladores [6, 7].

## 2.2 Identificação dos cordões de soldadura

De forma a fabricar um depósito para AQS, os dois componentes principais mencionados no subcapítulo 2.1.2, terão de ser unificados por métodos de soldadura. Na Figura 3, são identificados os cordões de soldadura que perfazem esta construção.

<sup>1</sup>Circulam

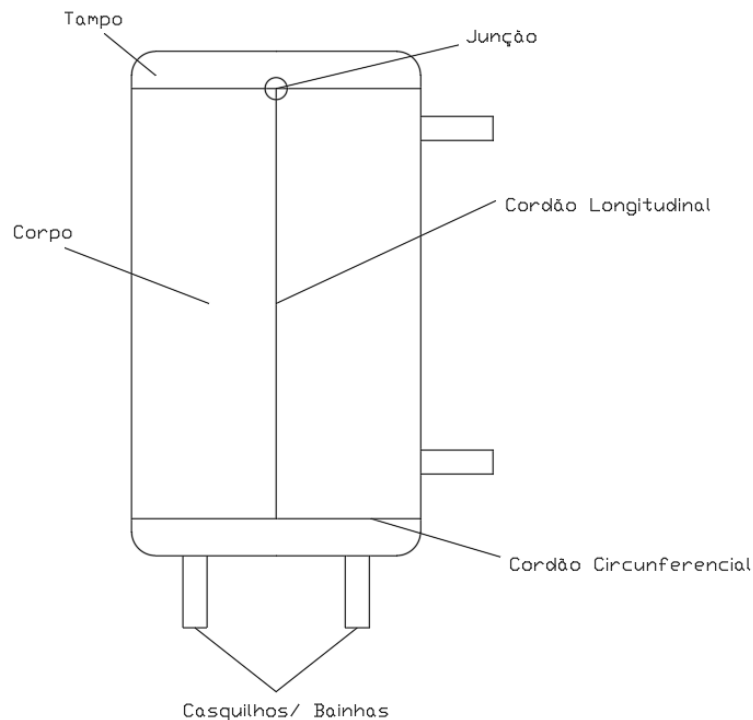


Figura 3. Identificação dos Cordões de Soldadura

Qualquer acumulador é fabricado com dois cordões de soldadura principais:

- Soldadura Longitudinal - conhecida como costura, efetua o fecho do corpo, possibilitando a aplicação dos tampos [8];
- Soldadura Circunferencial - efetua o fecho do acumulador, unindo os tampos ao corpo [8].

Contudo, a construção de um qualquer componente ou equipamento industrial, não é considerado conforme se não realizar com sucesso um ou vários ensaios para determinar os requisitos mínimos de qualidade. O avanço no processo de fabrico e posterior colocação no mercado, dependerá da concordância com as normas aplicadas aos mesmos.

A qualidade da produção, a monitorização da qualidade e o armazenamento dos vários parâmetros de fabrico, são pré-requisitos para uma boa entrada e forte posição no mercado [8].

### 2.2.1 Defeitos na Soldadura dos Reservatórios AQS

A soldadura, apesar de ser um processo largamente utilizado e com benefícios enormes para a indústria metalomecânica no seu global, é um processo extremamente suscetível à geração de defeitos, os quais podem acarretar consequências extremamente graves em serviço [9, 10].

Na maior parte dos processos, a componente de destreza do operador e conhecimento de todos os procedimentos de soldadura são essenciais para que a ligação seja levada a bom termo e com pleno sucesso [9].

Os problemas relacionados com a soldadura são normalmente divididos em dois grandes grupos: descontinuidades e defeitos.

As descontinuidades são interrupções na estrutura típica de um material (neste caso, juntas soldadas) nas suas características geométricas, mecânicas, metalúrgicas ou físicas [9].

Segundo Clifford Matthews, citado por [7] da ASME (American Society of Mechanical Engineers), entre as causas mais comuns para o aparecimento de defeitos de soldadura (Figura 4) figuram as fracas condições na execução do projeto (45%), os erros do operador, onde se inclui a má parametrização do processo (30%), a má execução do processo no que diz respeito à sua técnica e processo selecionado (11%), má configuração do binómio material base e material de adição (9%), e ainda a má preparação da junta (5%) [9].

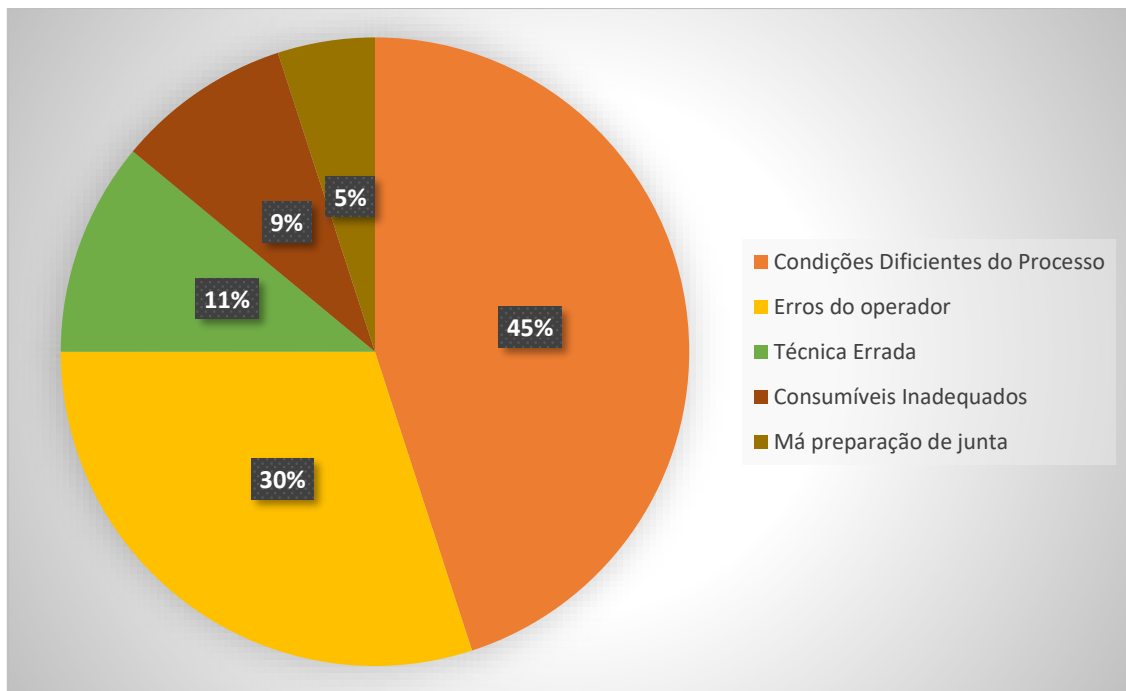


Figura 4. Principais causas para o aparecimento de defeitos de soldadura. Baseado em [9]

A consequência do aparecimento de defeitos nas juntas soldadas é a exigência de várias normas associadas ao processo e ensaios de verificação que avaliam a estanquicidade, qualidade e resistência dos cordões de soldadura.

### 2.2.2 Enquadramento dos Defeitos de Soldadura

As normas BS EN ISO 6520-1: 2007 [11] (soldaduras por fusão) e DIN 8524 [12] classificam as imperfeições em 6 grupos [9]:

- Fissuras;

- Cavidades;
- Inclusões sólidas;
- Ausência de fusão e penetração;
- Imperfeições de forma e de dimensão;
- Imperfeições diversas.

No item 2.2, identificaram-se os cordões de soldadura integrantes na construção dos reservatórios de água inerentes à empresa acolhedora, no entanto as normas não classificam as imperfeições de acordo com a origem mas sim de acordo com a geometria e posição [10].

Nos depósitos destinados ao aquecimento e armazenamento de águas sanitárias, os defeitos decorrentes da construção soldada, dada a geometria e posição dos cordões, podem ser agrupados em:

- Porosidades;
- Deformação do Material de Base;
- Sobreposição;

### 2.2.2.1 Porosidades

A porosidade (Figuras 5 e 6) é o aprisionamento de gases (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, etc.) ou inclusões sólidas, dentro do metal de base da soldadura [13], causando a formação de vazios na zona do cordão de soldadura, podendo estes encontrar-se à superfície, ou internamente, no cordão [9]. As causas da porosidade incluem:

- Inclusões gasosas, Figura 5;
- Inclusões Sólidas, Figura 6;

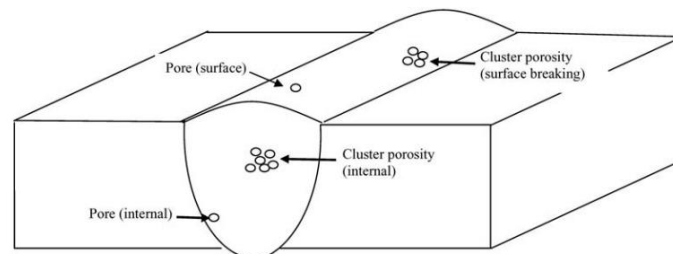


Figura 5. Porosidade em Cordões de Soldadura (Inclusões Gasosas) [9]

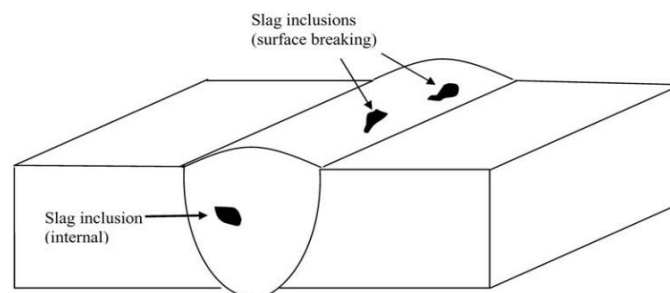


Figura 6. Porosidade em cordões de Soldadura (Inclusões Sólidas) [9]

- Perda do gás de proteção: a contaminação por nitrogénio e oxigénio resulta de uma fraca blindagem de gás. As correntes de ar, fugas na mangueira de gás ou fluxos incorretos de gás são causas frequentes de porosidade [9].
- Condições ou técnica de soldadura inadequadas;
- Falhas de abastecimento ou demasiada turbulência (excesso de caudal) no gás de proteção;
- Impurezas, gorduras ou tintas de proteção não adequadamente removidas/limpas da superfície das juntas;
- Velocidade de soldadura demasiado elevada;
- Utilização de eléctrodos danificados ou húmidos (estufagem incorreta);
- Arco demasiado longo;
- Introdução de oxigénio devido a proteção gasosa ineficaz [9, 13].

### 2.2.2.2 *Distorção e encurvadura*

Na construção dos reservatórios de água quente, a chapa usada como material de base é de reduzida espessura e por isso com tendência a fenómenos de distorção e encurvadura, uma vez que estes estão intrinsecamente associados a um sobreaquecimento das peças a soldar. Por este motivo, nas chapas de espessura mais reduzida o fluxo de calor é mais elevado, levando à ocorrência de fenómenos de contração como os evidenciados na Figura 7.



Figura 7. Contração registada numa soldadura topo-a-topo de duas chapas [7]

A posição de soldadura topo-a-topo é usada na soldadura longitudinal dos reservatórios de água quente. Nestes, o defeito de soldadura pode interferir com a construção do depósito, na medida em que se a distorção causada for severa, a introdução dos tampos torna-se impraticável ou morosa.

### 2.2.2.3 Sobreposição do Cordão de Soldadura

A união dos tampos ao corpo é realizada através de um cordão de soldadura circunferencial, na qual, inevitavelmente o fim do cordão se sobrepõe ao início do mesmo. Esta sobreposição implica a ocorrência de outros defeitos como porosidades e falta de fusão, identificada na Figura 8.

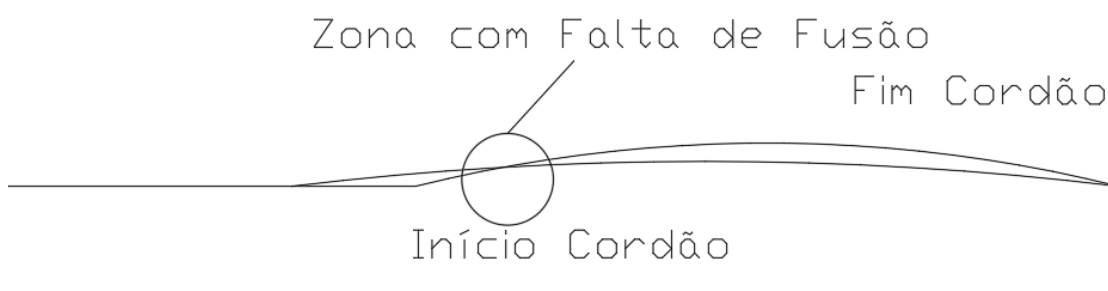


Figura 8. Sobreposição do Cordão de Soldadura Circunferencial

## 2.3 Identificação das Juntas Críticas

Os defeitos irão, na sua maioria, aparecer nas junções entre a soldadura longitudinal e circunferencial, e no ponto de contacto entre o início e fim do cordão de soldadura circunferencial [5].

### 2.3.1 Junção entre Cordão Longitudinal e Circunferencial

No momento de cruzamento entre o cordão longitudinal e circunferencial, ocorre um distúrbio resultando uma fusão incompleta. Este fenómeno pode ser explicado por princípios físicos como a deflexão do arco de soldadura, remoção excessiva de calor devido a uma maior massa, impurezas e óxidos presentes no próprio material base ou até no meio envolvente [5].

Uma das causas para uma fusão incompleta na junção entre a costura e o cordão circunferencial, é o efeito de golpe de arco de soldadura. Devido à existência de um campo magnético com magnitude não uniforme, a força de Lorentz deflete o arco para fora do cordão [5].

Durante o efeito de golpe de arco, o material de adição funde e cai no material de base mas, a fundição não sendo executada de forma correta, leva à pouca diluição do material de adição com o material de base, provocando a abertura de fissuras e a existência de poros no cordão de soldadura.

### 2.3.2 Sobreposição no Cordão Circunferencial

A distância de sobreposição entre o início e fim do cordão de soldadura, *overlap*, é de cerca de 10 mm, ou seja, o fim do cordão percorre essa distância até parar.

O efeito de *overlap* produz uma soldadura mais fina, o que prejudica a resistência da união soldada, sendo necessário retificar este erro, reforçando o cordão [5]. Por outro lado, no início do cordão, estando o metal frio, ocorre uma elevada remoção de calor, podendo ocorrer uma fusão incompleta. Refira-se ainda que o tempo necessário para o material de base atingir o seu ponto de fusão é também afetado pela densidade de calor aplicado e pelas propriedades do material, tais como, a condutividade térmica, o calor específico e a massa volúmica.

Quando o início do cordão é sobreposto no fim da soldadura, o material de base já se encontra quente, obtendo-se uma excelente fusão e mistura do material de adição com o metal, executando-se o ponto inicial do cordão. Neste ponto poderá existir pouca penetração na chapa, a não consolidação de uma soldadura estável e a ocorrência de tensões induzidas.

De forma a ultrapassar este problema, o depósito segue para um novo posto de trabalho onde o operador reforça este cordão de soldadura na junção entre o tampo e o corpo, fundindo-o novamente de forma a promover a mistura e penetração total.

A Figura 9 apresenta de forma técnica as juntas críticas associadas a esta construção.

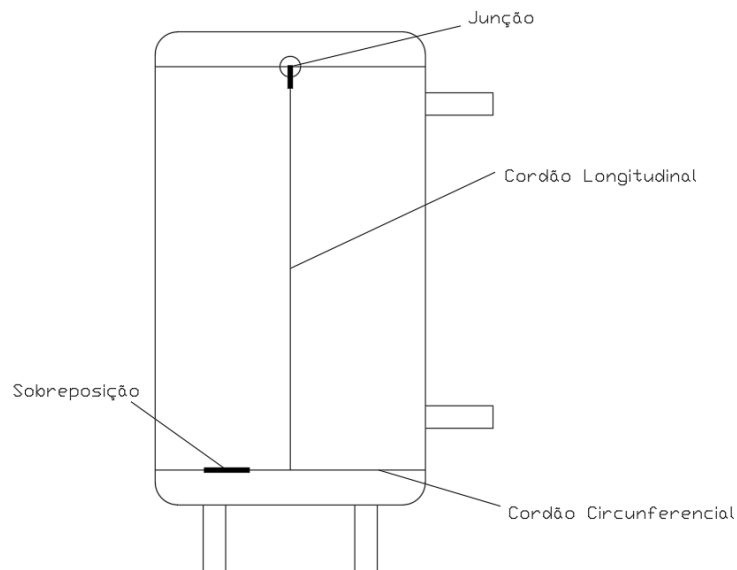


Figura 9. Juntas Críticas da Soldadura de Reservatórios

## 2.4 Controlo de Defeitos de Soldadura

Qualquer processo de soldadura apresenta riscos e defeitos associados. Posto isto, o controlo deve ser extremamente exigente, com vista a que os mesmos possam ser evitados ou, sendo impossível evitá-los, possam ser identificados e reparados.

O processo de verificação para a construção abordada no presente trabalho, é um passo crucial uma vez que os reservatórios de água quente se destinam ao aquecimento e armazenamento deste fluido. Estes têm obrigatoriamente de ser estanques, de forma a eliminar possíveis fugas de água.

Para efeitos de controlo de defeitos de soldadura e, como tal, de estanquicidade do reservatório, podem ser distinguidos dois tipos de ensaios:

- Destrutivos;
- Não destrutivos.

### 2.4.1 Ensaios Destrutivos

São ensaios realizados com o intuito de verificar a resistência e dureza do cordão de soldadura. Este método é usado maioritariamente em protótipos ou peças individuais, podendo ser praticados os seguintes ensaios [9]:

- De Análise Metalográfica;
- De Tração;
- De Dureza;
- De Dobragem, entre outros.

### 2.4.2 Ensaios Não Destrutivos

São ensaios que se destinam à análise integral de um conjunto soldado [13, 14]. Permitem praticar a inspeção na totalidade do conjunto, possibilitando a antevisão de possíveis ocorrências de falhas em serviço, podendo ser realizados os seguintes tipos de ensaios [9]:

- Inspeção visual;
- Líquidos penetrantes;
- Magnetoscopia;
- Ultrassons;
- Raios X.

A análise por métodos de elementos finitos (MEF) também pode ser incluída nos ensaios não destrutivos a uniões soldadas. Os MEF permitem perceber previamente o comportamento mecânico do componente ou peça sujeita a ensaio [15].

## 2.5 Ensaio de Estanquicidade Em Reservatórios de Água Quente

Nos subcapítulos subsequentes foram tratados os defeitos associados à construção soldada dos reservatórios de água quente sanitária. Em qualquer produção, os equipamentos passam por várias fases de teste para garantir a sua conformidade e bom funcionamento, antes de serem colocados no mercado.

Conforme é indicado na NP EN 60335-2-21: 2008 [16], a verificação dos depósitos é assegurada por uma inspeção, maioritariamente visual [17].

Em toda a Europa, as normas destinadas ao ensaio ou verificação destes equipamentos, não especificam o tipo de ensaio a realizar ou requisitos mínimos, apenas referem a pressão de ensaio a que o termoacumulador tem de ser submetido.

### 2.5.1 Estudo de Mercado

Neste tipo de indústria, o maior problema em peças forjadas, conformadas e soldadas, é perceber se existe algum vazamento de fluído no componente fabricado. As normas que estabelecem os requisitos de segurança em funcionamento para estes depósitos, como foi evidenciado anteriormente, não especificam o tipo de teste a realizar, apenas a pressão de ensaio que é calculada a partir da pressão de serviço.

Face a esta situação, os fabricantes possuem a liberdade de escolher o tipo de ensaio a realizar e a forma como o executam. Surgem assim dois tipos de ensaio: teste seco e teste molhado, explicados na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de Ensaio de Estanquicidade

Tipo de Ensaio	Definição						
	Usado para testar um componente fechado, onde o ar é injetado e pressurizado. Este ensaio pode ser realizado de duas maneiras.						
	<b>Metodologia</b>						
<b>Com ar</b>	<b>Injeção e pressurização de ar</b>						
<b>Teste seco</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="919 1442 1007 1518">Ensaio</th> <th data-bbox="1078 1442 1214 1518">Submerso</th> <th data-bbox="1294 1442 1350 1518">com pressurização de ar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="507 1532 895 1856">O ar é injetado e depois pressurizado. Se a pressão subir constantemente e estabilizar, o componente está conforme. Caso contrário, o componente é rejeitado [18, 19].</td> <td data-bbox="919 1532 1007 1856">O componente é mergulhado num tanque com água sendo injetado ar e posteriormente pressurizado. Verificando-se a existência de bolhas de ar à superfície, ou próxima desta, o componente não está conforme [18, 19].</td> <td data-bbox="1078 1532 1214 1856"></td> </tr> </tbody> </table>	Ensaio	Submerso	com pressurização de ar	O ar é injetado e depois pressurizado. Se a pressão subir constantemente e estabilizar, o componente está conforme. Caso contrário, o componente é rejeitado [18, 19].	O componente é mergulhado num tanque com água sendo injetado ar e posteriormente pressurizado. Verificando-se a existência de bolhas de ar à superfície, ou próxima desta, o componente não está conforme [18, 19].	
Ensaio	Submerso	com pressurização de ar					
O ar é injetado e depois pressurizado. Se a pressão subir constantemente e estabilizar, o componente está conforme. Caso contrário, o componente é rejeitado [18, 19].	O componente é mergulhado num tanque com água sendo injetado ar e posteriormente pressurizado. Verificando-se a existência de bolhas de ar à superfície, ou próxima desta, o componente não está conforme [18, 19].						

<b>Definição</b>	
Usado para testar um componente fechado, onde a água é injetada e pressurizada.	
<b>Metodologia</b>	
<b>Enchimento com água e pressurização</b>	<b>Ensaio submerso com pressurização de água</b>
<p><b>Com água</b> <b>Teste molhado</b></p> <p>Consiste no enchimento do componente com água e posterior pressurização. Realiza-se a inspeção visual, observando os cordões de soldadura, passando também um pincel com sabão a toda a volta para verificar a existência de fissuras/ poros [19].</p>	<p>O componente é mergulhado num tanque com líquido sendo injetada água e posteriormente pressurizada. Verificando-se a existência de bolhas de ar à superfície, ou próxima desta, o componente não está conforme [18, 19].</p>

O teste de estanquicidade é de caráter crítico. Se as empresas fabricantes facilitarem neste tipo de análise e ensaios, peças ou equipamentos defeituosos serão colocados no mercado com o risco de falharem e originar graves riscos [20].

### 2.5.2 Tipo de Ensaio Utilizado

A escolha do tipo de ensaio começa por se perceber a eficácia e eficiência a ser retirada do mesmo [20].

O fabrico de termoacumuladores destinados ao aquecimento e armazenamento de águas sanitárias é de caráter crítico e com elevadas exigências de caráter qualitativo. Um equipamento não pode sair de fabrico sem ser ensaiado eletricamente e inspecionado visualmente na construção soldada.

Os defeitos de origem elétrica são solúveis com uma assistência técnica no próprio local. No entanto, um problema ao nível do depósito envolve problemas e custos quer para o cliente como para o fabricante.

Atualmente, o ensaio utilizado é do tipo molhado, realizado com água, calculando-se a pressão de ensaio através da equação [16] :

$$P_{ens} = P_{serv} \times 1,1 \quad (1)$$

Sendo  $P_{serv} = 0,6$  Mpa;

$P_{ens} = 0,66$  Mpa  $\approx 7$  bar

O processo começa por se apertar os acessórios ao depósito, encher com água e pressurizar. É realizada uma inspeção visual tirando as leituras das pressões iniciais, pós

pressurização e efetuando-se nova leitura após serem analisados todos os cordões de soldadura e juntas críticas.

### 2.5.2.1 Procedimento

O ensaio atualmente utilizado permite encher o cilindro com água e, através de um sistema de bombagem pressurizar o depósito. Após a pressurização, o operador terá de realizar a inspeção nas juntas críticas discutidas no item 2.5.2, tirando as leituras dos valores de pressão mostrados nos manómetros no momento pós pressurização e imediatamente depois de terminar o ensaio.

Como já foi referido anteriormente, nas normas aplicadas, apenas é referida a pressão de ensaio. No presente setor industrial, o fabricante de depósitos para acumulação de água quente sanitária tem de prever o seu próprio método de ensaio, surgindo assim vários pontos de melhoria [21].

Na Figura 10, recorrendo a um fluxograma, é indicado todo o processo de ensaio:

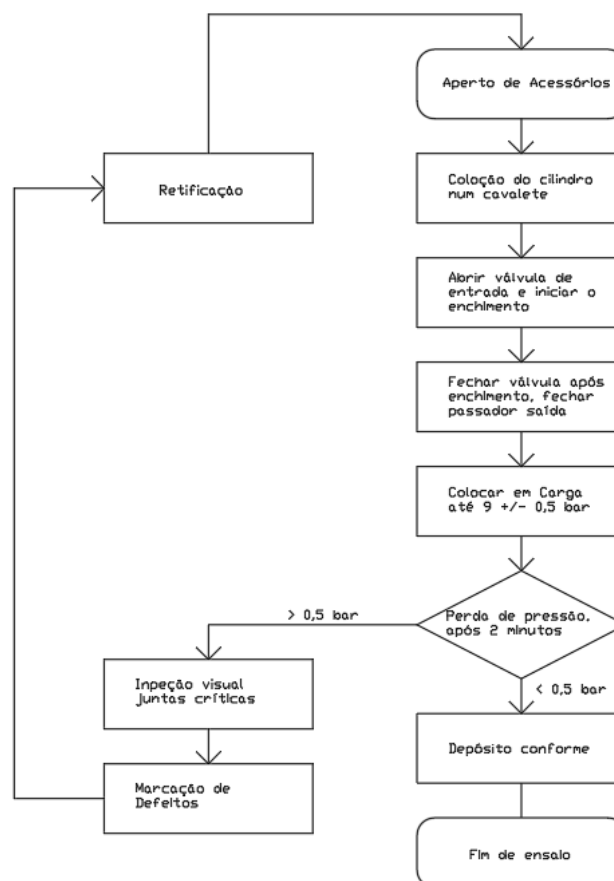


Figura 10. Fluxograma do Processo de Ensaio de Estanquidade

Para a realização do ensaio de inspeção, existem quatro postos, onde cada um tem a capacidade de ensaiar reservatórios com capacidades entre os 10 e 500 litros.

### 2.5.2.2 Tempos de ensaio

Na Tabela 2, encontram-se os tempos atuais de ensaio para os reservatórios que integram as bombas de calor.

Os tempos foram medidos com amostras de dez produtos do mesmo tipo, efetuando-se a média por processo.

Nomenclatura

Exemplo: BI280GOLD1 – Bomba de Calor Aço Inox **280** L Modelo **GOLD** com **1** Serpentina.

Se a terminação for em 2, a bomba de calor tem 2 serpentinas. Caso não tenha o número no fim, a bomba de calor não possui serpentinas, tubos que são enrolados e colocados dentro do depósito para serem conectados a outros sistemas de aquecimento como solares térmicos.

Tabela 2 Tempos de Ensaio de Estanquicidade por Produto

Produto	Tempos por Processo				
	Preparação (min.:s)	Enchimento (min.:s)	Inspeção (min.:s)	Desmontagem (min.:s)	Total (min.:s)
BI150GOLD	01:07	02:57	03:10	05:25	12:39
BI150GOLD1	01:11	02:57	03:10	05:58	13:16
BI150GOLD2	01:48	02:57	03:10	06:15	14:10
BI200GOLD	01:07	03:17	03:18	06:28	14:10
BI200GOLD1	01:11	03:17	03:18	06:47	15:01
BI200GOLD2	01:48	03:17	03:18	06:50	15:35
BI280GOLD	01:07	03:20	03:29	07:02	16:43
BI280GOLD1	01:11	03:20	03:29	07:18	16:52
BI280GOLD2	01:24	03:20	03:29	07:25	17:01
BI500GOLD	01:35	03:58	03:35	08:41	17:58
BI500GOLD1	01:47	03:58	03:35	08:45	18:05
BI500GOLD2	01:58	03:58	03:35	09:30	19:01

A diferença de tempos acima verificada é influenciada pelos acessórios que são acoplados e pelo volume dos depósitos.

Os tempos de desmontagem incluem o esvaziamento da água utilizada para ensaio, processo que é apenas efetuado sob ação da gravidade quando se removem os acessórios.

Excetuando os processos de preparação e desmontagem, os restantes processos são passíveis de automatização.

De salientar que a análise comparativa de tempos será realizada na continuação do presente projeto.

### 2.5.2.3 Análise de Falhas

A qualquer posto de trabalho estão normalmente associadas falhas induzidas pelo operador, pelos equipamentos ou pelo processo em si.

Tal como foi avaliado no item 2.2.2, assegurando que o ensaio efetuado é destinado aos produtos fabricados, a análise de falhas ou defeitos encontra-se definida na Tabela 3:

Tabela 3 Análise de Falhas no Ensaio de Estanquicidade

Causa da Falha	Tipo de Falha	Consequência
<b>Operador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção desatenta e descuidada</li> <li>Incapacidade de detetar fugas ou defeitos nos cordões praticamente invisíveis a olho nu</li> </ul>	Aprovação de reservatórios não conformes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mau aperto de acessórios, provocando uma leitura errada da pressão de ensaio</li> </ul>	Teste mal-executado, podendo levar à aprovação de reservatórios não conformes.
<b>Acessórios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leitura descuidada dos manómetros</li> </ul>	Inviabilidade de dados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mau funcionamento de algum acessório ou sistema de bombagem</li> </ul>	A não substituição pode levar a problemas de maior dimensão a longo prazo, impossibilitando a utilização dos postos onde o problema é localizado.

Atualmente todas as etapas do ensaio de estanquicidade são executadas de forma manual.

Atendendo às falhas decorrentes deste processo, explanadas na Tabela 3, a automatização deste processo eliminaria alguns pontos críticos se dependessem de sensores e dos autómatos. Por outro lado, e como já foi referido neste documento, o objetivo principal deste projeto é automatizar este ensaio de forma a diminuir o gargalo e abastecer mais rapidamente o setor 2, possuindo um ensaio com maior grau de fiabilidade independentemente do trabalho realizado pelo operador.

É, pois, com este pressuposto que se inicia o próximo tema: Indústria 4.0 e automação.

## 2.6 Automação

A automação é o meio de controlo de um sistema ou processo, recorrendo à interligação entre um elemento lógico com vários aparelhos mecânicos e eletrónicos. A grande motivação para automatizar um processo prende-se com a oportunidade de comunicação entre máquinas mais antigas e o operador. Esta evolução permite que qualquer empresa consiga tirar o máximo partido das máquinas e do trabalhador, criando produções mais rápidas e eficientes [22, 23].

A entidade acolhedora para este projeto possui todos os processos manuais ou semiautomáticos. Com a introdução de autómatos para o controlo de um dos postos de trabalho, é imprescindível debater o tema que é descrito como a quarta revolução industrial, Indústria 4.0, descrevendo as suas motivações e limitações de implementação em empresas de fabrico praticamente manual [24].

### 2.6.1 Indústria 4.0

Notavelmente, o avanço tecnológico tem sido essencial para manter a vantagem competitiva no mercado e para gerar benefícios para as empresas [25].

O novo paradigma de fabrico digital e o conceito de Indústria 4.0 (I4.0) levaram a uma integração de recentes avanços de fabrico com tecnologias de informação e comunicação modernas. A evolução digital vem com a facilidade de aquisição de dados, que suporta a credibilidade de produção e a sua eficiência [26].

Introduzido na exibição industrial em Hannover Messe 2016 realizada na Alemanha, o tema Indústria 4.0, conhecido como a quarta revolução industrial, começa a ganhar forma e atratividade para as empresas mundiais [26].

Na Alemanha, a indústria 4.0 é iniciada como um plano estratégico e tecnológico de alto nível de forma a manter o país numa posição líder na indústria fabril global [27].

Os avanços na quarta revolução industrial podem ser sucintamente apresentados em cinco aspetos:

- **Interconexão Total** - O núcleo da I4.0 é construir as interligações entre cada componente. Esta parte prende-se com a ligação de sensores, equipamentos de controlo e comunicação;
- **Integração Total** - Integração é o ponto mais crucial na estratégia de indústria 4.0. Prende-se com a conectividade entre pessoas, pessoas e máquinas, entre diferente máquinas e equipamentos, permitindo a integração de forma horizontal, vertical e terminal-a-terminal;
- **Grande análise de dados** - A aquisição de dados é uma componente chave, sendo necessário a recolha ser confiável e comprovada em tempo real.
- **Inovação Contínua** - A evolução de uma empresa para a indústria 4.0, exige a contínua inovação de processos e métodos;

- **Transformação em profundidade** - Transformação de processos convencionais em processos personalizados e inteligentes [26].

### 2.6.2 Incentivos e Limitações na implementação da Indústria 4.0

De forma a atingir este nível de avanço tecnológico, as empresas têm de passar por um processo gradual e evolutivo de transferência tecnológica adotando tecnologias de fornecedores com experiência no mercado.[28]

No contexto de *digital factory*, as pequenas e médias empresas (PME), estão interessadas em estudar esta solução por três motivos:

1. Representam o maior número de empresas em comparação com as grandes e, portanto, representam um grupo-alvo considerável para a digitalização.;
2. Operam com menos recursos;
3. São menos burocráticas e geralmente têm mais incentivos do que as maiores empresas para conseguir alcançar o sucesso nos trabalhos.

Em termos de incentivos distinguem-se dois tipos:

- Incentivos Reativos- pela necessidade;
- Incentivos Proativos – pela inovação.

Como é o caso da empresa acolhedora do presente projeto, a automatização do fabrico, enraizado desde há 50 anos, passa pelas seguintes questões, as quais são prontamente respondidas analisando a Tabela 4.

- Quais as vantagens e desafios apresentados por este conceito?
- Quais os recursos que as empresas precisam de dispor?
- Quais são as barreiras inerentes ao processo de adoção?

Tabela 4 Incentivos e Barreiras criadas em torno da Indústria 4.0

Implementação Indústria 4.0	
Incentivos	Barreiras
Estratégicos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigência dos clientes;</li> <li>• Redução de custos;</li> <li>• Diminuição de <i>Lead Time</i>;</li> <li>• Concorrência.</li> </ul> Mão de Obra <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de qualificação.</li> </ul> Sistema de conselheiros públicos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalhos iniciados com os <i>inputs</i> dadas pelos trabalhadores</li> </ul>	Legislação/ Normas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca informação normativa.</li> </ul> Gerência <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conhecimento sobre o conceito;</li> <li>• Elevados recursos financeiros;</li> <li>• Maior concentração no funcionamento à custa do desenvolvimento da empresa;</li> <li>• Falta de proteção de dados.</li> </ul>

### 2.6.3 Controladores Lógicos Programáveis

Os Controladores Lógicos Programáveis, conhecidos pelo acrónimo PLCs ou simplesmente por autómatos, são dispositivos que permitem que determinado sistema funcione de uma forma autónoma, sendo a intervenção do operador reduzida ao mínimo indispensável [23, 29].

Constituídos por circuitos integrados e diversos equipamentos eletromecânicos, são capazes de armazenar instruções, processar contagens, temporizações, aritmética, de executar manipulação de dados e estabelecer comunicações com os sistemas de controlo e com o processo [30, 31].

O autómato pode ser representado como o elo responsável pelo tratamento, execução e produção de informação de um processo de controlo e medição, Figura 11 [23].

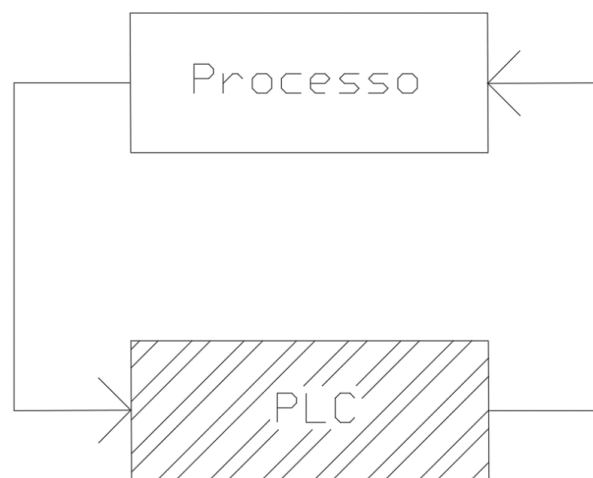


Figura 11. Controlo de um processo através de um autómato

O funcionamento de um autómato programável é relativamente simples. As entradas e saídas do sistema são ligadas fisicamente às máquinas envolvidas do processo em questão [32]. As entradas transferem para a unidade central do autómato informações sobre o funcionamento do processo que podem ser discretas ou analógicas. O autómato, por sua vez, depois de analisadas as variáveis de entrada, informa as saídas associadas de forma a efetuar o controlo dos dispositivos [33, 34].

Como é indicado na Figura 12, o ciclo de trabalho do autómato integra três ações: leitura das variáveis de entrada, execução do programa de controlo e escrita das variáveis na saída [23, 35].

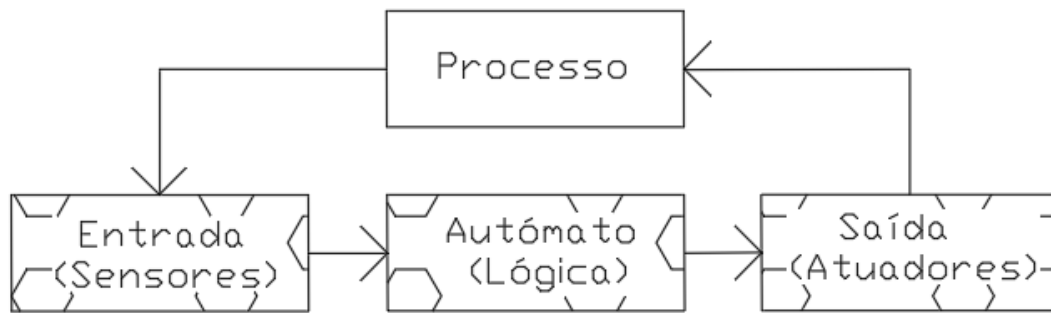


Figura 12. Princípio de Funcionamento de um autômato

Na Figura 13, é representado um exemplo de autômato do fabricante Siemens.

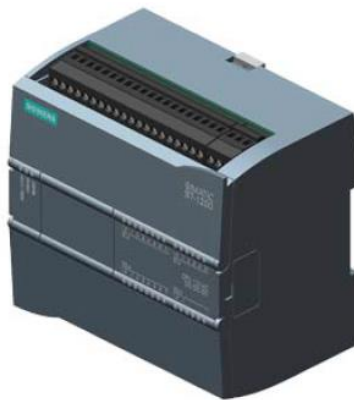


Figura 13. Autômato SIMATIC S7 1200 (Siemens)

Depois de programado o autômato que controlará certo processo, a interface homem máquina pode ser efetuada através de simples botões ou, perante um procedimento interrompido e moroso que exige a introdução de variáveis por meio de um operador, é utilizado um equipamento denominado HMI (Human Machine Interface), conforme é ilustrado na Figura 14 [36].

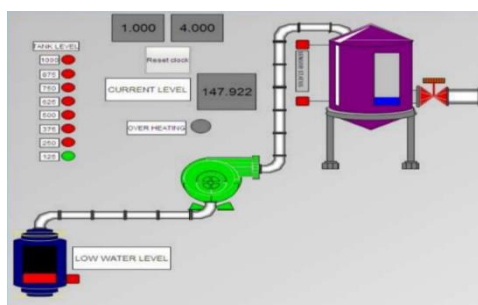


Figura 14. Exemplo de um HMI para controlo de um sistema de bombagem [33]

#### 2.6.4 Linguagem estruturada, GRAFCET

A metodologia GRAFCET foi apresentada em 1970. O seu nome tem origem na abreviatura francesa **GR**aphe **F**unctionel de **Co**mmande **E**tape **T**ransition (Gráfico Funcional para Controlo de Etapa - Transição). É uma metodologia gráfica de automatização de sistemas sequenciais, constituída por uma alternância de etapas e transições interligadas por ligações aplicadas a um qualquer sistema lógico de controlo [23].

A representação de um sistema em GRAFCET resume-se à estrutura gráfica da sequência de funcionamento de um sistema automatizado, obedecendo a uma simbologia particular, Figura 15.

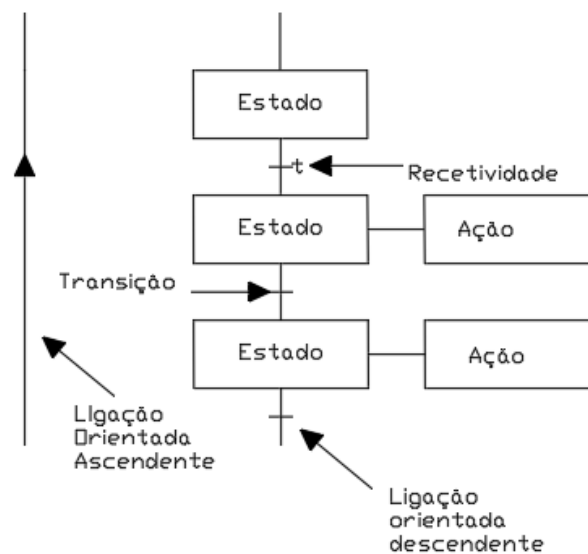


Figura 15. Elementos Base de um GRAFCET

Existem dois tipos de GRAFCET:

- **GRAFCET comportamental/funcional ou de nível 1-** descreve o funcionamento do sistema a automatizar sem ter em consideração a tecnologia a utilizar. É uma descrição literal do automatismo e, por isso, comum a todos os intervenientes [23];
- **GRAFCET tecnológico ou de nível 2-** deriva diretamente do GRAFCET comportamental ou de nível 1, tomando em consideração a tecnologia (sensores, atuadores, etc.) e as diversas variáveis intervenientes no autómato [23].

Este método permite a previsão e o estudo do projeto a executar. Uma vez definitivo, dá-se início à programação do sistema, que normalmente é realizado em linguagem LADDER [37], apresentada no subcapítulo seguinte.

### 2.6.5 Linguagem de programação, LADDER

A linguagem de programação Ladder é a mais frequentemente utilizada na programação de PLCs. Dado que cada fabricante de PLCs possui especificações próprias para a linguagem, não está assegurada a portabilidade de programas entre fabricantes. No entanto, a norma IEC 61131-3, permite homogeneizar as características funcionais dos PLCs, definindo concretamente a sintaxe e a semântica das linguagens de programação [30].

Na programação dos autômatos, as linguagens frequentemente usadas são de caráter gráfica. O método de programação em diagramas Ladder existe apenas no software do PLC. O mesmo, analisa cada linha quanto à sua continuidade lógica, ou seja, quando todas as instruções de condições são verdadeiras.

A compatibilidade entre GRAFCET e Ladder permite a programação etapa por etapa, ativando a seguinte, desativando a precedente, conjugando toda a sua simbologia para satisfação das condições pretendidas no processo a automatizar [38].

A simbologia da metodologia Ladder, consiste num conjunto de símbolos lógicos que tratarão a codificação do processo em questão, com a respetiva introdução de variáveis de entrada, saída e de memória [23].

Na Figura 16 [36] é mostrado um exemplo de programação em linguagem Ladder, associada ao controlo do nível de água num determinado reservatório [32].

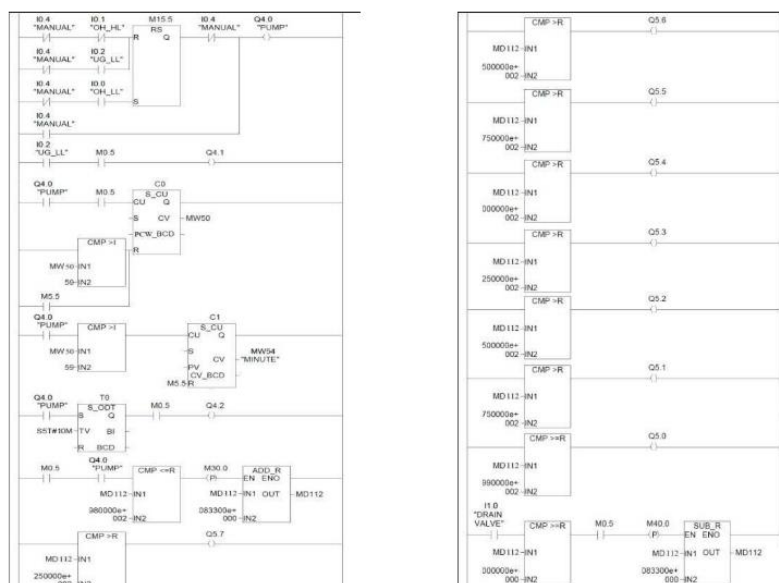


Figura 16. A Lógica Ladder

A simbologia afeta a esta linguagem e ao presente projeto, será abordada em capítulos posteriores quando forem atribuídas variáveis de entrada e saída, adequando-as às respetivas funções.

### 2.6.6 Dispositivos de entrada e saída

Os sensores são a base da automação industrial, sendo estes que permitem controlar um sistema ou processo de forma automática [39].

Os dispositivos de entrada e saída são usados para enviar e receber sinais analógicos ou digitais. Os primeiros cobrem uma gama contínua de valores, enquanto os segundos são sinais não contínuos que possuem apenas dois estados: ligado ou desligado (ON/OFF) [23, 40].

Para o efeito, neste projeto, serão estudados os sensores a utilizar em capítulos posteriores, momento em que será realizada a sua programação e atribuição de funções, assim como a orçamentação para a realização do mesmo.



Figura 17. Sensores Industriais (Siemens)

### 2.6.7 Aquisição e Tratamento de Dados Via Cloud

Tal como foi abordado anteriormente, as grandes vantagens na implementação de conceitos provenientes da quarta revolução industrial são a fiabilidade e a quantidade de dados adquiridos [27].

Com os presentes avanços tecnológicos é também possível a comunicação dos sensores sem fio, visualização, armazenamento e tratamento de dados em tempo real ou em períodos bem definidos [41].

Atualmente são frequentemente utilizados sistemas SCADA (Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados), que permitem esta comunicação [42, 43].

A monitorização apropriada dos processos pode manter as operações a um nível aceitável por identificação e correção dos problemas antes destes se tornarem falhas significantes.

Dado o aumento da complexidade dos processos industriais, a necessidade de controlo remoto e monitorização através de uma localização também aumenta. Este processo pode ser conseguido utilizando o conceito IoT (Internet of Things), ferramenta que permite partilha de informação pela internet, através de objetos virtuais e físicos [44].

A Siemens usa um equipamento IoT, tendo por base um Arduíno, denominado Simatic IoT2040 que tem a funcionalidade de receber, armazenar e processar a informação [45].

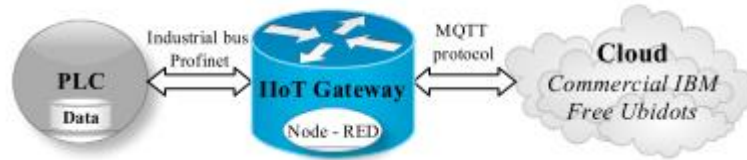


Figura 18. Processo de Aquisição e Tratamento de Dados via IoT [33]

# **Desenvolvimento, Construção e Automatização do Posto de Ensaio de Estanquicidade**

**3.1 Análise da Metodologia de Ensaio Precedente**

**3.2 GRAFCET Comportamental**

**3.3 Esquema Hidráulico**

**3.4 Seleção dos Componentes**

**3.5 GRAFCET Tecnológico**

**3.6 Interface Homem-Máquina**

**3.7 Linguagem LADDER**

**3.8 Construção da Solução Automatizada**

**3.9 Novo Procedimento de Ensaio**

**3.10 Custos do Projeto**

## 3 Desenvolvimento, Construção e Automatização do Posto de Ensaio de Estanquicidade

### 3.1 Análise da Metodologia de Ensaio Precedente

#### 3.1.1 Estrutura anterior à Dissertação

Posto constituído por quatro bancadas de ensaio e que exige o trabalho de três colaboradores que desempenham variadas funções para garantir o sucesso do mesmo. Diferenciam-se quatro bancadas de ensaio, sendo comum o sistema de bombagem para o posto 1 e posto 2, posto 3 e 4, existindo assim uma bomba hidráulica para cada dois gabaris de ensaio.

Tanto para a entrada como a saída de água do acumulador são utilizadas mangueiras hidráulicas de alta pressão.

O controlo do sistema de bombagem, num momento inicial de enchimento, é ativado por meio de um contator que ajuda na ativação da sucção da água dos depósitos de água para os acumuladores alvos de ensaio.

Por meio de um pressóstato, o sistema cessa o funcionamento a cerca de 6 bar. De forma a dar continuidade ao ensaio, por meio de um botão, o componente de segurança é anulado permitindo a carga do acumulador até aos 8,5 bar, iniciando o estágio de pressões.

No Anexo 1 pode ser consultado o esquema hidráulico referente à montagem do ensaio.

A disposição dos gabaris de ensaio é ilustrada na Figura 19.

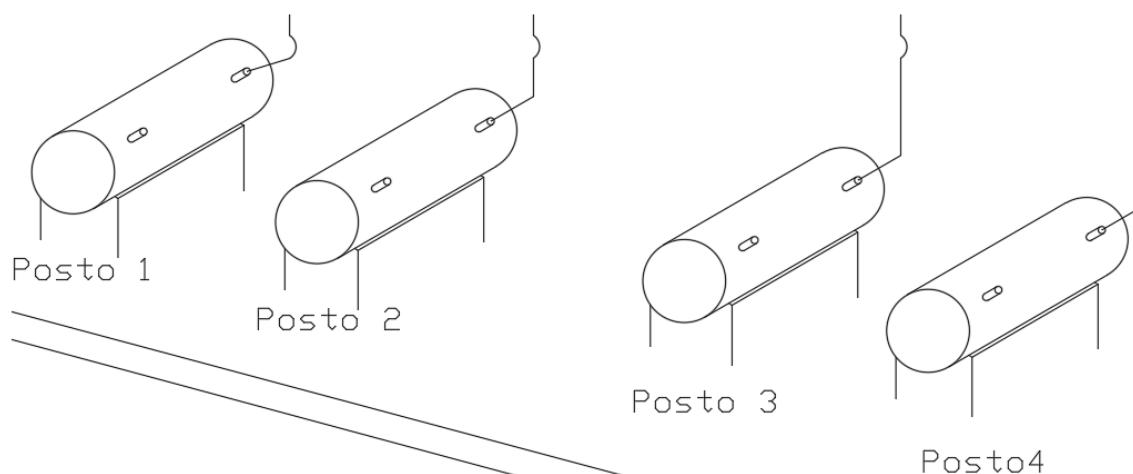


Figura 19 Disposição Bancadas de Ensaio

### 3.1.2 Pontos de Melhoria

A solução a desenvolver foca-se na resolução de todas as falhas ou inconvenientes decorrentes do posto em análise.

Na Tabela 5 são descritos os pontos de melhoria e a sua satisfação aquando da implementação do presente projeto.

Tabela 5 Problema Vs Solução Ensaio Posterior ao Projeto

Problema	Solução
<b>Enchimento automático</b>	Atuação do sistema de bombagem e temporização da abertura e fecho da válvula de controlo e saída
<b>Controlo da bomba hidráulica</b>	Controlo através de uma saída digital do autómato em função do valor ligo pelo transdutor de pressão
<b>Necessidade de o colaborador fechar o passador colocado na mangueira à saída do depósito</b>	Colocação de uma válvula solenoide de duas vias atuada por uma saída do autómato
<b>Forçar sistema para pressurizar o depósito objeto de ensaio</b>	Corte automático da saída de água, obrigando a subida de pressão no interior do depósito. Chegando ao valor de pressão programado, procede-se ao corte da bomba e da válvula de controlo
<b>Abrir passador de saída quando o depósito está sujeito a pressão para iniciar o esvaziamento</b>	Temporização do tempo de esvaziamento com ar comprimido
<b>Esvaziamento moroso do acumulador, esvaziamento gravitacional</b>	Injeção de ar comprimido
<b>Presença de água no posto de trabalho</b>	Ligação das mangueiras de saída a uma conduta de PVC de forma a efetuar o esvaziamento pressurizado, seguro e limpo
<b>Pressurização manual do depósito</b>	Controlo de pressões automático por meio do transdutor de pressão
<b>Fiabilidade no ensaio e necessidade de inspeção visual mesmo não existindo fuga</b>	Apesar do ensaio ser fiável, carece da análise do operador. Objetiva-se a análise apenas quando o sistema indicar uma possível fuga de água

### 3.2 GRAFCET Comportamental

O desenvolvimento da solução iniciou-se pela construção de um GRAFCET comportamental/ funcional tendo como base o fluxograma de ensaio do *Subcapítulo 2.5.2.1.* (Pág. 20).

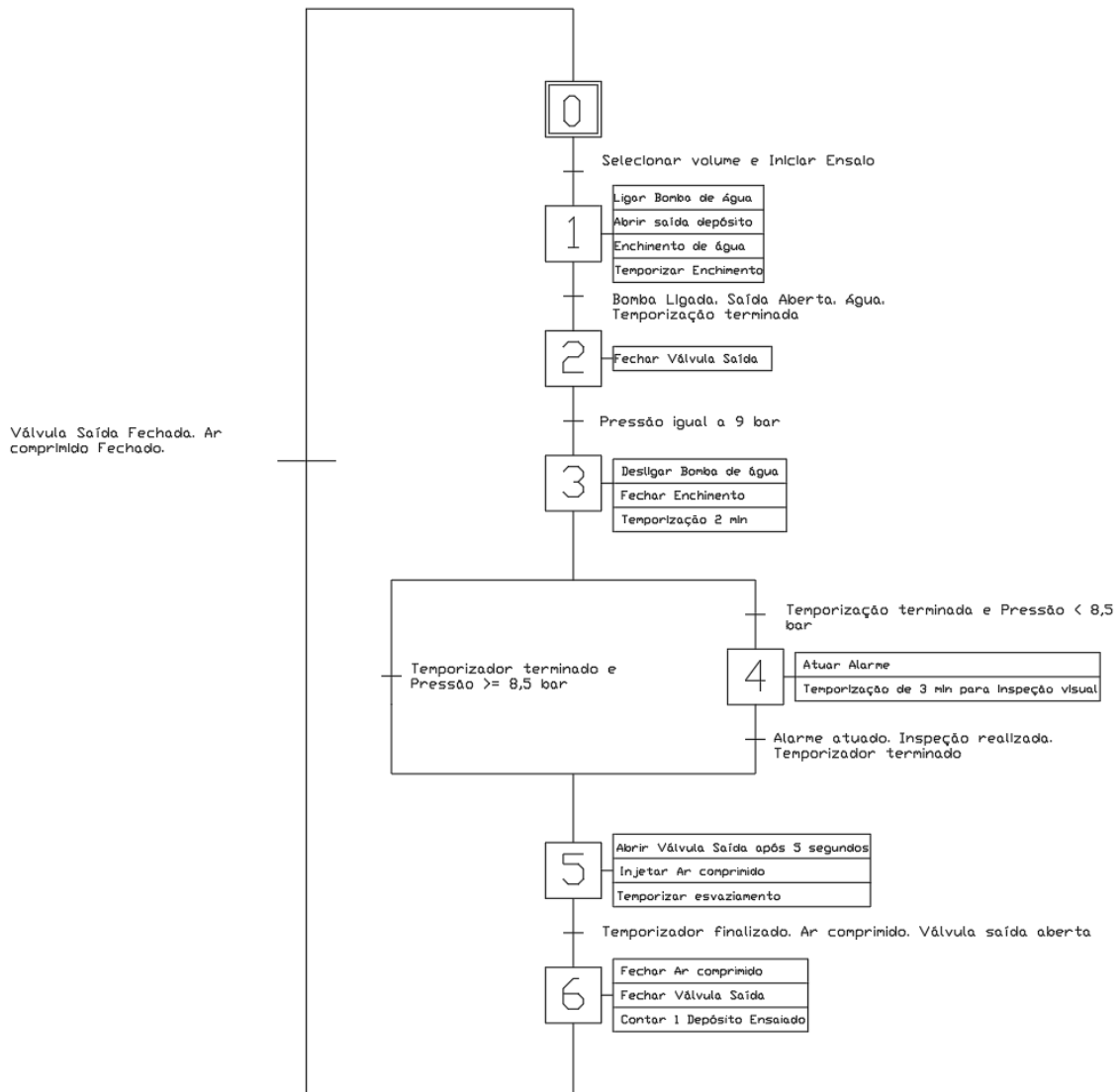
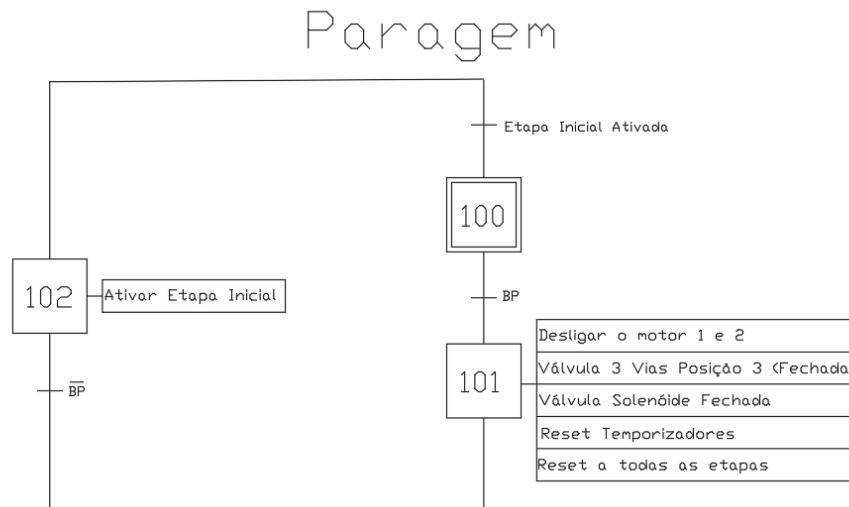


Figura 20 GRAFCET comportamental/ funcional

O GRAFCET ilustrado na Fig. 20 serve apenas para perceber que componentes serão necessários. Nele apenas é descrito o ensaio para um posto e de acordo com a configuração dos mesmos, é possível ensaiar apenas um produto, dois a dois e quatro ao mesmo tempo.

Como tal, a questão acima abordada, influencia na escolha de autómatos, módulos de expansão, sensores e sistema de emergência, Figura 21.



### 3.3 Esquema Hidráulico

Concluído o GRAFCET comportamental, seriam necessários os seguintes componentes chave:

- Válvula de 3 Vias (Corpo em L) com atuador elétrico – adequada para a permuta entre injeção de ar comprimido para o esvaziamento e água para o enchimento do depósito. A opção do corpo em esquema L permite que não haja curto-circuito de ar e água, Figura 22;
- Válvulas Solenóides de 2 Vias – permitem a abertura e fecho na saída do depósito a ensaiar;
- Transdutor de Pressão – converte uma forma de energia noutra medindo com precisão a pressão interior do depósito de água;



TWO YELLOW INDICATORS:  
For 3 way ball valve, L port.

Figura 22 Esquema de Válvula Hidráulica em L (J4C Handbook)

Procedeu-se à elaboração do esquema hidráulico de forma a perceber a posição das válvulas e de todos os acessórios necessários para a montagem do circuito. O desenho em questão, consultável no Anexo 1, permite antecipar a correta montagem do sistema. Na Figura 23 é ilustrada a montagem das válvulas de 3 vias, solenoides e transdutor de pressão.

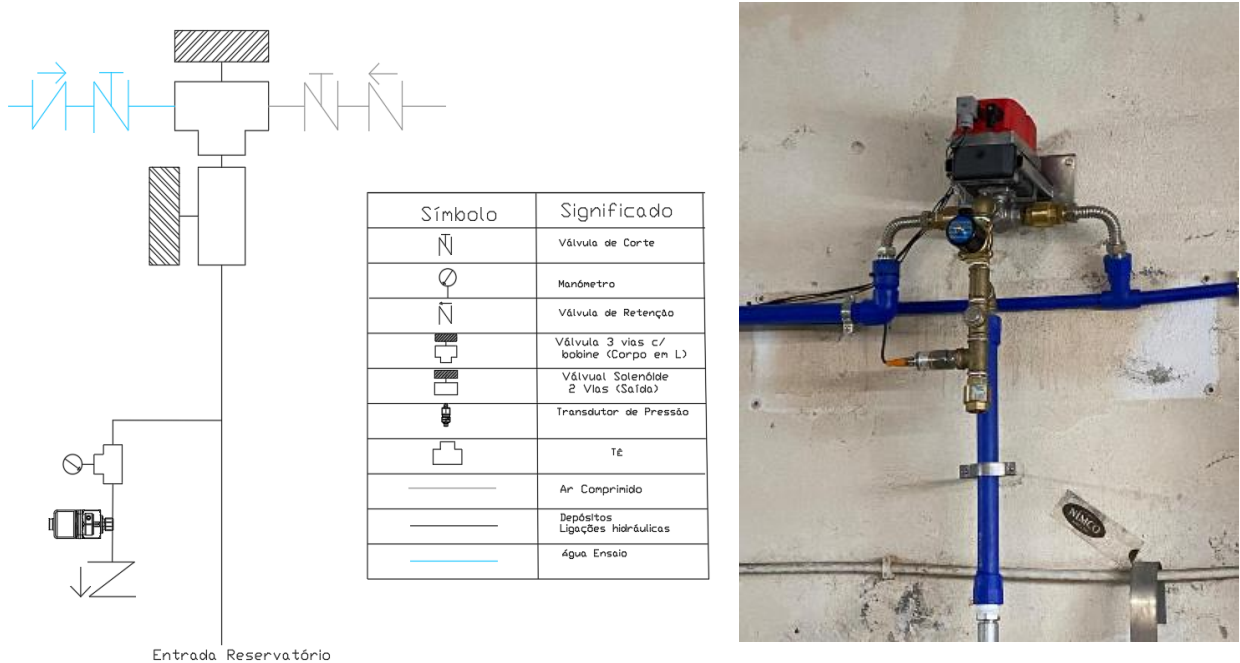


Figura 23 Esquema Hidráulico e montagem de uma das bancadas de ensaio

Por análise do esquema apresentado anteriormente, a colocação das válvulas de retenção confere outra segurança para que em nenhum caso possa ocorrer a presença de água na tubagem de ar comprimido ou vice-versa. A utilização da mesma válvula após o transdutor de pressão garante que em caso de pressões negativas, exista uma compensação de ar à pressão atmosférica para efetuar o equilíbrio, protegendo o componente.

### 3.4 Seleção dos componentes

A partir dos componentes indicados como chave e de um primeiro esboço sobre a sua montagem e princípio de funcionamento, selecionaram-se os seguintes componentes, Tabela 6:

Tabela 6 Seleção Componentes Base

Produto	Referência	Alimentação	Sinal	Quantidade
Válvula 3 Vias (ON/OFF)	J4C S20	24-240 V	Digital	4
Transdutor de Pressão	IFM PA3523	24 VDC	Analógico	4
Válvula Solenoide	SOL. VAL. 3/4"	24 VDC	Digital	8

Tanto os transdutores de pressão selecionados como as válvulas (três vias e duas vias), funcionam entre os 24 e os 240 V.

O primeiro dimensionamento dos componentes base serve de ponto de partida para calcular todas as entradas e saídas (digitais ou analógicas) necessárias para selecionar o autómato e respetivas cartas de expansão. Como tal, no subcapítulo seguinte esses sinais são definidos.

#### 3.4.1 Definição dos Sinais de Entrada e Saída

A Tabela 7 tem como objetivo quantificar o número de sinais de entrada e saída necessários por posto de forma a ser executado um correto dimensionamento do autómato e de eventuais cartas de expansão.

Tabela 7 Sinais de Entrada e Saída Posto 1

Identificador	Endereço	Observações
VS1	%Q0.0	Abertura/ Fecho Válvula Saída 1
AV1	%Q0.4	Válvula 3 Vias posição de água
FV1	%Q0.5	Válvula 3 Vias posição de ar
VC1	%Q0.1	Válvula de Controlo 1
M1	%Q0.2	Bomba de Água Posto 1
Sensor Pressão 1	%IW96	Entrada analógica sensor pressão 1

Tendo por base a tabela anterior, o autómato terá de conter pelo menos cinco saídas digitais e uma entrada analógica para se conseguir efetuar o controlo individual das bancadas de ensaio.

De forma a ser possível controlar cada gabari de ensaio individualmente, dois a dois ou ensaiar todos em simultâneo, optou-se pelos componentes indicados na Tabela 8. Para o efeito, seriam necessárias no mínimo vinte saídas digitais e 4 entradas analógicas.

Tabela 8 Seleção do Autômato e Módulos de Expansão

Produto	Referência Siemens	Quantidade	Entradas/ Saídas	Observações
CPU DC/DC/DC	1214 6ES7214-1AG40-0XB0	1	SIMATIC S7-1200, 10 entradas digitais, 14 entradas analógicas, 10 Saídas digitais	Ficha Técnica Anexo 2
SM 1231, AI4 x 13 bit	6ES7231-4HD32-0XB0	1	Módulo de 4 Entradas Analógicas	Ficha Técnica Anexo 3
MOD. SM1222	6ES7222-1BH32-0XB0	1	Módulo de 16 Saídas Digitais	Ficha Técnica Anexo 4

### 3.4.2 Associação de Sinais ao Autômato e Módulos de Expansão

Na Figura 24 é descrita a distribuição de entradas e saídas no autômato, módulo de entradas analógicas e módulo de saídas digitais.

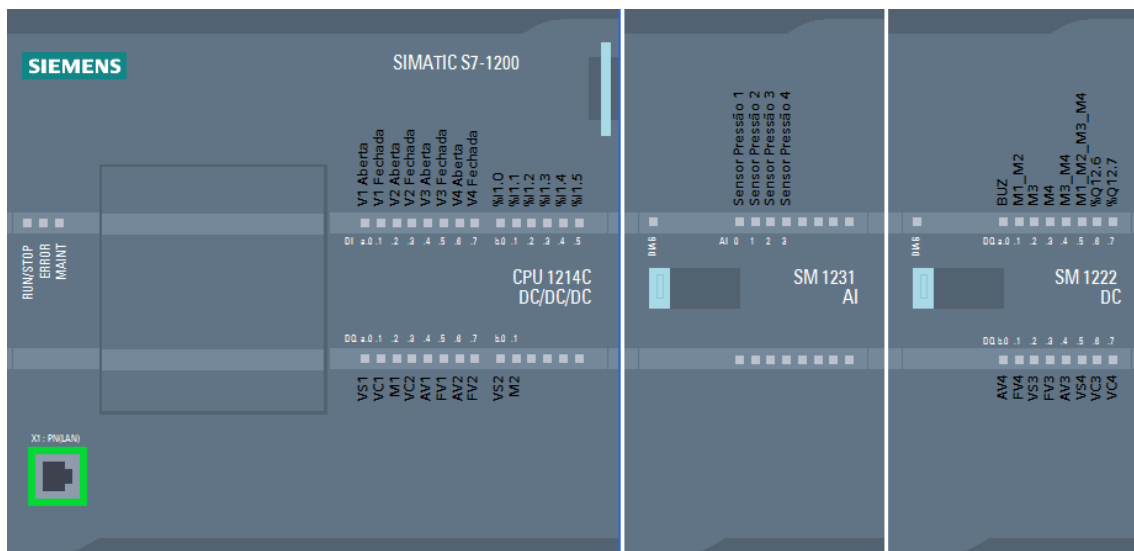


Figura 24 Representação das Entradas e Saídas no Autômato e Módulos de Expansão

No Anexo 11 encontra-se a correspondência entre nome, tipo de sinal e endereço ligado ao PLC 1214C DC/DC/DC.

Na Tabela 9 encontram-se os sinais conectados ao módulo de expansão com quatro entradas analógicas referentes aos transdutores de pressão.

Tabela 9 Definição das Entradas Analógicas, Módulo de Expansão SM 1231 AI 4

Etiqueta	Tipo de Sinal	Endereço	Descrição
<b>SM 1231 AI 4 x 13 BIT</b>			
Sensor Pressão 1	Entrada Analógica	%AI0.0	Leitura na faixa de 4-20 mA, Posto 1
Sensor Pressão 2	Entrada Analógica	%AI0.1	Leitura na faixa de 4-20 mA, Posto 2
Sensor Pressão 3	Entrada Analógica	%AI0.2	Leitura na faixa de 4-20 mA, Posto 3
Sensor Pressão 4	Entrada Analógica	%AI0.3	Leitura na faixa de 4-20 mA, Posto 4

Por último, atribuem-se as restantes saídas digitais ao módulo de expansão com 16 saídas desse tipo, Anexo 11.

### 3.4.3 Processamento Analógico

Um sensor é um dispositivo físico que deteta um sinal ou uma determinada condição, convertendo-o num sinal elétrico.

Quando o transdutor recebe um estímulo, emite um sinal não elétrico proporcional sendo que o mesmo precisa de ser normalizado e escalonado de forma a ser obtida a leitura real do componente.

Para tal, o programa TIA Portal V16, programa de eleição para a realização do projeto, possui duas funções distintas: NORM\_X e SCALE\_X.



Figura 25 Funções NORM\_X e SCALE\_X

De acordo com a Figura 25, é recebido o sinal do transdutor de pressão o qual é normalizado para a faixa nominal entre 0 e 27648. Após a normalização, o valor terá de ser colocado em escala para que o valor real de leitura seja mostrado.

No caso dos transdutores selecionados, a entrada analógica tem de ser configurada para ler valores de corrente entre 4 e 20 mA.

Na Tabela 10 encontram-se as etiquetas e os tipos de dados associados a cada uma para o correto processamento analógico. De salientar que este processo prevalece nos quatro transdutores.

Tabela 10 Variáveis Processamento Analógico Transdutores de Pressão

Etiqueta	Variável	Comentário
Sensor Pressão 1	%IW96	Entrada do sinal do transdutor
P1	%MD122	Normalização do Sinal
Valor P1	%MD126	Valor de Leitura do Sensor à escala

### 3.5 GRAFCET Tecnológico

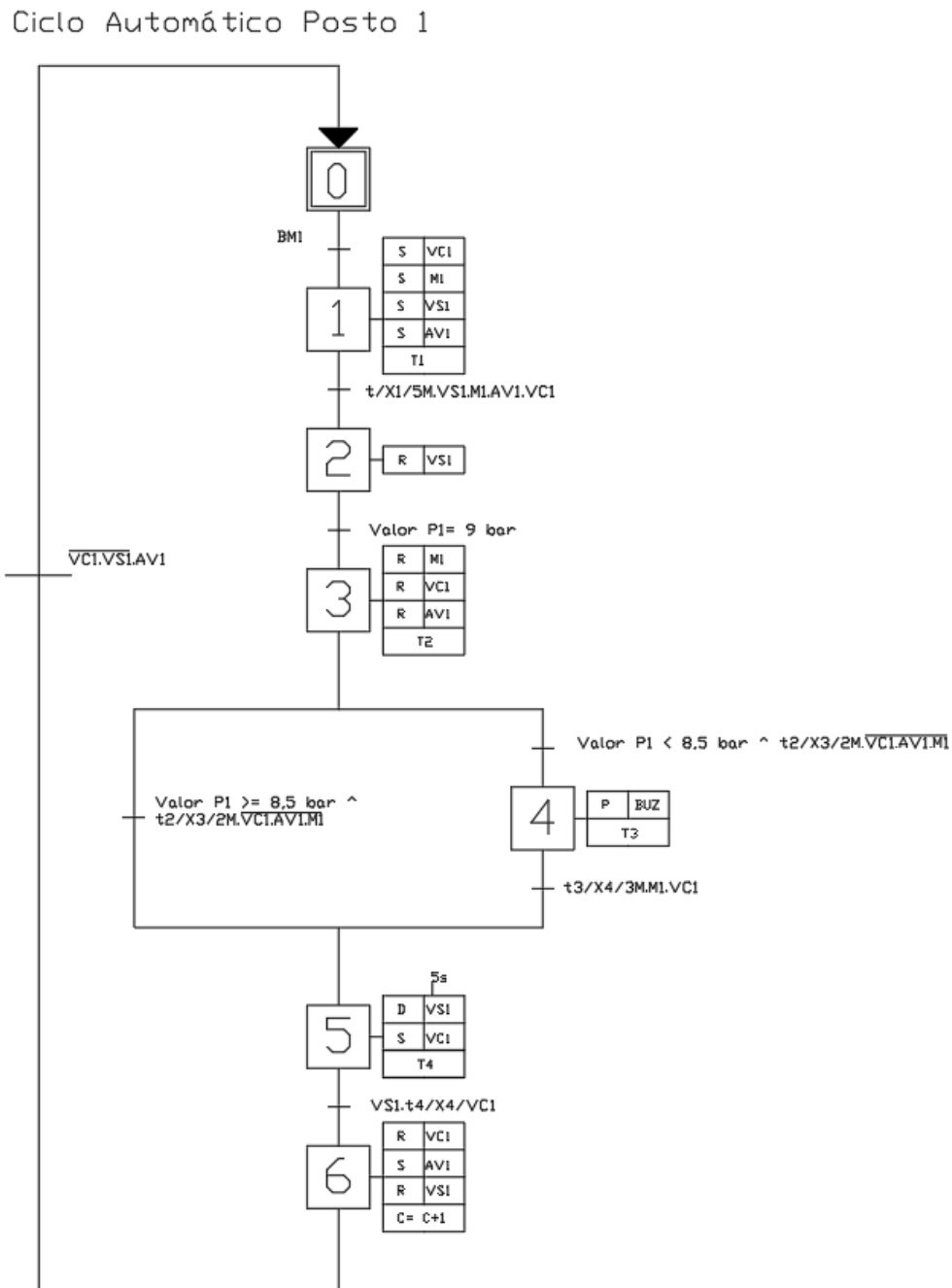


Figura 26 GRAFCET Tecnológico ou de nível 2 para posto individual automático

Estabelecidos os componentes a adquirir e nomeados os respetivos sinais, pode ser constituído o GRAFCET de nível 2 de forma a perceber o funcionamento do sistema aquando da sua ligação ao automático.

Na Figura 26 é ilustrado o GRAFCET para um único posto de ensaio em funcionamento automático. De salientar que cada posto terá também a opção de funcionamento manual para controlo individual de cada válvula e sistema de bombagem.

Os GRAFCET's referentes ao ensaio para dois e quatro postos seguem a mesma lógica, apenas adicionando mais variáveis de saída, mantendo o número de etapas, apenas com numeração diferente.

### 3.5.1 Princípio de Funcionamento

#### Ensaio Automático Individual Posto a Posto

O ensaio é iniciado com a colocação dos acessórios nos reservatórios de forma a tamponar algumas ligações como o ânodo de magnésio e eventuais porta sondas.

De seguida o depósito é colocado no gabari e as mangueiras são ligadas na entrada e saída do mesmo.

Premindo o botão de ensaio automático mostrado na página do HMI, a válvula de 3 vias abre na posição de água (AV1) e o sistema de bombagem liga (M1). A válvula de controlo (VC1) e a válvula colocada na saída do depósito (VS1) abrem para iniciar o enchimento.

Este processo é temporizado de acordo com o volume do reservatório a ensaiar. Finda a temporização, a válvula de saída (VS1) fecha e o motor continua a trabalhar até alcançar uma pressão de 8,5 bar. Assim que alcança o valor de pressão definido, o motor desliga e a válvula de controlo (VC1) fecha permitindo que o acumulador permaneça em carga durante dois minutos.

Caso a pressão diminua 0,5 bar, após o tempo de carga, o alarme é atuado e é indicada a existência de uma possível fuga de água no depósito. Nesse instante, o colaborador prime o botão de inspeção e procede à inspeção visual e deteção de fuga, processo que tem um tempo máximo atribuído de dois minutos.

Se ao fim do tempo de carga, não existir uma perda de pressão superior a 0,5 bar, o ensaio prossegue.

Percorrendo uma das duas situações acima mencionadas, no caso de existir ou não perda de pressão, a válvula de saída (VS1) abre para que haja um alívio de pressão no depósito. A válvula de 3 vias (FV1) comuta para a posição de ar comprimido e com a abertura da válvula de controlo (VC1) o esvaziamento é iniciado.

Durante o processo, dados como tempo de carga, número de alarmes, quantidade de depósitos ensaiados e o estado de cada componente podem ser observados numa das páginas da interface.

#### Ensaio Automático Posto 1 e 2/ Posto 3 e 4

O procedimento de ensaio é o mesmo embora seja possível ensaiar dois depósitos de volume igual entre si, através de um dos sistemas de bombagem.

#### Ensaio Automático Quatro Postos

Um dos objetivos do projeto prende-se com o ensaio de depósitos de igual volume em simultâneo. Com o procedimento atual, somente com a presença de três

colaboradores é possível efetuar o ensaio com todas as bancadas, sendo o maior contratempo o tempo que demoram com processos manuais como:

- Ligar o sistema de bombagem,
- Fechar a torneira da saída quando o reservatório em ensaio se encontra cheio,
- Forçar sistema de bombagem para colocar o depósito em carga,
- Efetuar inspeção visual em todos os postos.

Ora, seguindo todo o raciocínio anterior, verifica-se que o sistema está pronto para tal trabalho, prevendo uma poupança de tempo de ensaio entre 5 e 8 minutos, aumentando a fiabilidade do mesmo, isto porque todos os processos manuais supracitados tornam-se automáticos.

No subcapítulo seguinte, é abordada a Interface Homem-Máquina (HMI) de forma a efetuar o controlo de todos os postos, manual ou automaticamente.

### 3.6 Interface Homem-Máquina (HMI)

Não obstante, a construção de todo o projeto envolve também a conceção de um quadro elétrico com HMI embutido de forma que o operador controle e observe o funcionamento de todas as bancadas de ensaio.

Para o efeito, escolheu-se o modelo KTP900 Basic PN de 9 polegadas, permitindo uma boa visibilidade e manipulação por parte dos utilizadores finais.

Todos os botões foram programados para a correta navegação das páginas do HMI assim como todas as etiquetas do PLC foram associadas a cada botão ou luz indicadora em cada página de controlo ou estado de ensaio.

As pressões de ensaio são observadas através de uma barra com escala unitária entre 0 e 10 bar nas páginas do HMI referentes ao estado de ensaio. Na Figura 27 identifica-se a página de apresentação do projeto.

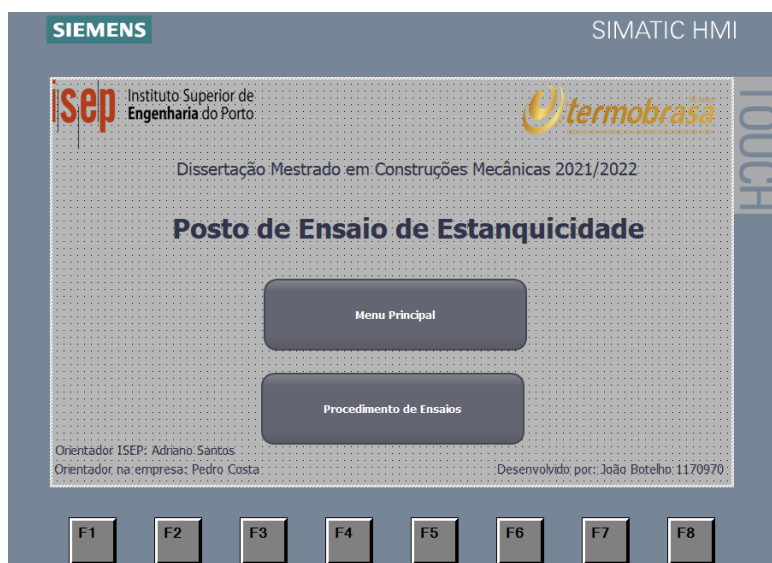


Figura 27 Página de Apresentação HMI

Premindo a tecla *Menu Principal*, o operador depara-se com quatro opções diferentes, Figura 28:

- Ensaio Individual,
- Ensaio Conjunto,
- Análise de Dados,
- Procedimento.



Figura 28 Menu Principal

Premindo a tecla *Ensaio Individual*, procede-se à escolha do posto a ensaiar, Figura 29.

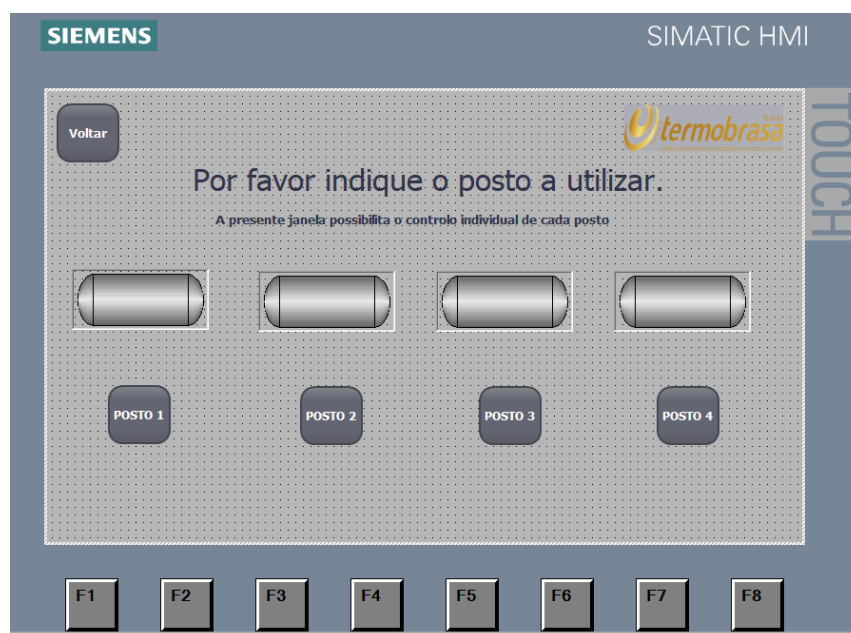


Figura 29 Escolha de Postos Ensaio Individual

Seguindo a lógica, o operador terá de inserir o volume do reservatório que irá ensaiar de forma ao enchimento e esvaziamento do mesmo ocorrer de forma automática, Figura 30.

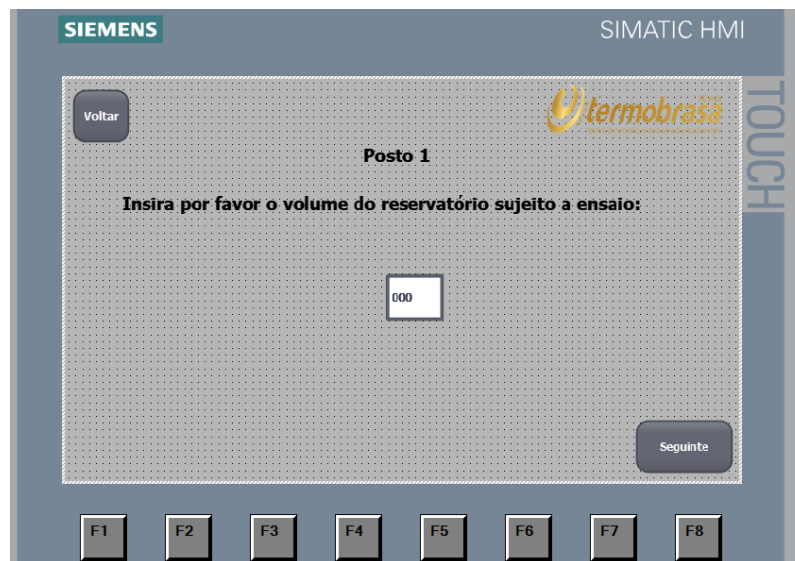


Figura 30 Inserir Volume Reservatório Posto 1

Escolhido o posto a ensaiar e definido o volume do reservatório, o operador é transportado para a página do estado de ensaio, onde lhe é permitido visualizar o comportamento de cada componente. Em cada válvula ou sistema de bombagem é mostrada uma luz vermelha (componente não atuado) ou verde (componente atuado). É também observado o valor de pressão interior do reservatório sujeito a ensaio e quando o mesmo é colocado em carga durante 2 minutos.

A válvula de 3 vias liga a luz amarela se estiver na posição para enchimento de água ou esvaziamento por ar comprimido, Figura 31.



Figura 31 Estado do Ensaio Posto 1

A opção de ensaio manual é também mostrada na Figura 32, caso seja pretendido controlar cada válvula e sistema de bombagem individualmente. Para que o operador saiba em que estado cada componente se encontra, para as válvulas acende-se a luz verde do lado esquerdo se atuada, ou vermelha do lado direito se não atuada. Para a válvula de 3 vias, o amarelo é mostrado para a posição de cada fluido.

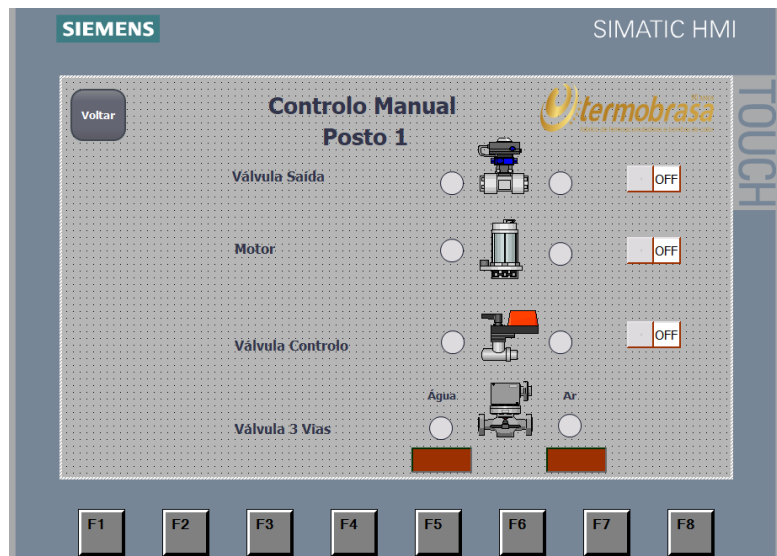


Figura 32 Controlo Manual Posto 1

Caso no menu principal seja selecionada a opção de ensaio conjunto, tal como previsto, é possível selecionar o ensaio apenas com dois reservatórios usando o sistema de bombagem 1 ou 2, ou então realizar o ensaio com quatro postos em simultâneo, Figura 33. Na página de ensaio simultâneo com quatro postos, pode ser observado o estado dos vários componentes assim como a pressão interior em cada depósito, Figura 34. Em caso de fuga o sinalizador sonoro é atuado e o botão de inspeção visual apresenta o vermelho, obrigando assim o operador a premir o mesmo e a efetuar a inspeção.



Figura 33 Interface Escolha de Ensaio Conjunto



Figura 34 Página Ensaio com quatro postos em simultâneo

Caso seja selecionado o ensaio para somente dois postos a funcionar ao mesmo tempo, tanto para os dois primeiros e dois últimos postos, é mostrada a interface na Figura 35.

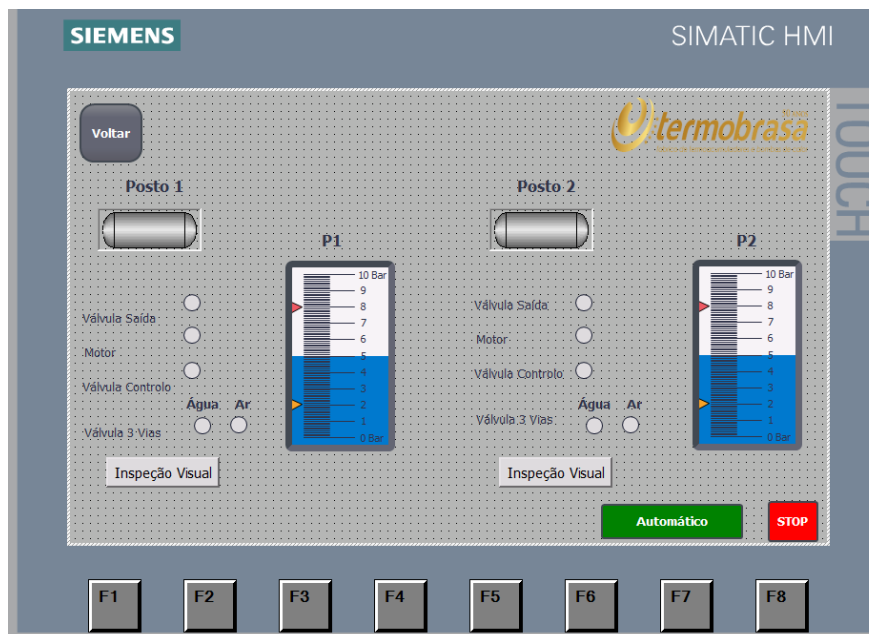


Figura 35 Página Ensaio Dois Postos em Simultâneo

Voltando ao menu principal, Figura 27 (Pág. 47), é possível analisar os seguintes dados calculados através de contadores e operações de cálculo na Linguagem Ladder, Figura 36.



Figura 36 Página de Análise de Dados

Premindo a tecla de gráficos de dados, é possível visualizar os dados referentes ao número de depósitos não conforme a título diário, Figura 37. A redefinição deste valor é efetuada assim que o sistema é desligado, iniciando a sua contabilização após o primeiro ensaio.



Figura 37 Gráfico Análise Dados

### 3.7 Linguagem Ladder

A programação Ladder é constituída pelos seguintes blocos de organização:

- Main (OB1);
- Startup (OB100).

A constituição do funcionamento automático por posto ou ensaio conjunto é realizada pelas seguintes funções:

- Ciclo Automático Posto 1;
- Ciclo Automático Posto 2;
- Ciclo Automático Posto 3;
- Ciclo Automático Posto 4;
- Paragem;
- Paragem de Emergência;
- Processamento Analógico;
- Ciclo Automático Posto 1\_2;
- Ciclo Automático Posto 3\_4;
- Ciclo Automático Todos os Postos.

A programação Ladder encontra-se no Anexo 10, sendo que apenas podem ser consultadas as seguintes funções:

- Ciclo Automático Posto 1\_2
- Paragem;
- Paragem de Emergência;

Numa fase inicial optou-se por testar durante os primeiros três meses o funcionamento automático e manual para os postos 1 e 2. De salientar que as duas bancadas de ensaio serão inteiramente dedicadas à linha de produção de bombas de calor. Os primeiros testes vão permitir uma nova análise de falhas aquando da implementação do sistema nos últimos postos.

Todas estas funções são chamadas no bloco OB1 para que sejam todas iniciadas aquando do primeiro arranque.

No bloco Startup (OB100), inserem-se todas as etapas, sinais de saída e entrada que se pretendem como verdadeiras no início do ensaio.

## 3.8 Construção da Solução Automatizada

### 3.8.1 Construção Suportes Válvulas 3 Vias

Em primeiro lugar procedeu-se à construção e fixação dos quatro suportes para cada válvula de 3 vias. Este consiste numa estrutura com placa para fixação à parede e uma estrutura que envolve todo o atuador, Figura 38.



Figura 38 Suporte Válvula de 3 Vias

De salientar que as estruturas foram fixas na direção vertical às tiragens da instalação anterior.

### 3.8.2 Fixação das Válvulas Solenoides aos Gabaris

Com a ajuda dos colaboradores do Setor 1 (Conformação e transformação de chapa), desenvolveram-se os suportes que se baseiam num género de abraçadeira com anel que envolve o corpo da válvula e por sua vez esta fica presa e fixa por dois parafusos aos suportes, Figura 39.



Figura 39 Fixação das Válvulas Solenoides às Bancadas de Ensaio

### 3.8.3 Primeiro Protótipo

O primeiro protótipo foi montado com o intuito de perceber o funcionamento de cada válvula de duas e três vias e dos próprios autómatos e cartas de expansão.

Com a produção a decorrer diariamente, seria extremamente complicado realizar a montagem durante o horário laboral. Para tal, utilizou-se o primeiro protótipo (Figura 40) para realizar um planeamento da instalação de forma a esta ser realizada no menor tempo possível.



Figura 40 Primeiro Protótipo

### 3.8.4 Ajustagem Válvulas de Três Vias

As válvulas de 3 vias com atuador elétrico são de carácter ON/OFF em que apenas é permitida a ajustagem de duas posições: Aberta e Fechada.

Com o apoio da Teclena SA e dos seus colaboradores foi possível a ajustagem da posição aberta (Luz Verde) para a entrada de água e fechada (Luz Vermelha) para a entrada de ar comprimido, Figura 41. Para evitar a saída de água ou de ar quando o ensaio se

encontra estacionário, colocou-se uma válvula solenoide para efetuar o controlo da saída de um dos dois fluidos.



Figura 41 Afinação da Válvula de Três Vias

### 3.8.5 Instalação Hidráulica

Conforme referenciado no subcapítulo 4.7.2, a montagem em horário laboral seria impensável dado o ritmo produtivo no chão fabril, optando-se para realizar a mesma num fim de semana em agosto, mês mais calmo na empresa acolhedora.

Devido ao atraso na entrega de componentes encomendados em fevereiro que foram apenas entregues em agosto, focou-se a montagem de apenas dois postos de ensaio (Figura 42) para iniciar a recolha de dados. A conclusão dos restantes postos terá lugar posteriormente, sendo que apenas será uma questão de replicar a primeira montagem.



Figura 42 Montagem da solução em dois postos

### 3.8.6 Construção do Escoamento de Água

Conforme é observado na Figura 43, o escoamento de água será diretamente conectado ao tubo PVC de diâmetro 90 mm de forma a realizar o esvaziamento dos depósitos de forma pressurizada, impossibilitando a existência de água no chão do posto, facto que no inverno pode causar algum transtorno para o operário.

Para tal, a mangueira identificada a verde, mostrada à esquerda foi conectada ao tubo, Figura 44.



Figura 43 Escoamento de água



Figura 44 Conexão da mangueira de saída ao tubo de escoamento

### 3.8.7 Instalação do Quadro Elétrico

O quadro elétrico, Figura 45, serve não só de suporte para o autómato e cartas de expansão, mas também para a Interface Homem-Máquina. Este é constituído pela fonte de alimentação, disjuntor diferencial e disjuntor de fase. Na porta do quadro é mostrado o HMI onde o operador selecionará os comandos e o alarme que irá dar indicação em caso de existência de fuga num depósito em ensaio.



Figura 45 Quadro Elétrico

### 3.9 Novo Procedimento de Ensaio

O novo procedimento de ensaio assemelha-se ao já implementado na empresa, mas com a diferença que os operadores necessitam de perceber não só o funcionamento do ensaio, mas também do HMI. Estes deverão ter sempre em conta os produtos que vão ser sujeitos a teste e a melhor maneira de conciliar o sistema com os ensaios a realizar.

Os passos para efetuar o ensaio em conformidade dividem-se em:

- Preparação;
- Seleção de Ensaio Individual ou Ensaio Conjunto;
- Seleção dos postos de Ensaio;
- Ensaio (Enchimento, Carga e Esvaziamento);
- Desmontagem

#### Preparação

Na fase de preparação, caso existam saídas no reservatório que não correspondam nem à entrada e saída de água, como o casquilho do ânodo de magnésio e porta sondas, necessitam de ser tamponadas. Normalmente o tempo de preparação não é contabilizado pois enquanto são efetuados outros ensaios, um segundo operador está responsável por este processo. Posteriormente o depósito é montado nos cavaletes e são conectadas as mangueiras correspondentes à entrada e saída de água.

### Seleção do Tipo de Ensaio (Individual ou Conjunto) e respetivo Posto de Ensaio

Como boa prática de ensaio, todos os depósitos a ensaiar simultaneamente deverão conter todos o mesmo volume.

Aconselha-se as seguintes normas de ensaio:

- Ensaio Individual caso seja necessário testar depósitos de volumes diferentes. Neste caso, o operador terá de selecionar os postos onde os depósitos serão colocados, indicar o respetivo volume e premir o botão Automático.
- Ensaio Individual se apenas sobrar um reservatório para teste. Nesta lógica deverá apenas ser selecionado o posto onde se vai montar o produto. Selecionando o ensaio automático, o sistema questiona inicialmente qual é o posto a utilizar e o volume do reservatório sujeito a ensaio.
- Ensaio Conjunto caso se pretenda testar a estanquicidade:
  - Apenas de dois reservatórios com volumes iguais. Neste caso escolher qual o sistema de bombagem a utilizar, se o número 1 ou 2.
  - Quatro reservatórios a ensaiar ao mesmo tempo
  - Quatro depósitos em que o primeiro par tem igual volume e o segundo par tem volume diferente. Neste ponto, selecionar o sistema de bombagem a ser utilizado para cada.

### Ensaio (Enchimento, Carga e Esvaziamento)

Neste ponto salienta-se que para qualquer tipo de ensaio, ocorre a seguinte ordem de acontecimentos em **modo automático**:

- Após o botão “Automático” ser premido, a válvula de saída colocada no cavalete abre, a válvula de três vias passa para a posição de água e a válvula de controlo é atuada, iniciando-se assim o **enchimento**.
- De acordo com o volume inserido pelo utilizador, o enchimento decorre durante um tempo definido. Ao fim dessa temporização a válvula de saída fecha, permitindo que o motor continue a trabalhar. Quando a pressão lida pelo transdutor for superior a 8,5 bar, o sistema de bombagem desliga e a válvula de controlo fecha. Nesse momento e para poupar tempo na mudança de posição para ar comprimido, a esta altura a válvula de três vias inicia o deslocamento.
- Inicia-se assim uma temporização de dois minutos em que o depósito está em **carga**. Ao fim desse tempo:
  - Se for detetada uma perda de pressão superior a 0,5 bar, o sinalizador sonoro apita e a luz de inspeção acende no HMI. Para prosseguir com o ensaio, o operador terá de premir o botão de inspeção visual e tem cerca de dois minutos para localizar e identificar a marcador a fuga de água. Finalizada a temporização, o ensaio prossegue.
  - Caso não haja uma perda de pressão acima do valor estipulado o ensaio prossegue.

- No **esvaziamento**, mais uma vez conforme o volume indicado pelo operador, a válvula de três vias já se encontra na posição de ar comprimido, a válvula de saída e de controlo são atuadas e é dado início à temporização da saída de água para o esgoto.
- Satisfeita a temporização associada ao esvaziamento, a válvula de controlo fecha. Durante um minuto, a válvula de saída continua aberta para que toda a pressão de ar comprimido seja expulsa do acumulador de forma a não colocar o operador em risco no momento da desmontagem.

#### Desmontagem

Finalizado o ensaio, chega a altura de desconectar as mangueiras e remover os acessórios colocados. Desse ponto, o acumulador ou segue a produção ou então volta para o posto anterior de forma a retificar o defeito encontrado.

#### Ligar/ Desligar o Sistema

Dentro do quadro elétrico encontra-se instalado um disjuntor diferencial que permite o corte de energia e proteção à fonte de alimentação. Tanto no início do horário laboral como no fim, este disjuntor terá de ser ligado e desligado, respetivamente.

### 3.10 Custos Do Projeto

O presente projeto foi financiado pela entidade patronal onde o mestrando desempenha funções. Este teve um valor total sem IVA de 4325,25 €. A análise do custo e benefício do desenvolvimento de tal trabalho será analisado no capítulo 5.

Tabela 11 Custos de Projeto

Posição	Referência	Designação	Quantidade Pedida	Preço (€)	Observações
<b>Bresimar</b>					
1	513721714	CPU 1214C DC/DC/DC 6ES7214-1AG40-0XB0	1	281,74	
2	513721670	MOD. SM1231 4AI (13bit) 6ES7231-4HD32-0XB0	1	180,78	
3	513707424	F. A. Sitop PSU100L 5A 6EP1333-1LB00	1	38,68	Ficha Técnica Anexo 6
4	5137288979	Consola KTP900 Basic 9" 6AV2123-2JB03-0AX0	1	757,35	Ficha Técnica Anexo 7

5	123178515	SINALIZ. SONORO K50L (vd,am,vm) K50LGRA1YPQ (78515)	1	77,35	Ficha Técnica Anexo 8
6	135051067	CONECTOR M12 5P 2m PVC AL-WAK4.5- 2/P00 (8051067)	1	7,15	
7	135043811	CONECTOR M12 4P DIR 2m PUR AL- WAK4-2/S370 (8043811)	4	81,2	
8	513721693	MOD. SM1222 16DO 24vdc 6ES7222- 1BH32-0XB0	1	154	
9	NSPORTES	TRANSPORTE NORMAIS VENDAS (TNT / CHRONOPOST)	1	12	
<b>IFM</b>					
1	121006099	PA3523/ EVC003 / E30135	4	993,33	Ficha Técnica Anexo 9
<b>Teclena</b>					
1	Z2.00262.00004	Valv.m/esf 3V L inox 316 3/4	4	164,28	
2	Z2.00262.00005	Atuador elétrico J4C- S20 24-240 VAC/DC Q14	4	791,12	Ficha Técnica e Manual Anexo 5
3	Z2.00262.00006	Conexão 14x9 L16 inox	4	24,32	
<b>Alliexpress</b>					
1		Válvula solenóide 2 vias	8	176,88	
<b>ElectroSiluz</b>					
1	11556252DC	Int. Diferencial 25 A	1	17,24	
2	11551161CP	Disjuntor MTP 4,5KA	4	6,96	
3	30VS418PP0	Caixa GOLF SUP.	1	77,35	
4	6329012000	Cabo RJ45 1 m	1	1,15	
5	110030CBR	Calha 20*12,5 10 m	10 m	5,46	

---

<b>Cimaca</b>			
1	Tubos 90 cm	9 m	31,5
2	Curvas 90º	3	6,18
<b>Mauser</b>			
1	Adaptador USB-A P/ RJ 45	1	11,94
2	Relé 24VDC 8A DPDT (8 Pinos)- Finder 40.52.9.024.0000	2	
3	Base para relé (8 pinos) para calha DIN - Finder 95.05SPA	2	28,63
<b>Tubogaia</b>			
1	Tubagem e Acessórios PPR		398,66
<b>Total (€)</b>			<b>4325,25</b>

---



# Conclusões e Proposta de Trabalhos Futuros

4.1 Discussão de Resultados

4.2 Proposta de Trabalhos Futuros

## 4 Conclusões e Proposta de Trabalhos Futuros

### 4.1 Discussão de Resultados

O produto mais fabricado e mais solicitado pelos clientes da Termobrasa é a Bomba de Calor. Após a montagem dos primeiros dois postos e com o sucesso mostrado nos primeiros ensaios, decidiu-se juntamente com o Diretor de Produção, Eng.º. Pedro Costa que estes dois postos serão apenas dedicados para as bombas de calor.

#### Resultados Teóricos

De acordo com o novo procedimento de ensaios, para o exemplo de um ensaio a uma Bomba de Calor 280 Litros, este tem o tempo de 10 minutos e 30 segundos, sendo discriminado da seguinte forma:

- 1 minuto e 30 s para a montagem;
- 3 minutos e 30 segundos para o enchimento com água;
- 2 minutos em carga;
- 2 minutos e 30 segundos para o esvaziamento;
- 2 minutos para desmontagem.

O tempo de enchimento e de montagem já havia sido avaliado anteriormente. Os novos tempos foram decididos com os primeiros ensaios realizados após a montagem do projeto, permitindo margens muito pequenas em qualquer processo de forma a economizar o máximo tempo possível.

Na existência de fuga de água, o botão de inspeção é acionado acrescentando cerca de mais 1 minuto e 30 segundos.

Consultando os registos internos da empresa, em média são testados cerca de 50 reservatórios por dia. Com a poupança de entre 5 e 8 minutos em cada ensaio, é possível ensaiar, no pior dos casos, mais 15 depósitos por dia.

Tempo trabalhado = 7 h 45 min. = 465 min.

Para a referência BI280GOLD;

#### Antes

Tempo Ensaio = 16min 43 seg.

Nº Depósitos sujeitos a ensaio por dia =  $465/16,75 = 28$

### Depois (Prático)

Tempo Ensaio = 11min 35 seg.

Nº Depósitos sujeito a ensaio por dia =  $465/11,55 = 41$

### Depois (Teórico)

Tempo Ensaio Teórico = 10min 30 seg.

Nº Depósitos sujeito a ensaio por dia =  $465/10,5 = 44$

Seguindo o estudo [46] efetuado pelo anterior aluno em estágio curricular na Termobrasa, Eng.º. Filipe Ferreira no ano letivo de 2021/2022, com a implementação do projeto mencionado ao longo da presente dissertação, consegue-se um incremento mínimo de 40% da produção de bombas de calor, o que, efetuando uma análise comparativa à faturação da empresa no ano anterior, corresponde a cerca de mais 3,5 Milhões de euros anuais.

### Tempo de Ensaio Automatizado

Na Tabela 12 seguem os dados referentes aos ensaios efetuados após a implementação dos dois primeiros postos automatizados, dedicados apenas à produção de bombas de calor. Os resultados são fruto de uma média de tempos numa amostra de 10 reservatórios objetos de ensaio.

Tabela 12 Tempos de Ensaio Após implementação do Projeto

<b>Comparativo de tempos de Ensaio Bombas de Calor</b>				
<b>Produto</b>	<b>Antes (min.:s)</b>	<b>Depois (min.:s)</b>	<b>Diferença</b>	<b>Teórico (min.:s)</b>
BI150GOLD	12:39	08:15	04:24	08:00
BI150GOLD1	13:16	08:48	04:28	08:00
BI150GOLD2	14:10	09:04	05:06	08:00
BI200GOLD	14:10	10:24	03:46	09:00
BI200GOLD1	15:01	10:37	04:24	09:00
BI200GOLD2	15:35	10:48	04:47	09:00
BI280GOLD	16:43	11:35	05:08	10:30
BI280GOLD1	16:52	11:42	05:10	10:30
BI280GOLD2	17:01	11:54	05:07	10:30
BI500GOLD	17:58	14:15	03:43	15:30
BI500GOLD1	18:05	14:27	03:38	15:30
BI500GOLD2	19:01	15:02	03:59	15:30

Após análise dos dados anteriores, verifica-se que há uma aproximação com os dados teóricos calculados sendo necessário afinar as temporizações colocadas no Ladder para que seja impossível ocorrer problemas como enchimento incompleto dos reservatórios e presença de água dentro do depósito após o esvaziamento.

Os dados observados na Tabela 12 foram tirados para o pior caso, ou seja, deteção de fuga de água onde se adiciona mais 1 minuto e 30 segundos para a inspeção visual.

## 4.2 Proposta de Trabalhos Futuros

### Melhorias no Projeto

Decorridos os primeiros ensaios foram verificados alguns pontos de melhoria na construção ou até programação de entre os quais:

- Implementação de sensores IO - Link para controlo e monitorização do posto à distância, servindo de base de informação para o departamento de manutenção;
- Monitorização do posto à distância para resolução de problemas;
- Integração do projeto com a atual ferramenta de gestão industrial, Prodsmart;
- Melhoramento suportes das válvulas solenoides; esta melhoria surge do facto de num dos ensaios efetuados, aquando do esvaziamento por ar comprimido o choque hidráulico na mangueira fez com que o suporte sofresse um dano numa das pernas de fixação ao gabari.
- Reformular a ligação das mangueiras de saída ao Tubo PVC colocado para escoamento das águas aquando do esvaziamento dos depósitos. Atualmente está vedada com silicone, no entanto, é esperado que nalgum tempo este apodreça e permita fugas de água no tubo.
- Adquirir mangueiras à medida para ensaiar os produtos de forma mais confortável. Até então, no esvaziamento dos reservatórios verificou-se que quanto maior for a mangueira, mais difícil é virar o depósito em cima das rodas do cavalete. Se este não rodar 180º o esvaziamento não é realizado de forma eficaz, ficando uma réstia de água dentro do mesmo.
- Aplicação da válvula solenoide junto ao tubo de escoamento de forma a evitar menos choques hidráulicos.
- Aplicação de mais calhas para melhor distribuição dos fios elétricos conectados a cada válvula.
- Por último, a conclusão dos restantes dois postos de ensaio, de forma a se conseguir dividir a linha de ensaio em caldeiras para bombas de calor e caldeiras para termoacumuladores.
- Instalar um depósito com um volume de ar comprimido equivalente a quatro reservatórios de 280 litros a esvaziar simultaneamente.
- Instalar um corte de emergência no quadro elétrico.

---

### Automatização de Outros Processos na Termobrasa

O presente projeto foi pioneiro no caminho da Termobrasa para a implementação da Indústria 4.0. Tratou-se de um projeto de automação realizado dentro de portas não recorrendo a qualquer empresa externa. A realização do presente projeto abriu portas na Indústria 4.0 para entidade acolhedora do mesmo. A Termobrasa iniciará um processo de ampliação no qual pondera o investimento na área da automação em todos os processos passíveis de automatização e que neste momento se mostrem gargalos na sequência fabril.

# **BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO**



## BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Q. Mao, Y. Li, and M. Chen, "Design and investigation of single tank phase change thermal storage domestic hot water system," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 25, 2021.
- [2] E. Fuentes, L. Arce, and J. Salom, "A review of domestic hot water consumption profiles for application in systems and buildings energy performance analysis," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 1530-1547, 2018.
- [3] L. Monteiro, Pinheiro, A., Carneiro, J., Covas, D., "Caracterização dos reservatórios de água para consumo humano em Portugal," *Ingeniería del Agua*, p. 10, 31/01 2021.
- [4] J. K. George Dogkasa, Maria K. Koukoua,\*, Michail Gr. Vrachopouloua,, V. N. S. Christos Pagkalosa, Pavlos K. Pandisb, Kostas Lymperisc, Luis Coelhode,, and e. Amandio Rebolad, "Development and experimental testing of a compact thermal energy storage tank using paraffin targeting domestic hot water production needs," *Thermal Science and Engineering Progress* 19 (2020).
- [5] B. B. Janez Tušek a, Zlato Kampuč, "On line leak testing of welded water heaters," *Journal of Materials Processing Technology* vol. 155–156 (2004) 1164–1170, p. 7, 2004.
- [6] A. Zaffora, F. Di Franco, and M. Santamaria, "Corrosion of stainless steel in food and pharmaceutical industry," *Current Opinion in Electrochemistry*, vol. 29, p. 100760, 2021.
- [7] K. R. M. Hassanzadeh, "Hydrostatic test of storage tanks using seawater and corrosion considerations," *Mechanical and Energy Department, Shahid Beheshti University*, p. 12, 2021.
- [8] A. W. W. Association, *Steel Water-Storage Tanks* (Manual of Water Supply Practices, M42). American Water Works Association (AWWA), 2013.
- [9] Francisco J. G. Silva, Publíndústria, Ed. *Tecnologia Da Soldadura - Uma Abordagem Técnico-Didática*, 2 ed. Engebook, 2017, p. 403.
- [10] Z. Y. Wu, R. Kalfarisi, F. Kouyoumdjian, and C. Taelman, "Applying deep convolutional neural network with 3D reality mesh model for water tank crack detection and evaluation," *Urban Water Journal*, vol. 17, no. 8, pp. 682-695, 2020.
- [11] *ISO 6520-1 : 2007 : Welding and allied processes- Classification of geometric imperfections in metallic materials - Part 1: Fusion Welding*, 2007.
- [12] *DIN 8524-1: IMPERFECTIONS IN METALLIC WELDED JOINTS; FUSION WELDED JOINTS; CLASSIFICATION, TERMINOLOGY*, 1986.
- [13] C. M. S.E. Hughes, *Quick Guide to Welding and Weld Inspection* (Quick Guides (ASME Press)). ASME Press (American Society of Mechanical Engineers), 2009.
- [14] A. R. W. D. A. Binley and D. LaBrecque, "Tank Leak Detection Using Electrical Resistance Methods," *Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environment Keystone, CO*, p. 13, 28 May 1996.
- [15] H. A. S. S. Víctor Flores C.1, María J. Pérez de la C.1 and Carlos Cortés S.2, "MECHANICAL BEHAVIOR OF THE STORAGE TANKS," *7th EUROMECH Solid Mechanics Conference*, September 7-11 2009.
- [16] *NP EN 60335-21 2008 : Aparelhos eletrodomésticos e análogos - Segurança. Parte 2-21: Regras particulares para os termoacumuladores (IEC 60335-2-21: 2002, MODIFICADA + A1:2004)*, 2008.

- [17] "Chapter 8 - Tank Non-destructive Examination," in *A Quick Guide to API 653 Certified Storage Tank Inspector Syllabus*, C. Matthews, Ed.: Woodhead Publishing, 2011, pp. 140-156.
- [18] A. D. A. N. Gowardipe, Prashant Dimble, Akash Deshmukh, Nandkishor Garje, "IRJET- Leakage Testing Machine," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 6, no. 04, April 2019.
- [19] R.S. Bhosale; P.P. Kumbhar; K.S. Mahajan; A.K. Yachkal; Prof. Anil Katarkar, "Study on Leak Testing Methods," *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 5, p. 4 2017.
- [20] C. Pinto, "Aplicação da metodologia Seis Sigma para estudo do ensaio de estanquicidade," Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, FEUP- Faculdade de Engenharia e Universidade do Porto, 2016.
- [21] H. Tsuge, "Automation of in-service inspection of spherical tanks," *Welding International*, vol. 2, no. 7, pp. 649-652, 1988.
- [22] T. S. Gomes, "Automação e Melhoria de Linhas de Montagem," Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, ISEP- Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016.
- [23] Adriano A. Santos, António F. da Silva, *Automação Integrada - 2ª Edição*. Publindústria, Edições Técnicas, 2015.
- [24] H. Jack, *Automating Manufacturing Systems with PLC's*, 5.1 ed. 2008.
- [25] J. Stentoft, K. Aadsbøll Wickstrøm, K. Philipsen, and A. Haug, "Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers," *Production Planning & Control*, vol. 32, no. 10, pp. 811-828, 2021.
- [26] D. Guerra-Zubiaga, V. Kuts, K. Mahmood, A. Bondar, N. Nasajpour-Esfahani, and T. Otto, "An approach to develop a digital twin for industry 4.0 systems: manufacturing automation case studies," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 34, no. 9, pp. 933-949, 2021/09/02.
- [27] J.-Y. Chen, K.-C. Tai, and G.-C. Chen, "Application of Programmable Logic Controller to Build-up an Intelligent Industry 4.0 Platform," *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 150-155, 2017.
- [28] V. L. Da Silva, J. L. Kovaleski, R. N. Pagani, J. D. M. Silva, and A. Corsi, "Implementation of Industry 4.0 concept in companies: empirical evidences," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 33, no. 4, pp. 325-342, 2020.
- [29] W. H. Minghai Yuan, Xiteng Zhang and Shumin Tian, "Design of welding control system based on Siemens PLC," *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- [30] P. Mazur, M. Chmiel, and R. Czerwinski, "Central processing unit of IEC 61131-3-based PLC," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 25, pp. 454-459, 2016.
- [31] W. B. Day and M. J. Rostosky, "Diagnostic expert systems for PLC controlled manufacturing equipment," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 7, no. 2, pp. 116-122, 1994/03/01.
- [32] W.-J. Shyr, "Multiprog virtual laboratory applied to PLC programming learning," *European Journal of Engineering Education*, vol. 35, no. 5, pp. 573-583, 2010/10/01.
- [33] B. Vogel-Heuser, J. Fischer, S. Feldmann, S. Ulewicz, and S. Rösch, "Modularity and architecture of PLC-based software for automated production Systems: An analysis in industrial companies," *Journal of Systems and Software*, vol. 131, pp. 35-62, 2017/09/01.
- [34] A. W. Daniel Schütz, Christoph Legat, and Birgit Vogel-Heuser, Senior Member, IEEE, "Development of PLC-Based Software for Increasing the Dependability of Production Automation Systems," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, vol. 9, p. 10, 2013.
- [35] A. Taholakian and W. M. M. Hales, "PN PLC: A methodology for designing, simulating and coding PLC based control systems using Petri nets," *International Journal of Production Research*, vol. 35, no. 6, pp. 1743-1762, 1997/06.

- [36] S. D. Rishabh Das, Anusree Sarkar, Kaushik Samanta<sup>4</sup>, "Automation of Tank Level Using PLC and Establishment of HMI by Scada," *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, vol. 7, p. 8, 2013.
- [37] R. Julius, M. Schürenberg, F. Schumacher, and A. Fay, "Transformation of GRAFCET to PLC code including hierarchical structures," *Control Engineering Practice*, vol. 64, pp. 173-194, 2017/07/01.
- [38] Y. Yan and H. Zhang, "Compiling Ladder Diagram into Instruction List to comply with IEC 61131-3," *Computers in Industry*, vol. 61, no. 5, pp. 448-462, 06/01/2010.
- [39] İ. Ünal, M. Çanakçı, M. Topakçı, D. Karayel, and M. Çakır, "Design and development of the PLC based sensor and instrumentation system for self-propelled pruning residue mulcher prototype," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 186, p. 7, 2021.
- [40] S. Peng and M. Zhou, "Sensor-based stage Petri net modelling of PLC logic programs for discrete-event control design," *International Journal of Production Research*, vol. 41, no. 3, pp. 629-644, 2003.
- [41] N. Novais, "Integração de Redes de Sensores sem fio com Sistemas de Automação e Controlo; Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ISEP- Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016.
- [42] Y. Z. E. Mohamed Endi, Attalla hashad, "Three-Layer PLC/SCADA System Architecture in Process Automation and Data Monitoring," vol. 2, p. 6, 2010.
- [43] A. Gavlas, J. Zwierzyna, and J. Koziorek, "Possibilities of transfer process data from PLC to Cloud platforms based on IoT," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 6, pp. 156-161, 2018/01/01/ 2018.
- [44] T. Thepmanee, S. Pongswatd, F. Asadi, and P. Ukakimaparn, "Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 934-941, 2022/04/01.
- [45] J. Mellado and F. Núñez, "Design of an IoT-PLC: A containerized programmable logical controller for the industry 4.0," *Journal of Industrial Information Integration*, p. 10, 2021.
- [46] F. Filipe, "Implementação de SixSigma, Lean Manufacturing e Informatização do Processo Produtivo"; Relatório de Estágio Curricular PESTM 2021/2022, Licenciatura em Engenharia Mecânica, ISEP- Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2022



## **ANEXOS**

**Anexo 1 – Esquema Hidráulico**

**Anexo 2 – CPU 1214 DC/DC/DC**

**Anexo 3 – Carta de Expansão Analógica**

**Anexo 4 – Carta de Expansão Saídas Digitais**

**Anexo 5 – Manual Válvula Três Vias J4C S20**

**Anexo 6 – Fonte de Alimentação**

**Anexo 7 - HMI KTP900 BASIC**

**Anexo 8 – Sinalizador Sonoro**

**Anexo 9 – Transdutores De Pressão**

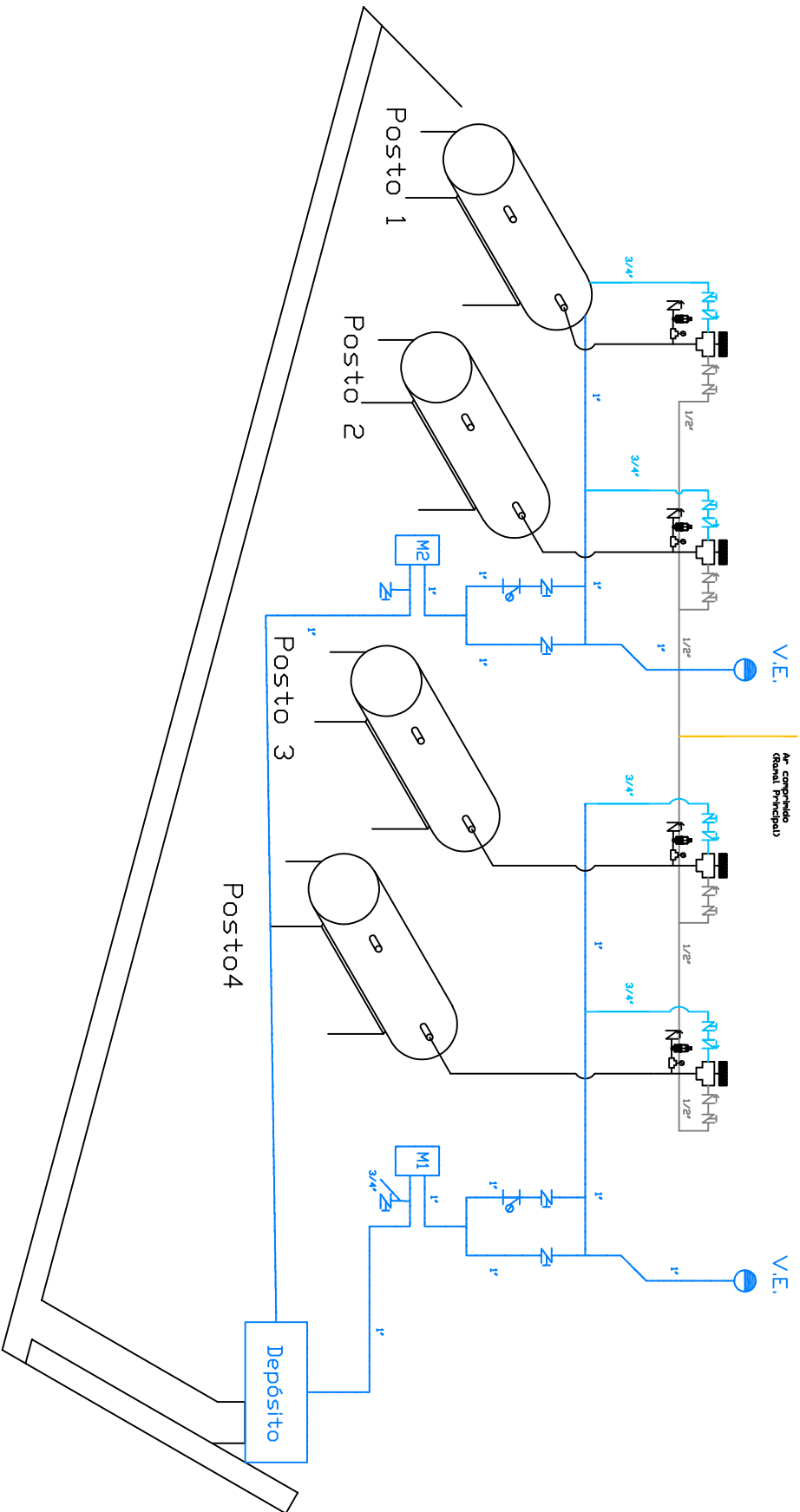
**Anexo 10 – Linguagem Ladder**

**Anexo 11 – Sinais de Entrada e Saída**





## **Anexo 1 – Esquema Hidráulico**



Símbolo	Significado
	Vaso de Expansão
	Válvula de Corte
	Sistema de Bombeiam
	Manômetro
	Redutora de Pressão
	Válvula de Referência
	Válvula 3 vias c/ bobine (Corpo em L)
	Válvula 2 vias (Cortido)
	Transdutor de Pressão
	T <sub>2</sub>
	Air Comprimido
	Água Rural Principal
	Água Rural Secundária
	Água Errodo
	Air Comprimido Rural Principal

**Nome do Projeto:** DISSERTAÇÃO\_MESTRADO\_21/22\_1170970  
**Título do Desenho:** ESQUEMA\_HIDRÁULICO  
**Desenhado por:** João Botelho  
**Revisado por:** Adriano Santos  
**Aprovado por:** Pedro Costa  
**Data:** 30/08/2022

**Empresa:** Eusébio Ribeiro & Costa, Lda.

**PROJETO Nº:** 1  
**Desenho Nº:** 1  
**Revisão:** 4  
**Escala:** 0:000  
**Folha Nº:** 1 de 1

## Anexo 2 – CPU 1214 DC/DC/



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O:  
14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-  
28.8V DC, Program/data memory 100 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214C DC/DC/DC
Firmware version	V4.4
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programming package</li> </ul>	STEP 7 V16 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> </ul>	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rated value (DC)</li> <li>permissible range, lower limit (DC)</li> <li>permissible range, upper limit (DC)</li> </ul>	24 V 20.4 V 28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA
Current consumption, max.	1 500 mA; CPU with all expansion modules
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
$I^2t$	0.5 A <sup>2</sup> ·s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V</li> </ul>	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> <li>expandable</li> </ul>	100 kbyte No
Load memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> <li>Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.</li> </ul>	4 Mbyte with SIMATIC memory card
Backup	
<ul style="list-style-type: none"> <li>present</li> <li>maintenance-free</li> </ul>	Yes Yes


<ul style="list-style-type: none"> <li>• without battery</li> </ul>	Yes
<b>CPU processing times</b>	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
<b>CPU-blocks</b>	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
<b>OB</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number, max.</li> </ul>	Limited only by RAM for code
<b>Data areas and their retentivity</b>	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	10 kbyte
<b>Flag</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number, max.</li> </ul>	8 kbyte; Size of bit memory address area
<b>Local data</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• per priority class, max.</li> </ul>	16 kbyte
<b>Address area</b>	
<b>Process image</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inputs, adjustable</li> <li>• Outputs, adjustable</li> </ul>	1 kbyte 1 kbyte
<b>Hardware configuration</b>	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
<b>Time of day</b>	
<b>Clock</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardware clock (real-time)</li> <li>• Backup time</li> </ul>	Yes 480 h; Typical
<b>Digital inputs</b>	
Number of digital inputs	14; Integrated
<ul style="list-style-type: none"> <li>• of which inputs usable for technological functions</li> </ul>	6; HSC (High Speed Counting)
Source/sink input	Yes
<b>Number of simultaneously controllable inputs</b>	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14
<b>Input voltage</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rated value (DC)</li> <li>• for signal "0"</li> <li>• for signal "1"</li> </ul>	24 V 5 V DC at 1 mA 15 V DC at 2.5 mA
<b>Input delay (for rated value of input voltage)</b>	
for standard inputs	
— parameterizable	0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms and 12.8 ms, selectable in groups of four
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for technological functions	
— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
<b>Cable length</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• shielded, max.</li> <li>• unshielded, max.</li> </ul>	500 m; 50 m for technological functions 300 m; for technological functions: No
<b>Digital outputs</b>	
Number of digital outputs	10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• of which high-speed outputs</li> </ul>	4; 100 kHz Pulse Train Output
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
<b>Switching capacity of the outputs</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• with resistive load, max.</li> </ul>	0.5 A

<ul style="list-style-type: none"> <li>• on lamp load, max.</li> </ul>	5 W
<b>Output voltage</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "0", max.</li> <li>• for signal "1", min.</li> </ul>	0.1 V; with 10 kOhm load 20 V
<b>Output current</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "1" rated value</li> <li>• for signal "0" residual current, max.</li> </ul>	0.5 A 0.1 mA
<b>Output delay with resistive load</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• "0" to "1", max.</li> <li>• "1" to "0", max.</li> </ul>	1 µs 5 µs
<b>Switching frequency</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• of the pulse outputs, with resistive load, max.</li> </ul>	100 kHz
<b>Relay outputs</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number of relay outputs</li> </ul>	0
<b>Cable length</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• shielded, max.</li> <li>• unshielded, max.</li> </ul>	500 m 150 m
<b>Analog inputs</b>	
Number of analog inputs	2
<b>Input ranges</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltage</li> </ul>	Yes
<b>Input ranges (rated values), voltages</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 to +10 V — Input resistance (0 to 10 V)</li> </ul>	Yes ≥100k ohms
<b>Cable length</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• shielded, max.</li> </ul>	100 m; twisted and shielded
<b>Analog outputs</b>	
Number of analog outputs	0
<b>Analog value generation for the inputs</b>	
<b>Integration and conversion time/resolution per channel</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolution with overrange (bit including sign), max.</li> <li>• Integration time, parameterizable</li> <li>• Conversion time (per channel)</li> </ul>	10 bit Yes 625 µs
<b>Encoder</b>	
<b>Connectable encoders</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-wire sensor</li> </ul>	Yes
<b>1. Interface</b>	
Interface type	PROFINET
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
<b>Interface types</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• RJ 45 (Ethernet)</li> <li>• Number of ports</li> <li>• integrated switch</li> </ul>	Yes 1 No
<b>Protocols</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PROFINET IO Controller</li> <li>• PROFINET IO Device</li> <li>• SIMATIC communication</li> <li>• Open IE communication</li> <li>• Web server</li> <li>• Media redundancy</li> </ul>	Yes Yes Yes Yes; Optionally also encrypted Yes No
<b>PROFINET IO Controller</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmission rate, max.</li> </ul>	100 Mbit/s
<b>Services</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— PG/OP communication</li> <li>— Isochronous mode</li> </ul>	Yes No

— IRT	No
— PROFINET energy	No
— Prioritized startup	Yes
— Number of IO devices with prioritized startup, max.	16
— Number of connectable IO Devices, max.	16
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	16
— of which in line, max.	16
— Activation/deactivation of IO Devices	Yes
— Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.	8
— Updating time	The minimum value of the update time also depends on the communication component set for PROFINET IO, on the number of IO devices and the quantity of configured user data.
<b>PROFINET IO Device</b>	
<b>Services</b>	
— PG/OP communication	Yes
— Isochronous mode	No
— IRT	No
— PROFINET energy	Yes
— Shared device	Yes
— Number of IO Controllers with shared device, max.	2
<b>Protocols</b>	
Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes; CM 1243-5 (master) or CM 1242-5 (slave) required
AS-Interface	Yes; CM 1243-2 required
<b>Protocols (Ethernet)</b>	
• TCP/IP	Yes
• DHCP	No
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes
<b>Redundancy mode</b>	
<b>Media redundancy</b>	
— MRP	No
— MRPD	No
<b>SIMATIC communication</b>	
• S7 routing	Yes
<b>Open IE communication</b>	
• TCP/IP	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• UDP	Yes
— Data length, max.	1 472 byte
<b>Web server</b>	
• supported	Yes
• User-defined websites	Yes
<b>OPC UA</b>	
• Runtime license required	Yes
• OPC UA Server	Yes; Data access (read, write, subscribe), runtime license required
— Number of sessions, max.	5
— Number of accessible variables, max.	1 000
— Number of subscriptions per session, max.	5
— Sampling interval, min.	100 ms
— Publishing interval, min.	200 ms
— Number of monitored items, max.	500
— Number of server interfaces, max.	2

— Number of nodes for user-defined server interfaces, max.	1 000
<b>Further protocols</b>	
• MODBUS	Yes
<b>Communication functions</b>	
<b>S7 communication</b>	
• supported	Yes
• as server	Yes
• as client	Yes
• User data per job, max.	See online help (S7 communication, user data size)
<b>Number of connections</b>	
• overall	8 connections for open user communication (active or passive): TSEND_C, TRCV_C, TCON, TDISCON, TSEND and TRCV, 8 CPU/CPU connections (Client or Server) for GET/PUT data, 6 connections for dynamic assignment to GET/PUT or open user communication
<b>Test commissioning functions</b>	
<b>Status/control</b>	
• Status/control variable	Yes
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
<b>Forcing</b>	
• Forcing	Yes
<b>Diagnostic buffer</b>	
• present	Yes
<b>Traces</b>	
• Number of configurable Traces	2
• Memory size per trace, max.	512 kbyte
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
<b>Diagnostics indication LED</b>	
• RUN/STOP LED	Yes
• ERROR LED	Yes
• MAINT LED	Yes
<b>Integrated Functions</b>	
Number of counters	6
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency measurement	Yes
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	8
Number of positioning axes via pulse-direction interface	4; With integrated outputs
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4
Number of pulse outputs	4
Limit frequency (pulse)	100 kHz
<b>Potential separation</b>	
<b>Potential separation digital inputs</b>	
• Potential separation digital inputs	No
• between the channels, in groups of	1
<b>Potential separation digital outputs</b>	
• Potential separation digital outputs	Yes
• between the channels	No
• between the channels, in groups of	1
<b>EMC</b>	
<b>Interference immunity against discharge of static electricity</b>	
• Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2	Yes
— Test voltage at air discharge	8 kV
— Test voltage at contact discharge	6 kV
<b>Interference immunity to cable-borne interference</b>	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC	Yes

61000-4-4	
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
<b>Interference immunity against voltage surge</b>	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
<b>Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields</b>	
• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
<b>Emission of radio interference acc. to EN 55 011</b>	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
<b>Degree and class of protection</b>	
IP degree of protection	IP20
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
CE mark	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes
<b>Ambient conditions</b>	
<b>Free fall</b>	
• Fall height, max.	0.3 m
<b>Ambient temperature during operation</b>	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C; Number of simultaneously activated inputs or outputs 7 or 5 (no adjacent points) at 60 °C horizontal or 50 °C vertical, 14 or 10 at 55 °C horizontal or 45 °C vertical
• horizontal installation, min.	-20 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-20 °C
• vertical installation, max.	50 °C
<b>Ambient temperature during storage/transportation</b>	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
<b>Air pressure acc. to IEC 60068-2-13</b>	
• Operation, min.	795 hPa
• Operation, max.	1 080 hPa
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
<b>Altitude during operation relating to sea level</b>	
• Installation altitude, min.	-1 000 m
• Installation altitude, max.	2 000 m
<b>Relative humidity</b>	
• Operation, max.	95 %; no condensation
<b>Vibrations</b>	
• Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6	2 g (m/s <sup>2</sup> ) wall mounting, 1 g (m/s <sup>2</sup> ) DIN rail
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
<b>Shock testing</b>	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes
<b>Configuration</b>	
<b>Programming</b>	
Programming language	
— LAD	Yes
— FBD	Yes

— SCL	Yes
<b>Know-how protection</b>	
• User program protection/password protection	Yes
• Copy protection	Yes
• Block protection	Yes
<b>Access protection</b>	
• Protection level: Write protection	Yes
• Protection level: Read/write protection	Yes
• Protection level: Complete protection	Yes
<b>Cycle time monitoring</b>	
• adjustable	Yes
<b>Dimensions</b>	
Width	110 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
<b>Weights</b>	
Weight, approx.	415 g
<b>last modified:</b>	1/16/2021 


## **Anexo 3 – Carta de Expansão Analógica**



SIMATIC S7-1200, Analog input, SM 1231, 4 AI, +/-10 V, +/-5 V, +/-2.5 V, or 0-20 mA/4-20 mA, 12 bit+sign (13 bit ADC)

General information	
Product type designation	SM 1231, AI 4x13 bit
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
Input current	
Current consumption, typ.	45 mA
from backplane bus 5 V DC, typ.	80 mA
Power loss	
Power loss, typ.	1.5 W
Analog inputs	
Number of analog inputs	4; Current or voltage differential inputs
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	35 V
permissible input current for current input (destruction limit), max.	40 mA
Cycle time (all channels) max.	625 $\mu$ s
Input ranges	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltage</li> <li>• Current</li> <li>• Thermocouple</li> <li>• Resistance thermometer</li> <li>• Resistance</li> </ul>	Yes; $\pm 10$ V, $\pm 5$ V, $\pm 2.5$ V Yes; 4 to 20 mA, 0 to 20 mA No No No
Input ranges (rated values), voltages	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• -10 V to +10 V — Input resistance (-10 V to +10 V)</li> <li>• -2.5 V to +2.5 V — Input resistance (-2.5 V to +2.5 V)</li> <li>• -5 V to +5 V — Input resistance (-5 V to +5 V)</li> </ul>	Yes $\geq 9$ MOhm Yes $\geq 9$ MOhm Yes $\geq 9$ MOhm
Input ranges (rated values), currents	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 to 20 mA — Input resistance (0 to 20 mA)</li> <li>• 4 mA to 20 mA — Input resistance (4 mA to 20 mA)</li> </ul>	Yes 280 $\Omega$ Yes 280 $\Omega$
Analog value generation for the inputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolution with overrange (bit including sign), max.</li> <li>• Integration time, parameterizable</li> </ul>	12 bit; + sign Yes

<ul style="list-style-type: none"> <li>Interference voltage suppression for interference frequency <math>f_1</math> in Hz</li> </ul>	40 dB, DC to 60 V for interference frequency 50 / 60 Hz
<b>Smoothing of measured values</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>parameterizable</li> <li>Step: None</li> <li>Step: low</li> <li>Step: Medium</li> <li>Step: High</li> </ul>	Yes Yes Yes Yes Yes
<b>Errors/accuracies</b>	
Temperature error (relative to input range), (+/-)	25 °C $\pm$ 0.1%, to 55 °C $\pm$ 0.2% total measurement range
<b>Basic error limit (operational limit at 25 °C)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Voltage, relative to input range, (+/-)</li> <li>Current, relative to input range, (+/-)</li> </ul>	0.1 % 0.1 %
<b>Interference voltage suppression for <math>f = n \times (f_1 \pm 1 \%)</math>, <math>f_1 =</math> interference frequency</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Common mode voltage, max.</li> </ul>	12 V
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
Alarms	Yes
Diagnostics function	Yes
<b>Alarms</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnostic alarm</li> </ul>	Yes
<b>Diagnoses</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring the supply voltage</li> <li>Wire-break</li> </ul>	Yes Yes
<b>Diagnostics indication LED</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>for status of the inputs</li> <li>for maintenance</li> </ul>	Yes Yes
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes
<b>Ambient conditions</b>	
<b>Free fall</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fall height, max.</li> </ul>	0.3 m; five times, in product package
<b>Ambient temperature during operation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>min.</li> <li>max.</li> <li>horizontal installation, min.</li> <li>horizontal installation, max.</li> <li>vertical installation, min.</li> <li>vertical installation, max.</li> </ul>	-20 °C 60 °C -20 °C 60 °C -20 °C 50 °C
<b>Ambient temperature during storage/transportation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>min.</li> <li>max.</li> </ul>	-40 °C 70 °C
<b>Air pressure acc. to IEC 60068-2-13</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Operation, min.</li> <li>Operation, max.</li> <li>Storage/transport, min.</li> <li>Storage/transport, max.</li> </ul>	795 hPa 1 080 hPa 660 hPa 1 080 hPa
<b>Relative humidity</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Operation at 25 °C without condensation, max.</li> </ul>	95 %
<b>Connection method</b>	
required front connector	Yes

Mechanics/material	
Enclosure material (front)	
• Plastic	Yes
Dimensions	
Width	45 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	180 g
<b>last modified:</b>	3/8/2020 

## **Anexo 4 – Carta de Expansão Saídas Digitais**

SIMATIC S7-1200, Digital output SM 1222, 16 DO, 24 V DC, transistor 0.5 A



### General information

Product type designation	SM 1222, DQ 16x24 V DC/0.5 A
--------------------------	------------------------------

### Supply voltage

permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V

### Input current

from backplane bus 5 V DC, max.	140 mA
---------------------------------	--------

### Power loss

Power loss, typ.	2.5 W
------------------	-------

### Digital outputs

Number of digital outputs	16
• in groups of	1
Short-circuit protection	No; to be provided externally
Limitation of inductive shutdown voltage to	typ. (L+) -48 V
<b>Switching capacity of the outputs</b>	
• with resistive load, max.	0.5 A
• on lamp load, max.	5 W

Output voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0", max.	0.1 V; with 10 kOhm load
• for signal "1", min.	20 V DC
Output current	
• for signal "1" rated value	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	10 µA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	50 µs
• "1" to "0", max.	200 µs
Total current of the outputs (per group)	
horizontal installation	
— up to 50 °C, max.	8 A; Current per mass
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	0.5 A
— on lamp load, max.	5 W
— with resistive load, max.	0.5 A
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnostics indication LED	
• for status of the outputs	Yes
Potential separation	
Potential separation digital outputs	
• between the channels, in groups of	1
• between the channels and backplane bus	500 V AC
Degree and class of protection	
IP degree of protection	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes

## Ambient conditions

### Free fall

- Fall height, max. 0.3 m; five times, in product package

### Ambient temperature during operation

- min. -20 °C
- max. 60 °C
- horizontal installation, min. -20 °C
- horizontal installation, max. 60 °C
- vertical installation, min. -20 °C
- vertical installation, max. 50 °C
- permissible temperature change 5°C to 55°C, 3°C / minute

### Ambient temperature during storage/transportation

- min. -40 °C
- max. 70 °C

### Air pressure acc. to IEC 60068-2-13

- Storage/transport, min. 660 hPa
- Storage/transport, max. 1 080 hPa

### Relative humidity

- Operation at 25 °C without condensation, max. 95 %

## Connection method

required front connector Yes

## Mechanics/material

Enclosure material (front)

- Plastic Yes

## Dimensions

Width 45 mm

Height 100 mm

Depth 75 mm

## Weights

Weight, approx. 220 g

**last modified:** 10/05/2020

## **Anexo 5 – Manual Válvula Três Vias J4C S20**

## J4C S20 - Smart Electric Actuator

### Description

A compact electrical actuator for the control and regulation of valves.  
Utilising a new brushless-motor drive technology.  
Pre-set with 90° operation.  
Manufactured in accordance with ISO 5211 / DIN 3337.

Ships as standard with:

- Manual override handwheel
- 2 additional volt-free end of travel confirmation switches.
- Electronic torque limiter.
- Automatic anti-condensation heater.
- Multi-coloured status light.
- Dome visual position indicator.
- Configurable operation via adjustable cam system (max. 340°)
- Standard 2 pin control or optionally 3 pin regulated operation control.

### Technical Specifications

Voltage Range: 24 - 240V DC/AC (50/60 Hz)

Current Draw: 0.16 A – 1.28 A

Run Time @ 90°: 9s ± 10%

Heater: 3.5 W

Max. Break Torque: 25 Nm

Max. Operating Torque: 20 Nm

Duty Rating: 75%

IP Rating (IEC 60529): IP67

Temperature Range: -20°C - +70°C

Flange: F03/F04/F05 - F07 via Kit

Mounting: ⌀ 9 mm, 11 mm, 14 mm (Standard)

□ 11x16,5 mm

Connections: EN175301-803 Form A & Form C

Housing Material: Polyamide (PA6)

End of Travel Confirmation: SPST NO 5A 125V AC / 3A 250V AC

Weight: 1.8 kg



### Options

#### BSR (Battery Failsafe)

The drive moves in the event of a power failure to a predetermined safe position (Open or Closed)

**Variations: NC, NO**

*-Compatible with DPS, 3 position, potentiometer, and fixed line*

#### DPS (Digital Positioning System)

The actuator can be freely positioned (within the present range) via an input signal and outputs its position via an output signal.

**Available Input Ranges:**  
0-10V, 1-10V, 0-20mA, 4-20mA

#### 3 Position

The actuator can additionally move to a third middle position.

**Standard: 0°-90°-180°**

#### Fixed Line Wiring

The actuator is supplied with a fixed voltage on one of the control lines and drives to a given position based on whether voltage is supplied to the second control line or not.

**Variations: NC, NO**

#### Potentiometer

A potentiometer in the actuator indicates the actual position as an ohmic value.

**Variations: 1kΩ, 5kΩ, 10kΩ**

#### B-Series (12V Variant)

The actuator is operated with a supply voltage of 12V AC / DC.

**-Compatible with all options-**

#### Bluetooth

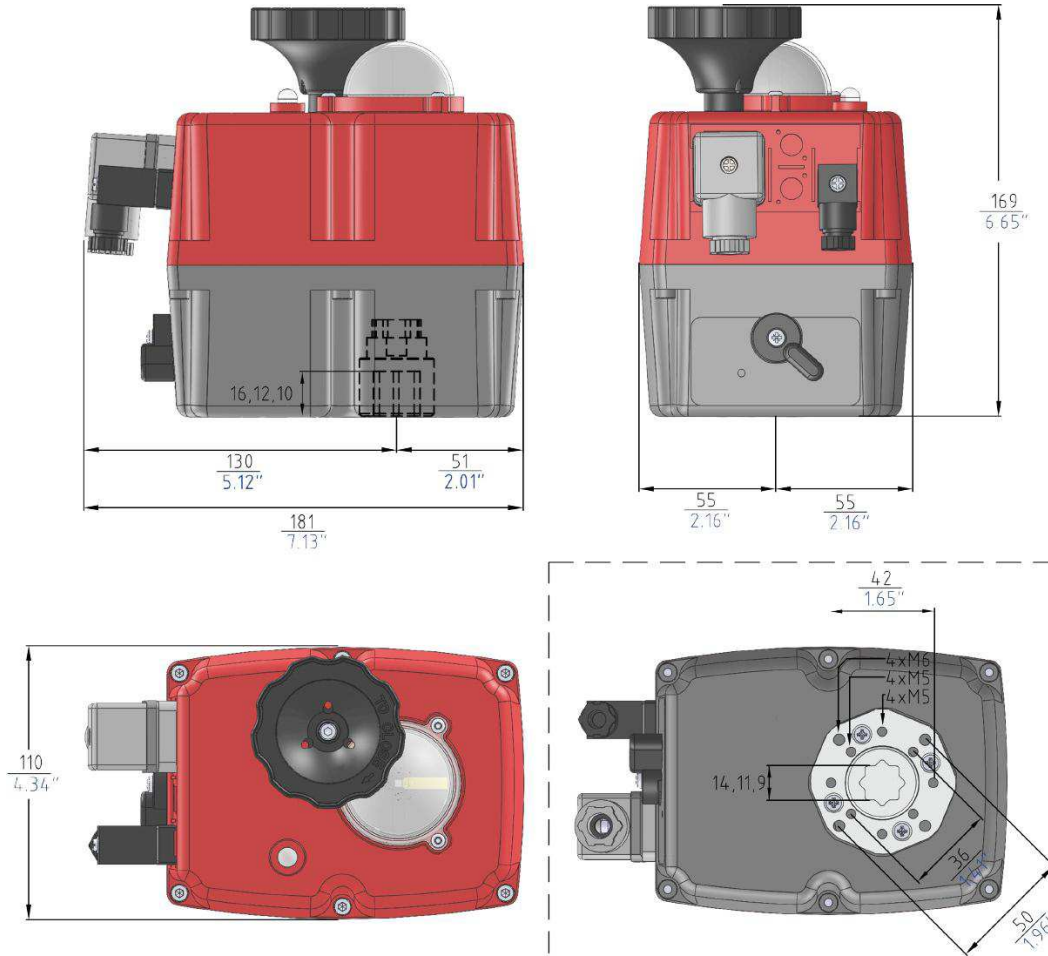
A Bluetooth module allows control signalling and position reporting wirelessly.

#### Modbus

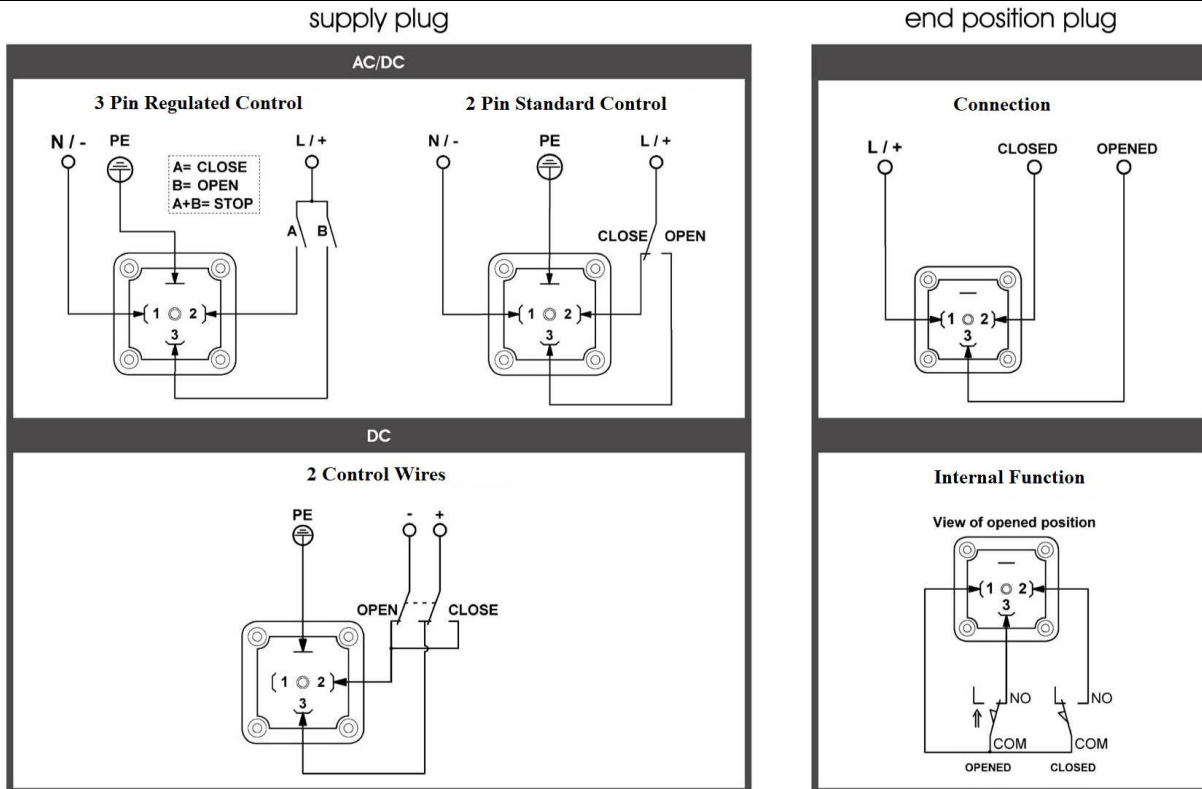
A bus module allows control signalling and position reporting over a bus network.

## J4C S20 - Smart Electric Actuator

### Technical Drawings



### Wiring Diagram



## **Anexo 6 – Fonte de Alimentação**

SITOP PSU100L/1AC/24VDC/5A  
 SITOP PSU100L 24 V/5 A Stabilized power supply input: 120/230 V  
 AC, output: 24 V DC/5 A



Input	
Input	1-phase AC
• Note	Set by means of selector switch on the device
supply voltage	
• 1 at AC rated value	120 V
• 2 at AC rated value	230 V
input voltage	
• 1 at AC	93 ... 132 V
• 2 at AC	187 ... 264 V
Wide-range input	No
Overvoltage resistance	2.3 × Vin rated, 1.3 ms
Mains buffering	at Vin = 93/187 V
Mains buffering at lout rated, min.	20 ms; at Vin = 93/187 V
Rated line frequency 1	50 Hz
Rated line frequency 2	60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
input current	
• at rated input voltage 120 V	2.1 A
• at rated input voltage 230 V	1.15 A

Switch-on current limiting (+25 °C), max.	32 A
duration of inrush current limiting at 25 °C	
• typical	3 ms
I <sup>2</sup> t, max.	0.8 A <sup>2</sup> ·s
Built-in incoming fuse	T 3,15 A/250 V (not accessible)
Protection in the mains power input (IEC 898)	Recommended miniature circuit breaker: from 6 A characteristic C

## Output

Output	Controlled, isolated DC voltage
Rated voltage V <sub>out</sub> DC	24 V
Total tolerance, static ±	3 %
Static mains compensation, approx.	0.1 %
Static load balancing, approx.	0.5 %
Residual ripple peak-peak, max.	150 mV
Residual ripple peak-peak, typ.	50 mV
Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)	240 mV
Spikes peak-peak, typ. (bandwidth: 20 MHz)	150 mV
Adjustment range	22.8 ... 26.4 V
product function output voltage adjustable	Yes
Output voltage setting	via potentiometer
Status display	Green LED for 24 V OK
On/off behavior	Overshoot of V <sub>out</sub> approx. 4 %
Startup delay, max.	1.5 s
Voltage rise, typ.	130 ms
Rated current value I <sub>out</sub> rated	5 A
Current range	0 ... 5 A
• Note	+45 ... +60 °C: Derating 2%/K
supplied active power typical	120 W
Parallel switching for enhanced performance	Yes
Numbers of parallel switchable units for enhanced performance	2

## Efficiency

Efficiency at V <sub>out</sub> rated, I <sub>out</sub> rated, approx.	86 %
Power loss at V <sub>out</sub> rated, I <sub>out</sub> rated, approx.	17 W

## Closed-loop control

Dynamic mains compensation (V <sub>in</sub> rated ±15 %), max.	0.3 %
Dynamic load smoothing (I <sub>out</sub> : 10/90/10 %), U <sub>out</sub> ± typ.	2 %
Load step setting time 10 to 90%, typ.	0.4 ms
Load step setting time 90 to 10%, typ.	0.4 ms

## Protection and monitoring

Output overvoltage protection	< 33 V
-------------------------------	--------

Current limitation, typ.	5.25 A
property of the output short-circuit proof	Yes
Short-circuit protection	Constant current characteristic
enduring short circuit current RMS value	
• typical	8 A
Overload/short-circuit indicator	-

### Safety

Primary/secondary isolation	Yes
galvanic isolation	Safety extra-low output voltage U <sub>out</sub> acc. to EN 60950-1 and EN 50178
Protection class	Class I
leakage current	
• maximum	3.5 mA
• typical	0.4 mA
Degree of protection (EN 60529)	IP20

### Approvals

CE mark	Yes
UL/cUL (CSA) approval	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 107.1), File E197259
Explosion protection	-
certificate of suitability NEC Class 2	No
FM approval	-
CB approval	Yes
Marine approval	-

### EMC

Emitted interference	EN 55022 Class A
Supply harmonics limitation	-
Noise immunity	EN 61000-6-2

### environmental conditions

ambient temperature	
• during operation	0 ... 60 °C
— Note	with natural convection
• during transport	-40 ... +85 °C
• during storage	-40 ... +85 °C
Humidity class according to EN 60721	Climate class 3K3, 5 ... 95% no condensation

### Mechanics

Connection technology	screw-type terminals
Connections	
• Supply input	L, N, PE: 1 screw terminal each for 0.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup> single-core/finely stranded
• Output	+, -: 2 screw terminals each for 0.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup>
• Auxiliary	-

width of the enclosure	50 mm
height of the enclosure	125 mm
depth of the enclosure	120 mm
required spacing	
• top	50 mm
• bottom	50 mm
• left	0 mm
• right	0 mm
Weight, approx.	0.5 kg
product feature of the enclosure housing can be lined up	Yes
Installation	Snaps onto DIN rail EN 60715 35x7.5/15
MTBF at 40 °C	3 076 166 h
other information	Specifications at rated input voltage and ambient temperature +25 °C (unless otherwise specified)

## **Anexo 7 - HMI KTP900 BASIC**

SIMATIC HMI, KTP900 Basic, Basic Panel, Key/touch operation, 9" TFT display, 65536 colors, PROFINET interface, configurable from WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, contains open-source software, which is provided free of charge see enclosed CD



### General information

Product type designation	KTP900 Basic color PN
--------------------------	-----------------------

### Display

Design of display	TFT widescreen display, LED backlighting
-------------------	--

Screen diagonal	9 in
-----------------	------

Display width	198 mm
---------------	--------

Display height	111.7 mm
----------------	----------

Number of colors	65 536
------------------	--------

#### Resolution (pixels)

- |                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| • Horizontal image resolution | 800 Pixel |
| • Vertical image resolution   | 480 Pixel |

#### Backlighting

- |                                |          |
|--------------------------------|----------|
| • MTBF backlighting (at 25 °C) | 20 000 h |
| • Backlight dimmable           | Yes      |

### Control elements

#### Keyboard fonts

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| • Function keys           |   |
| — Number of function keys | 8 |

— Number of function keys with LEDs	0
• Keys with LED	No
• System keys	No
• Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
• alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
<b>Touch operation</b>	
• Design as touch screen	Yes
<b>Installation type/mounting</b>	
Mounting position	vertical
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
maximum permissible angle of inclination without external ventilation	35°
<b>Supply voltage</b>	
Type of supply voltage	DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
<b>Input current</b>	
Current consumption (rated value)	230 mA
Starting current inrush I <sup>2</sup> t	0.2 A <sup>2</sup> ·s
<b>Power</b>	
Active power input, typ.	5.5 W
<b>Processor</b>	
Processor type	ARM
<b>Memory</b>	
Flash	Yes
RAM	Yes
Memory available for user data	10 Mbyte
<b>Type of output</b>	
Acoustics	
• Buzzer	Yes
• Speaker	No
<b>Time of day</b>	
Clock	
• Hardware clock (real-time)	Yes
• Software clock	Yes
• retentive	Yes; Back-up duration typically 6 weeks
• synchronizable	Yes

## Interfaces

Number of industrial Ethernet interfaces	1
Number of RS 485 interfaces	0
Number of RS 422 interfaces	0
Number of RS 232 interfaces	0
Number of USB interfaces	1; Up to 16 GB
Number of 20 mA interfaces (TTY)	0
Number of parallel interfaces	0
Number of other interfaces	0
Number of SD card slots	0
With software interfaces	No

## Industrial Ethernet

• Industrial Ethernet status LED	2
----------------------------------	---

## Protocols

PROFINET	Yes
Supports protocol for PROFINET IO	No
IRT	No
PROFIBUS	No
MPI	No

## Protocols (Ethernet)

• TCP/IP	Yes
• DHCP	Yes
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes

## WEB characteristics

• HTTP	No
• HTML	No

## Redundancy mode

Media redundancy	
— MRP	No

## Further protocols

• CAN	No
• EtherNet/IP	Yes
• MODBUS	Yes; Modicon (MODBUS TCP/IP)

## Interrupts/diagnostics/status information

Diagnoses	
• Diagnostic information readable	No

## EMC

Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes

- Limit class B, for use in residential areas

No

### Degree and class of protection

IP (at the front)	IP65
IP (rear)	IP20
NEMA (front)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enclosure Type 4 at the front</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enclosure Type 4x at the front</li> </ul>	Yes

### Standards, approvals, certificates

CE mark	Yes
cULus	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes

### Use in hazardous areas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATEX Zone 2</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATEX Zone 22</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IECEx Zone 2</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IECEx Zone 22</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• cULus Class I Zone 1</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• cULus Class I Zone 2, Division 2</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• FM Class I Division 2</li> </ul>	No

### Marine approval

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Germanischer Lloyd (GL)</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• American Bureau of Shipping (ABS)</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureau Veritas (BV)</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det Norske Veritas (DNV)</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lloyds Register of Shipping (LRS)</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nippon Kaiji Kyokai (Class NK)</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polski Rejestr Statkow (PRS)</li> </ul>	No
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chinese Classification Society (CCS)</li> </ul>	No

### Ambient conditions

Ambient temperature during operation	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation (vertical installation)           <ul style="list-style-type: none"> <li>— For vertical installation, min.</li> <li>— For vertical installation, max.</li> </ul> </li> </ul>	<p>0 °C</p> <p>50 °C</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation (max. tilt angle)           <ul style="list-style-type: none"> <li>— At maximum tilt angle, min.</li> <li>— At maximum tilt angle, min.</li> </ul> </li> </ul>	<p>0 °C</p> <p>40 °C</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation (vertical installation, portrait format)           <ul style="list-style-type: none"> <li>— For vertical installation, min.</li> <li>— For vertical installation, max.</li> </ul> </li> </ul>	<p>0 °C</p> <p>40 °C</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation (max. tilt angle, portrait format) <ul style="list-style-type: none"> <li>— At maximum tilt angle, min. 0 °C</li> <li>— At maximum tilt angle, min. 35 °C</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Ambient temperature during storage/transportation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• min. -20 °C</li> <li>• max. 60 °C</li> </ul>	
<b>Relative humidity</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation, max. 90 %; no condensation</li> </ul>	
<b>Operating systems</b>	
proprietary	Yes
<b>pre-installed operating system</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows CE</li> </ul>	No
<b>Configuration</b>	
Message indicator	Yes
Alarm system (incl. buffer and acknowledgment)	Yes
Process value display (output)	Yes
Process value default (input) possible	Yes
Recipe management	Yes
<b>Configuration software</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• STEP 7 Basic (TIA Portal)</li> <li>• STEP 7 Professional (TIA Portal)</li> <li>• WinCC flexible Compact</li> <li>• WinCC flexible Standard</li> <li>• WinCC flexible Advanced</li> <li>• WinCC Basic (TIA Portal)</li> <li>• WinCC Comfort (TIA Portal)</li> <li>• WinCC Advanced (TIA Portal)</li> <li>• WinCC Professional (TIA Portal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yes; via integrated WinCC Basic (TIA Portal)</li> <li>Yes; via integrated WinCC Basic (TIA Portal)</li> <li>No</li> <li>No</li> <li>No</li> <li>Yes</li> <li>Yes</li> <li>Yes</li> <li>Yes</li> </ul>
<b>Languages</b>	
<b>Online languages</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number of online/runtime languages</li> </ul>	10
<b>Project languages</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Languages per project</li> </ul>	32
<b>Functionality under WinCC (TIA Portal)</b>	
Libraries	Yes
Applications/options	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web browser</li> <li>• SIMATIC WinCC Sm@rtServer</li> </ul>
Number of Visual Basic Scripts	No
Task planner	Yes

• time-controlled	No
• task-controlled	Yes
Help system	Yes
• Number of characters per info text	500
<b>Message system</b>	
• Number of alarm classes	32
• Bit messages	
— Number of bit messages	1 000
• Analog messages	
— Number of analog messages	25
• S7 alarm number procedure	No
• System messages HMI	Yes
• System messages, other (SIMATIC S7, Sinumerik, Simotion, etc.)	Yes; System message buffer of the SIMATIC S7-1200 and S7-1500
• Number of characters per message	80
• Number of process values per message	8
• Acknowledgment groups	Yes
• Message indicator	Yes
• Message buffer	
— Number of entries	256
— Circulating buffer	Yes
— retentive	Yes
— maintenance-free	Yes
<b>Recipe management</b>	
• Number of recipes	50
• Data records per recipe	100
• Entries per data record	100
• Size of internal recipe memory	256 kbyte
• Recipe memory expandable	No
<b>Variables</b>	
• Number of variables per device	800
• Number of variables per screen	100
• Limit values	Yes
• Multiplexing	Yes
• Structures	No
• Arrays	Yes
<b>Images</b>	
• Number of configurable images	250
• Permanent window/default	Yes
• Global image	Yes
• Pop-up images	No

• Slide-in images	No
• Image selection by PLC	Yes
• Image number in the PLC	Yes
<b>Image objects</b>	
• Number of objects per image	100
• Text fields	Yes
• I/O fields	Yes
• Graphic I/O fields (graphics list)	Yes
• Symbolic I/O fields (text list)	Yes
• Date/time fields	Yes
• Switches	Yes
• Buttons	Yes
• Graphic display	Yes
• Icons	Yes
• Geometric objects	Yes
<b>Complex image objects</b>	
• Number of complex objects per screen	10
• Alarm view	Yes
• Trend view	Yes
• User view	Yes
• Status/control	No
• Sm@rtClient view	No
• Recipe view	Yes
• f(x) trend view	No
• System diagnostics view	Yes; System message buffer of the SIMATIC S7-1200 and S7-1500
• Media Player	No
• HTML browser	Yes
• PDF display	No
• IP camera display	No
• Bar graphs	Yes
• Sliders	No
• Pointer instruments	No
• Analog/digital clock	No
<b>Lists</b>	
• Number of text lists per project	300
• Number of entries per text list	100
• Number of graphics lists per project	100
• Number of entries per graphics list	100
<b>Archiving</b>	
• Number of archives per device	2; One message and one process value archive

• Number of entries per archive	10 000
• Message archive	Yes
• Process value archive	Yes
• Archiving methods	
— Sequential archive	Yes
— Short-term archive	Yes
• Memory location	
— Memory card	No
— USB memory	Yes
— Ethernet	No
• Data storage format	
— CSV	No
— TXT	Yes
— RDB	No
<b>Security</b>	
• Number of user groups	50
• Number of user rights	32
• Number of users	50
• Password export/import	Yes
• SIMATIC Logon	No
<b>Character sets</b>	
• Keyboard fonts	
— US English	Yes
<b>Transfer (upload/download)</b>	
• MPI/PROFIBUS DP	No
• USB	No
• Ethernet	Yes
• using external storage medium	Yes
<b>Process coupling</b>	
• S7-1200	Yes
• S7-1500	Yes
• S7-200	Yes
• S7-300/400	Yes
• LOGO!	Yes
• WinAC	Yes
• SINUMERIK	Yes; No access to NCK data
• SIMOTION	Yes
• Allen Bradley (EtherNet/IP)	Yes
• Allen Bradley (DF1)	No
• Mitsubishi (MC TCP/IP)	Yes
• Mitsubishi (FX)	No

- OMRON (FINS TCP) No
- OMRON (LINK/Multilink) No
- Modicon (Modbus TCP/IP) Yes
- Modicon (Modbus) No

#### Service tools/configuration aids

- Backup/Restore manually Yes
- Backup/Restore automatically No
- Simulation Yes
- Device switchover Yes

#### Peripherals/Options

Printer	No
SIMATIC HMI MM memory card: Multi Media Card	No
SIMATIC HMI SD memory card: Secure Digital memory card	No
SIMATIC HMI CF memory card Compact Flash Card	No
USB memory	Yes
SIMATIC IPC USB Flashdrive (USB stick)	Yes
SIMATIC HMI USB stick	Yes

#### Mechanics/material

Enclosure material (front)	
• Plastic	Yes
• Aluminum	No
• Stainless steel	No

#### Dimensions

Width of the housing front	267 mm
Height of housing front	182 mm
Mounting cutout, width	251 mm
Mounting cutout, height	166 mm
Overall depth	55 mm

#### Weights

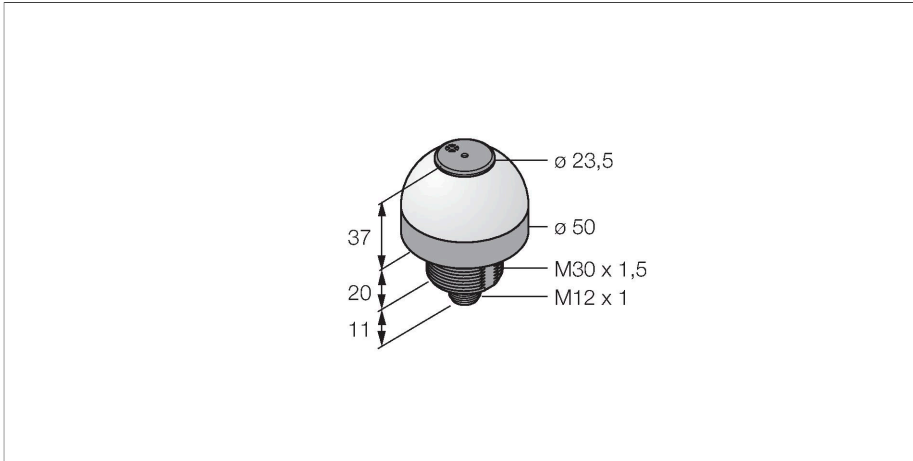
Weight without packaging	1 130 g
Weight incl. packaging	1 393 g

**last modified:** 08/19/2020

## **Anexo 8 – Sinalizador Sonoro**

# K50LGRA1YPQ

## LED Indicator – Beacon with Audible Signal



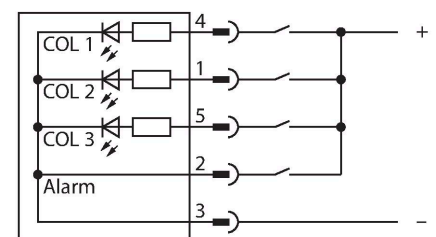
### Technical data

Type	K50LGRA1YPQ
ID	3078515
<b>Signal and display data</b>	
Purpose	LED indicator light
Function	Spotlight
Light type	Green Red Yellow
Dimmable	no
Features of color 1	Green, Permanently on
Features of color 2	Red
Features of color 3	Yellow
Features of color 4	Yellow
acoustic signal	Continuous tone, 75 dB
<b>Electrical data</b>	
Operating voltage	18...30 VDC
DC rated operational current	≤ 40 mA
Max. current consumption per color	40 mA
Max. current consumption of beeper	40 mA
Input type	PNP
Response time typical	< 10 ms
<b>Mechanical data</b>	
Cascadable	No
Design	Dome, K50L
Dimensions	Ø 50 x 68 x 68 mm
Housing material	Plastic, PC ABS, Black

### Features

- LED all-round visible
- Continuous signal: 75dB
- Individually controllable
- Mechanical screw-in thread M30x1.5
- Protection class IP50
- Multicolor: Green (COL 1) / Red (COL 2) / Yellow (COL 3)
- Male M12 x 1, 5-pin
- Operating voltage 18...30 VDC

### Wiring diagram



### Functional principle

The rugged and IP50 rated LED is qualified for industrial environments. Depending on the connection, one of the three colors lights steady for the duration of a PNP input signal.

## Technical data

Window material	Polycarbonate, diffuse
Electrical connection	Connector, M12 × 1, PVC
Number of cores	5
Ambient temperature	-20...+50 °C
Relative humidity	0...90 %
Protection class	IP50
<b>Tests/approvals</b>	
Approvals	CE, UL listed

## Accessories

<p><b>SMB30A</b></p>	<p><b>3032723</b></p> <p>Mounting bracket, rectangular, stainless steel, for sensors with 30mm thread</p>	<p><b>SMB30SC</b></p>	<p><b>3052521</b></p> <p>Mounting bracket, PBT black, for sensors with 30 mm thread, rotatable</p>
----------------------	---	-----------------------	--

## Accessories

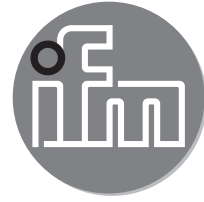
Dimension drawing	Type	ID	
	<p><b>RKC4.5T-2/TEL</b></p>	<p><b>6625016</b></p> <p>Connection cable, female M12, straight, 5-pin, cable length: 2 m, sheath material: PVC, black; cULus approval; other cable lengths and qualities available, see <a href="http://www.turck.com">www.turck.com</a></p>	
	<p><b>WKC4.5T-2/TEL</b></p>	<p><b>6625028</b></p> <p>Connection cable, female M12, angled, 5-pin, cable length: 2 m, sheath material: PVC, black; cULus approval; other cable lengths and qualities available, see <a href="http://www.turck.com">www.turck.com</a></p>	

## **Anexo 9 – Transdutores De Pressão**

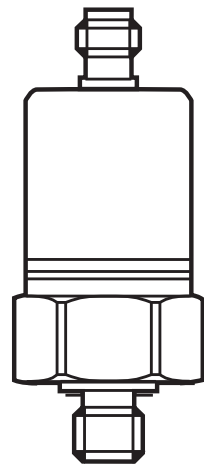
CE

Installation Instructions  
Electronic pressure sensor  
**PA35xx**

UK



80222190 / 00 06 / 2019





# Contents

1 Symbols used .....	2
2 Safety instructions .....	3
3 Function and features .....	3
3.1 Applications .....	4
4 Installation.....	4
5 Electrical connection.....	5

## 1 Symbols used

▶ Instruction



Important note

Non-compliance can result in malfunction or interference.



Information

Supplementary note.





## 2 Safety instructions

- The device described is a subcomponent for integration into a system.
  - The manufacturer of the system is responsible for the safety of the system.
  - The system manufacturer undertakes to perform a risk assessment and to create a documentation in accordance with legal and normative requirements to be provided to the operator and user of the system. This documentation must contain all necessary information and safety instructions for the operator, the user and, if applicable, for any service personnel authorised by the manufacturer of the system.
- Read this document before setting up the product and keep it during the entire service life.
- The product must be suitable for the corresponding applications and environmental conditions without any restrictions.
- Only use the product for its intended purpose (→ Functions and features).
- Only use the product for permissible media (→ Technical data).
- If the operating instructions or the technical data are not adhered to, personal injury and/or damage to property may occur.
- The manufacturer assumes no liability or warranty for any consequences caused by tampering with the product or incorrect use by the operator.
- Installation, electrical connection, set-up, operation and maintenance of the unit must be carried out by qualified personnel authorised by the machine operator.
- Protect units and cables against damage.

UK

## 3 Function and features

The pressure sensor detects the system pressure and converts it into an analog output signal.

- 4 ... 20 mA





### 3.1 Applications

- Type of pressure: relative pressure

Order no.	Final value of the measuring range (nominal pressure)		Static pressure resistance (max. permissible pressure)		Bursting pressure	
	bar	psi	bar	psi	bar	psi
PA3509	-1...1	-14.5...14.5	10	145	30	435
PA3526	0...2.5	0...36.3	20	290	50	725
PA3524	0...10	0...145	75	1087	150	2175
PA3523	0...25	0...363	150	2175	350	5075
PA3522	0...100	0...1 450	300	4 350	650	9400
PA3521	0...250	0...3 625	400	5 800	850	12300
	mbar	psi	bar	psi	bar	psi
PA3589	0...100	0...1.45	4	58	30	435
PA3528	0...250	0...3.63	6	84	30	435

$$\text{MPa} = \text{bar} \div 10 \quad / \quad \text{kPa} = \text{bar} \times 100$$



Avoid overload pressure exceeding the specified maximum permissible pressure by taking appropriate measures.

The indicated bursting pressure must not be exceeded.

Even if the bursting pressure is exceeded only for a short time, the unit may be destroyed. ATTENTION: Risk of injury!

Use in gases at pressures > 25 bar only after contacting the manufacturer ifm.



Pressure Equipment Directive (PED):

The units comply with the Pressure Equipment Directive and are designed and manufactured for group 2 fluids in accordance with the sound engineering practice.

Use of group 1 fluids on request!

### 4 Installation



Before mounting and removing the sensor, make sure that no pressure is applied to the system.

- ▶ Insert the unit in a suitable process connection (see type label "Port Size").
- ▶ Tighten firmly.  
Recommended tightening torque: 25...35 Nm



## 5 Electrical connection



The unit must only be connected by an electrician.

The national and international regulations for the installation of electrical equipment must be observed.

Voltage supply to EN50178, SELV, PELV.

- ▶ Disconnect power.
- ▶ Connect the unit as follows:

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 2px;">Core colours</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">BN</td> <td style="padding: 2px;">brown</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">WH</td> <td style="padding: 2px;">white</td> </tr> </table>	Core colours		BN	brown	WH	white	
Core colours							
BN	brown						
WH	white						
OUT: Analogue output Colours to DIN EN 60947-5-2							
<b>Example circuits</b>							

UK

More information at [www.ifm.com](http://www.ifm.com)

## Anexo 10 – Linguagem Ladder

## Main [OB1]

### Main Properties

#### General

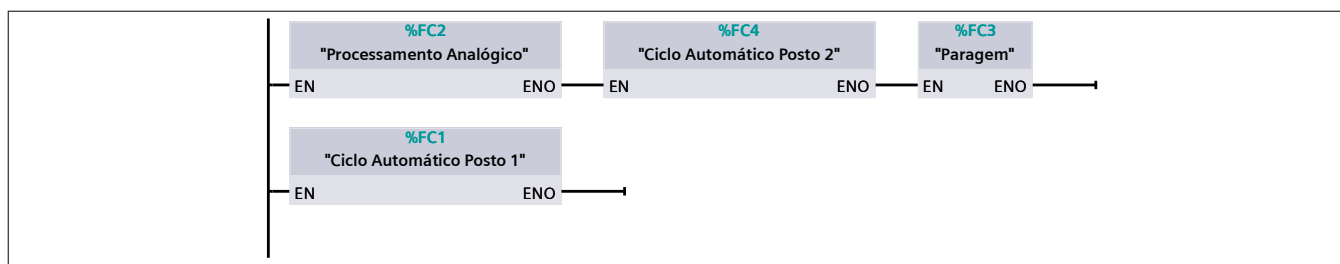
<b>Name</b>	Main	<b>Number</b>	1	<b>Type</b>	OB
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

<b>Title</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

### Network 1: Ciclo Automático Posto 1



## Startup [OB100]

### Startup Properties

#### General

<b>Name</b>	Startup	<b>Number</b>	100	<b>Type</b>	OB
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

<b>Title</b>	"Complete Restart"	<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
LostRetentive	Bool		True if retentive data are lost
LostRTC	Bool		True if date and time are lost
Temp			
Constant			

### Network 1: Abertura Válvula Saída 1



## Ciclo Automático Posto 1 [FC1]

### Ciclo Automático Posto 1 Properties

#### General

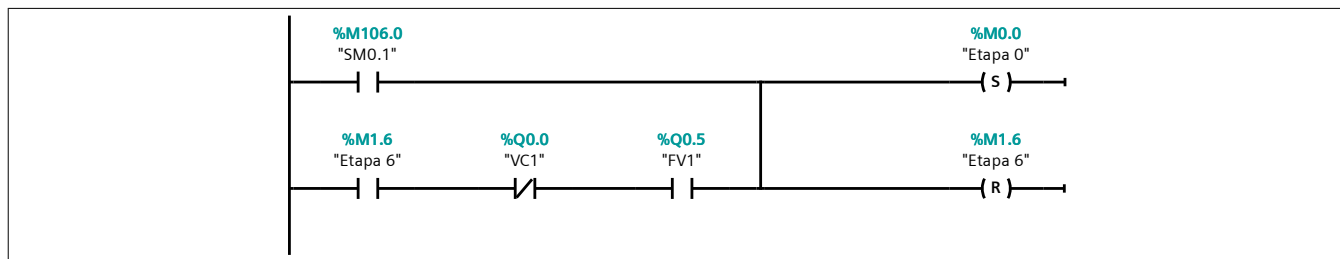
<b>Name</b>	Ciclo Automático Posto 1	<b>Number</b>	1	<b>Type</b>	FC
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

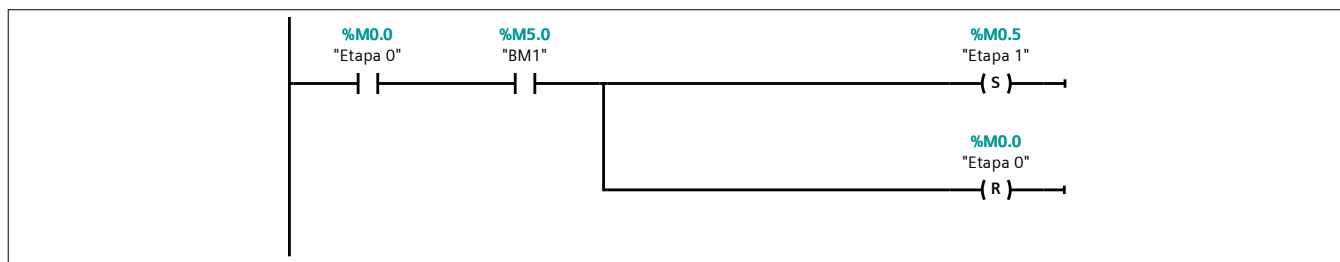
<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Ciclo Automático Posto 1	Void		

### Network 1: Ativação Etapa 0

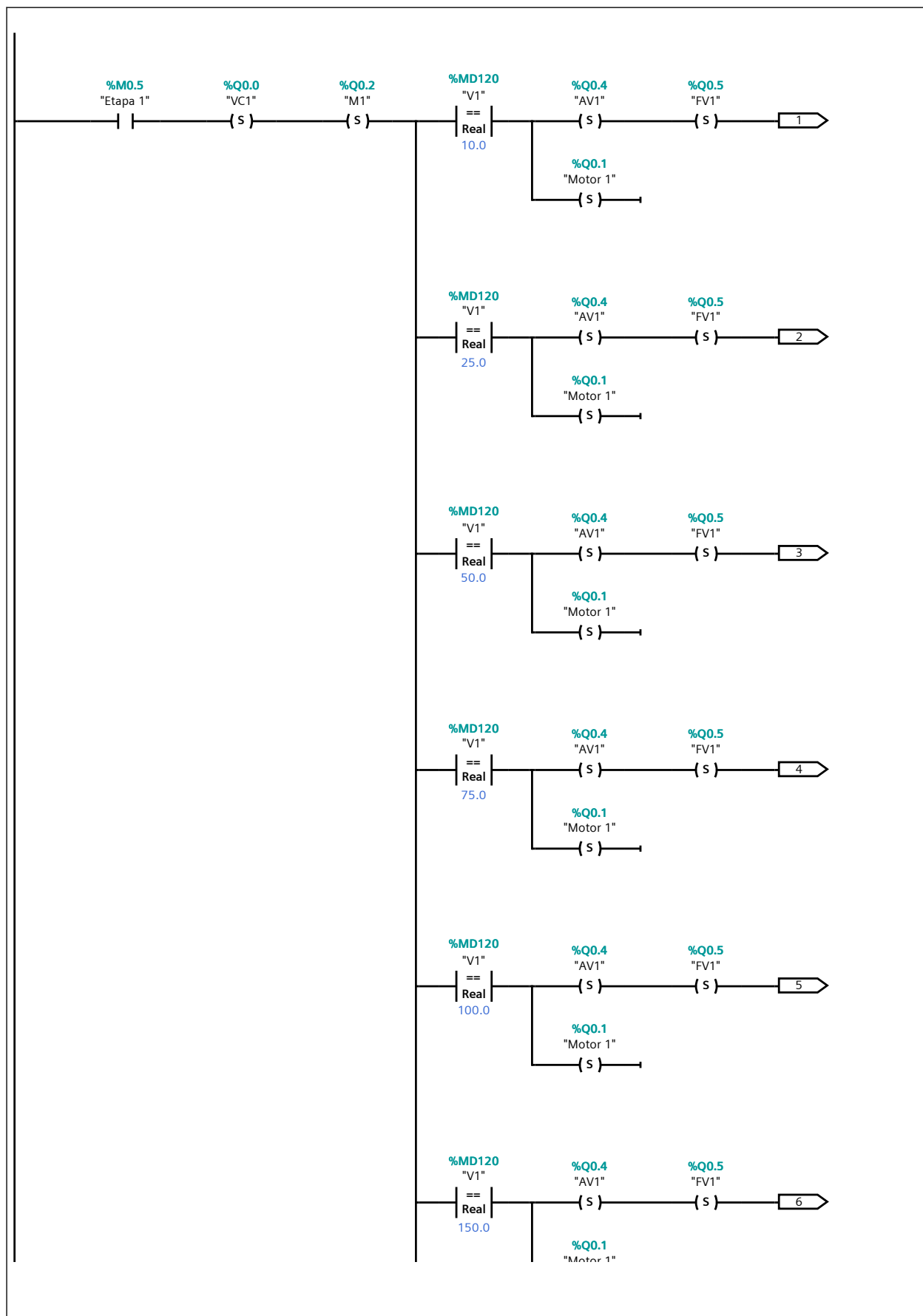


### Network 2: Ativação Etapa 1



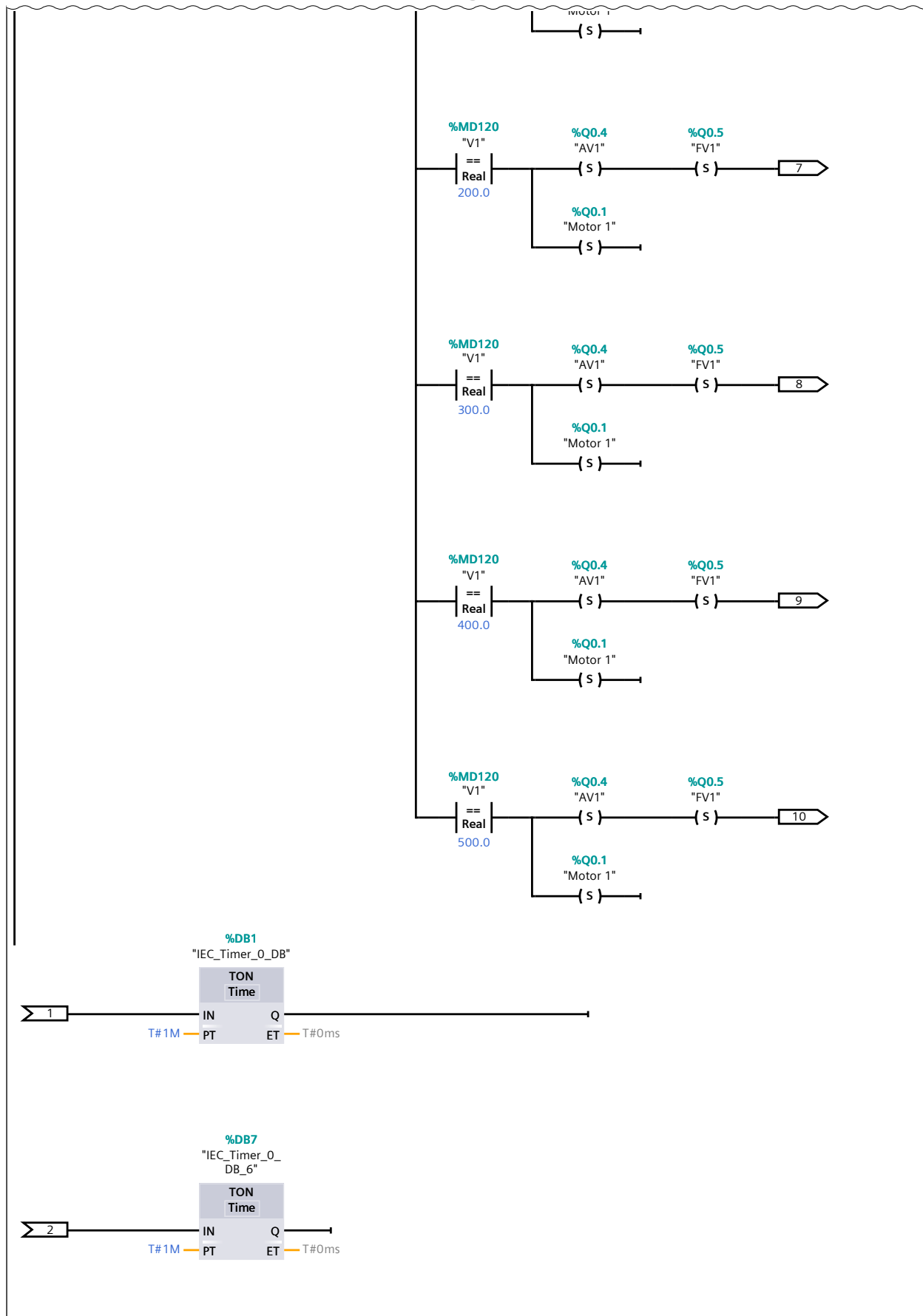
### Network 3: Ações Etapa 1

### Network 3: Ações Etapa 1 (1.1 / 4.1)



Network 3: Ações Etapa 1 (2.1 / 4.1)

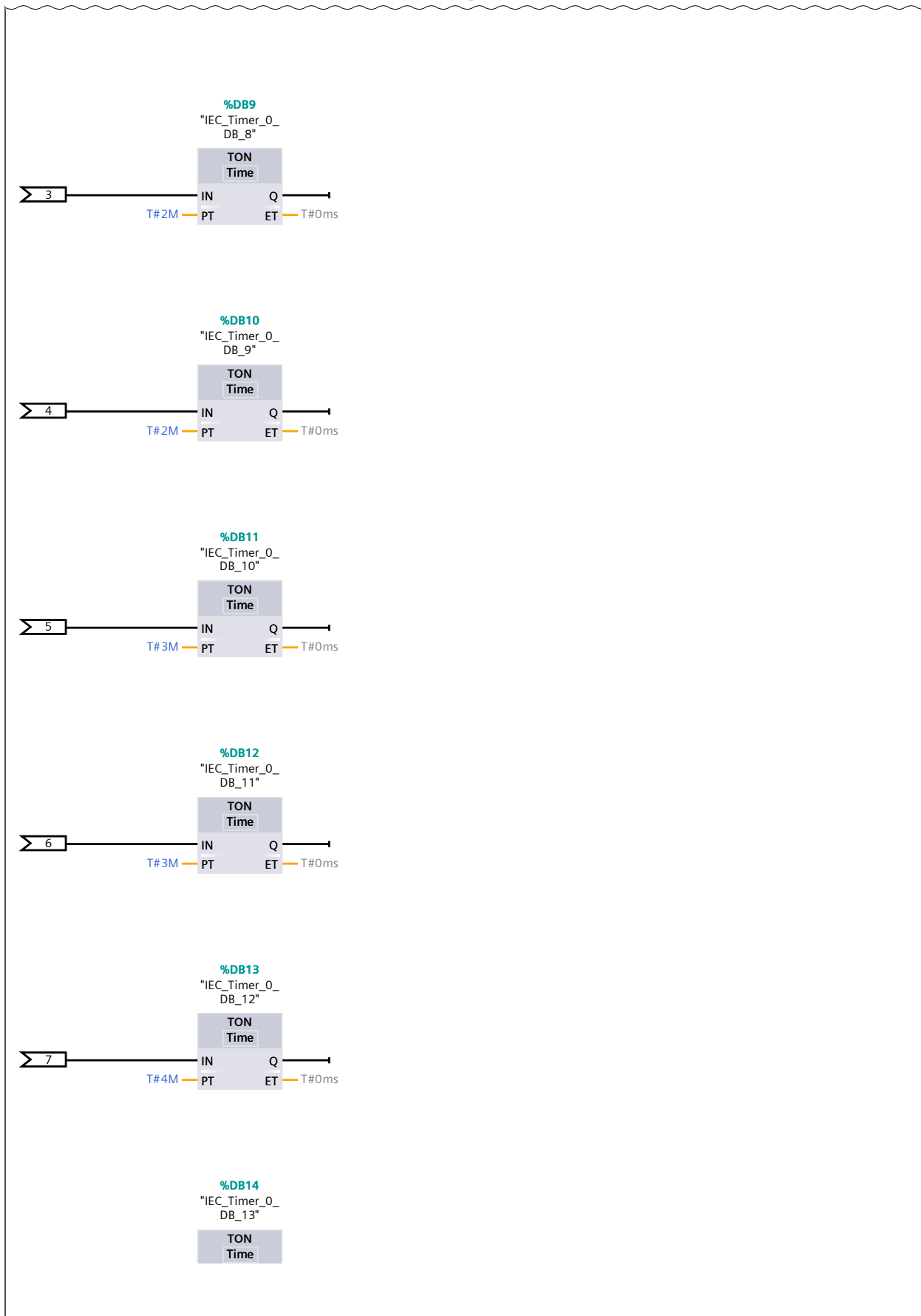
1.1 ( Page3 - 2)



3.1 ( Page3 - 4)

Network 3: Ações Etapa 1 (3.1 / 4.1)

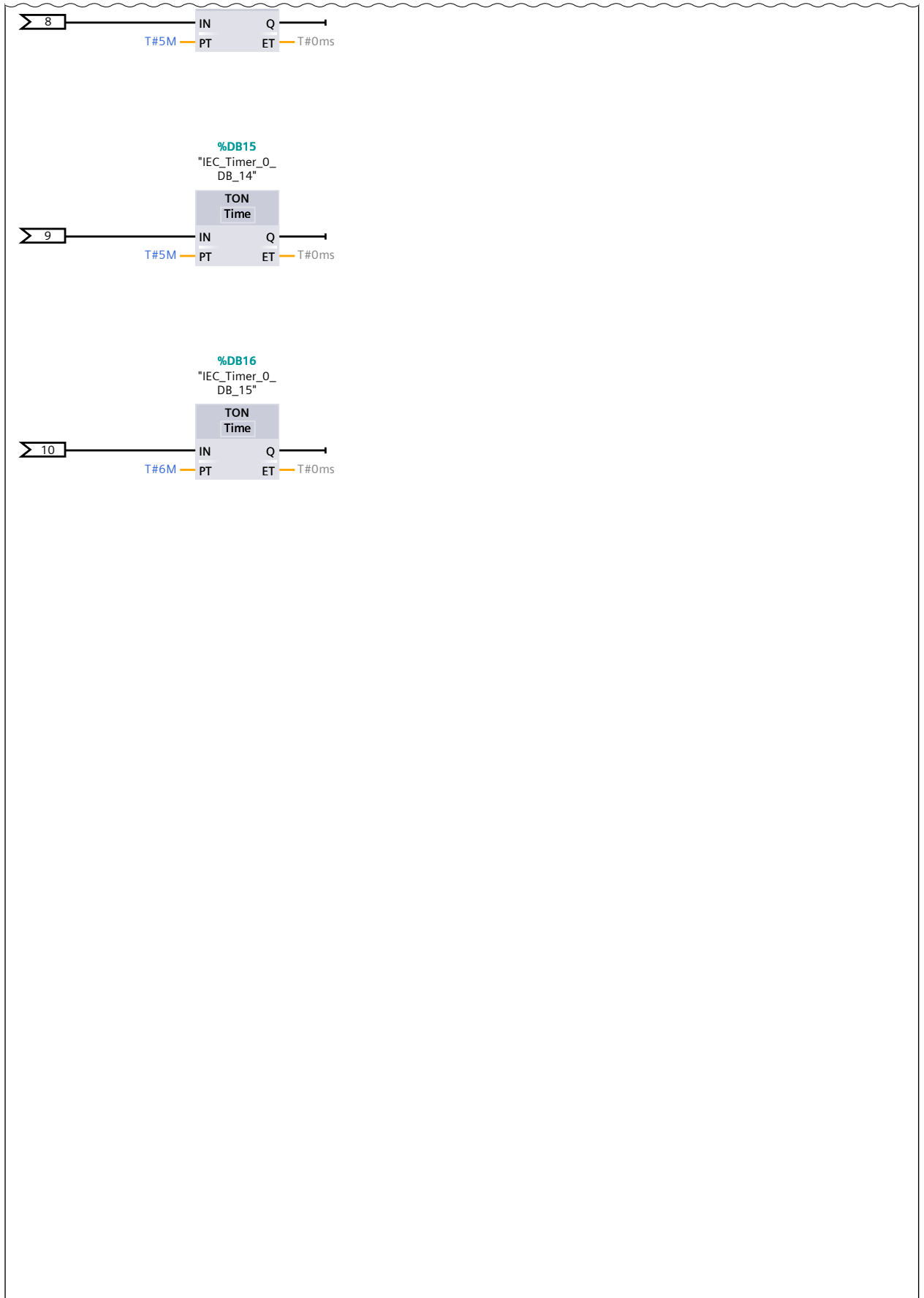
2.1 ( Page3 - 3)



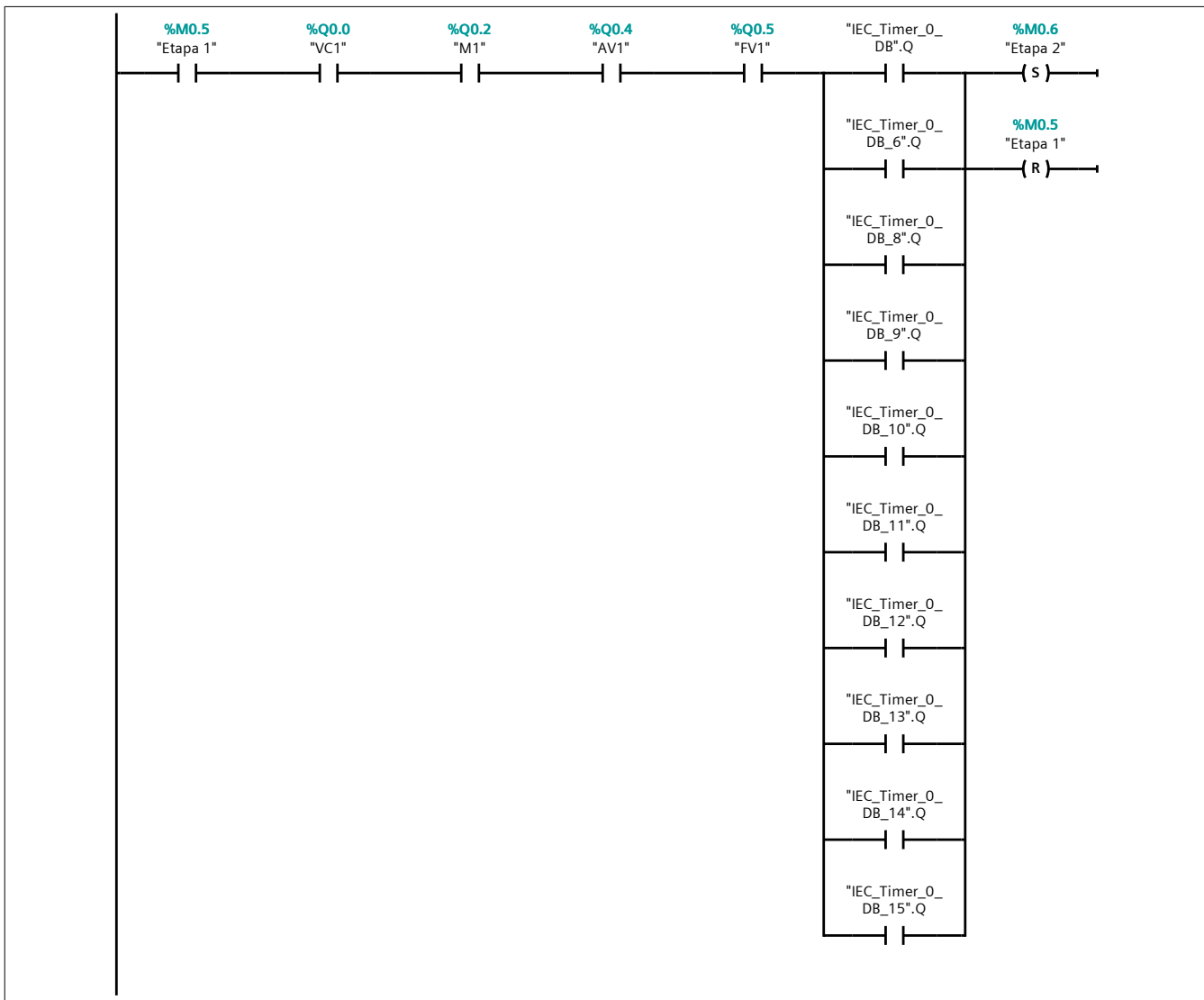
4.1 ( Page3 - 5)

Network 3: Ações Etapa 1 (4.1 / 4.1)

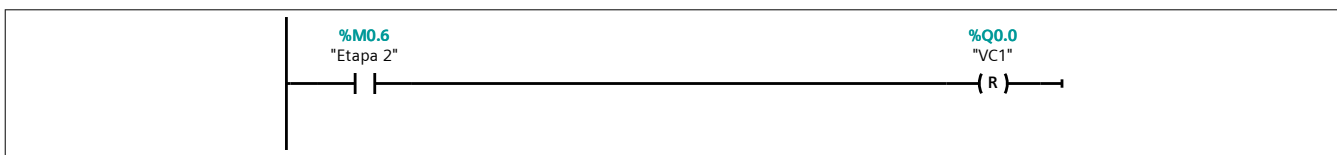
3.1 ( Page3 - 4)



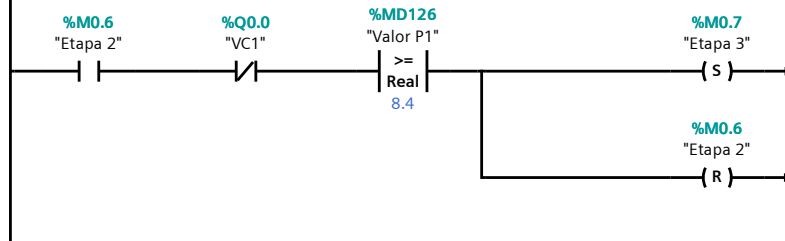
### Network 4: Ativação Etapa 2



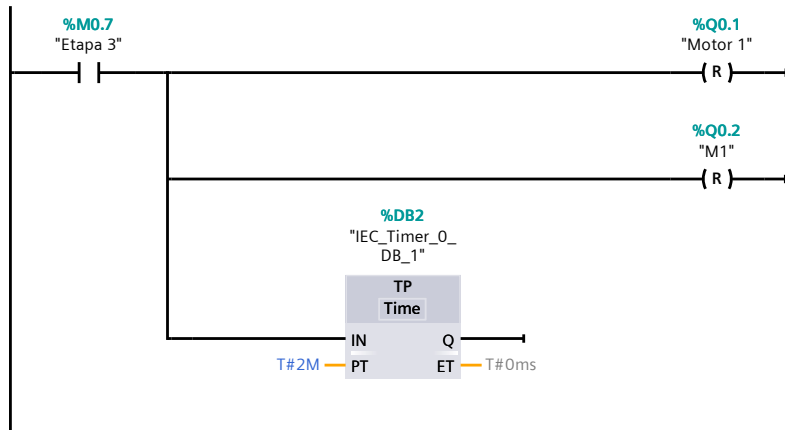
### Network 5: Ações Etapa 2



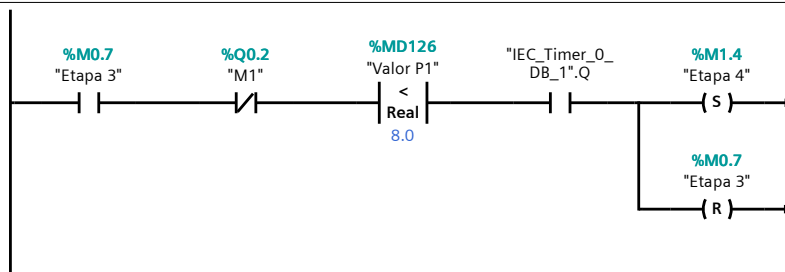
### Network 6: Ativação Etapa 3



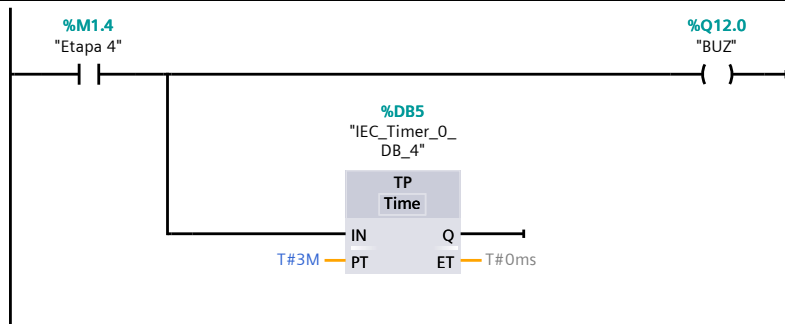
**Network 7: Ações Etapa 3**



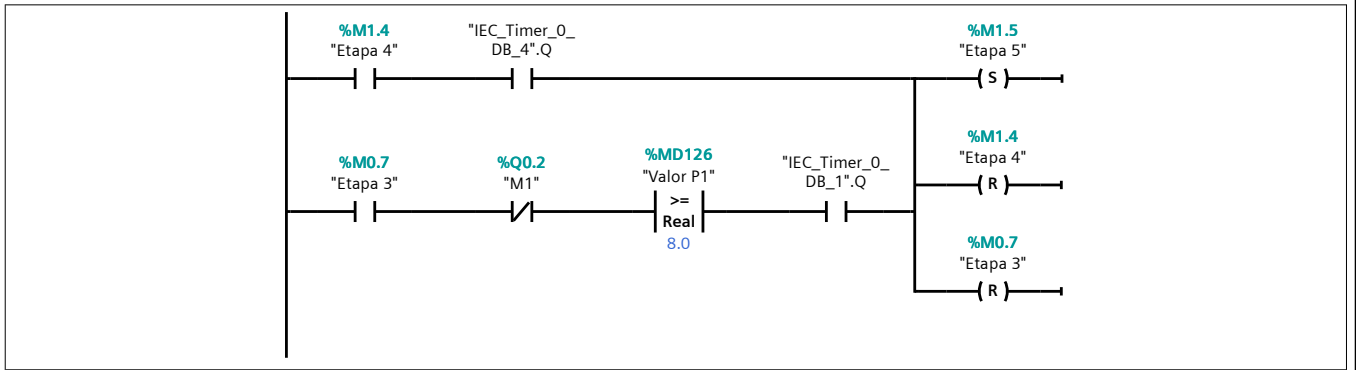
**Network 8: Ativação Etapa 4/5**



**Network 9: Ações Etapa 4**

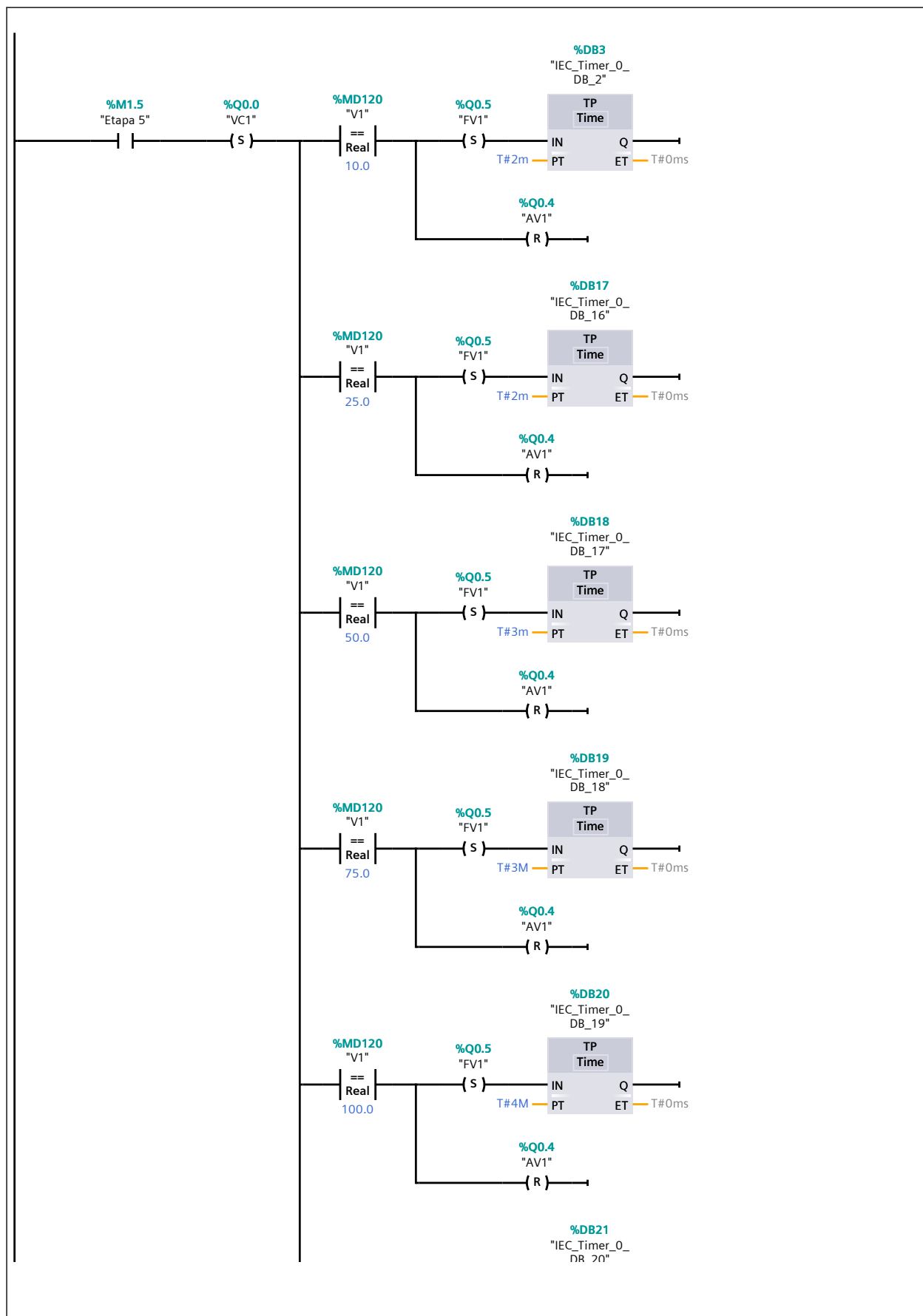


**Network 10: Ativação Etapa 5**



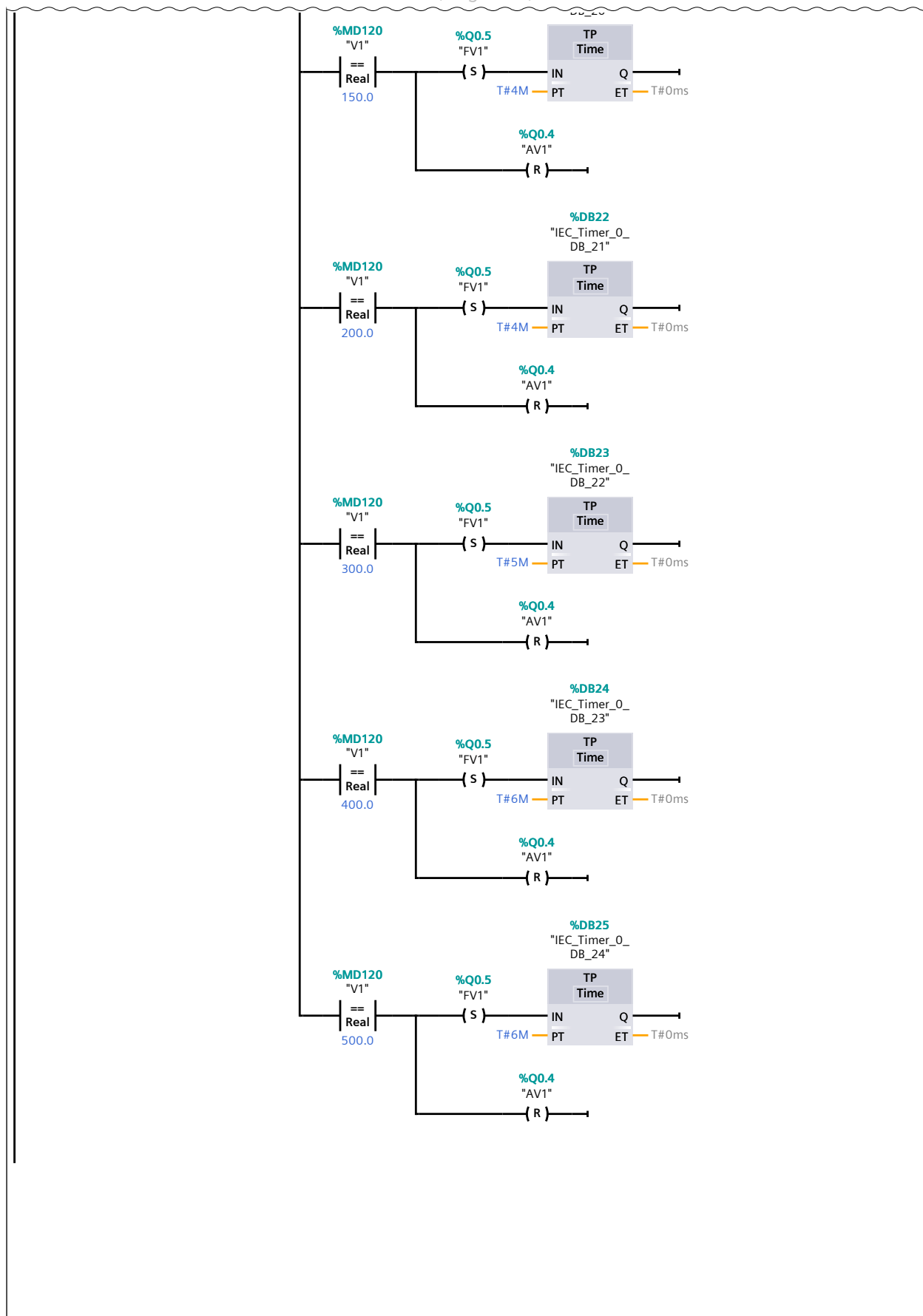
### Network 11: Ações Etapa 5

Network 11: Ações Etapa 5 (1.1 / 2.1)

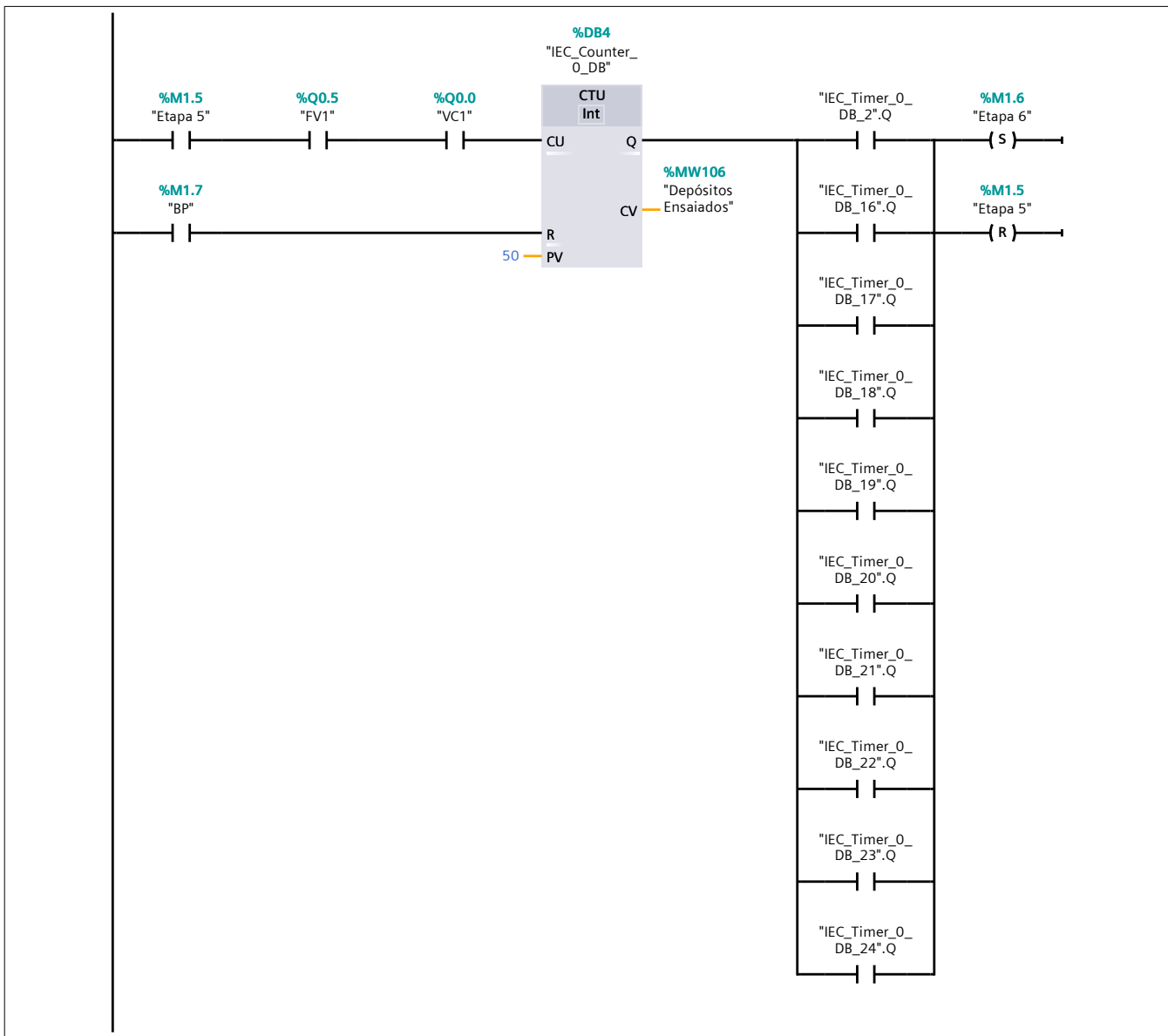


Network 11: Ações Etapa 5 (2.1 / 2.1)

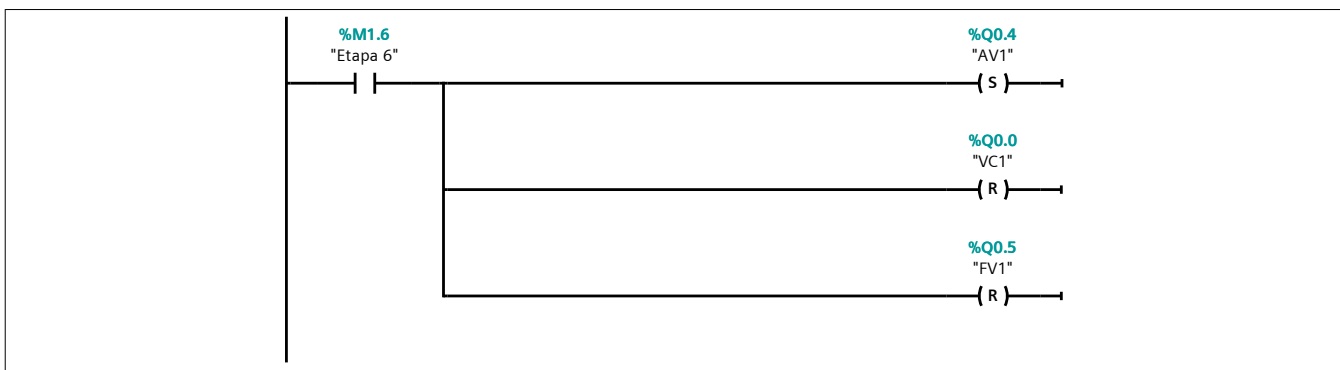
1.1 ( Page3 - 9)



### Network 12: Ativação Etapa 6



### Network 13: Ações Etapa 6



## Ciclo Automático Posto 2 [FC4]

### Ciclo Automático Posto 2 Properties

#### General

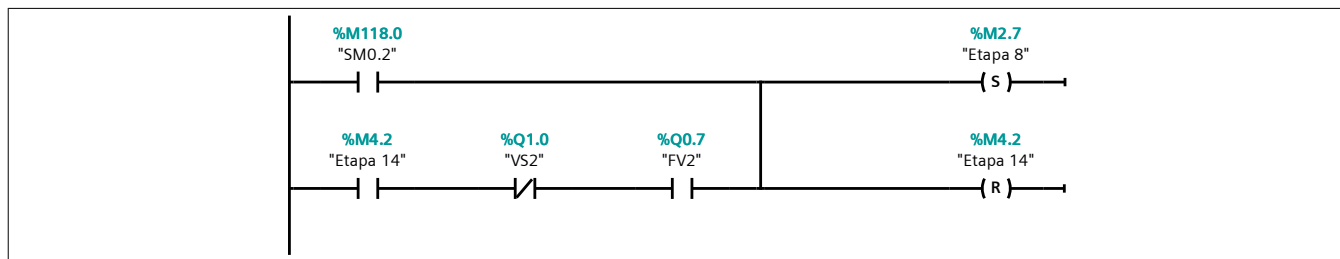
<b>Name</b>	Ciclo Automático Posto 2	<b>Number</b>	4	<b>Type</b>	FC
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

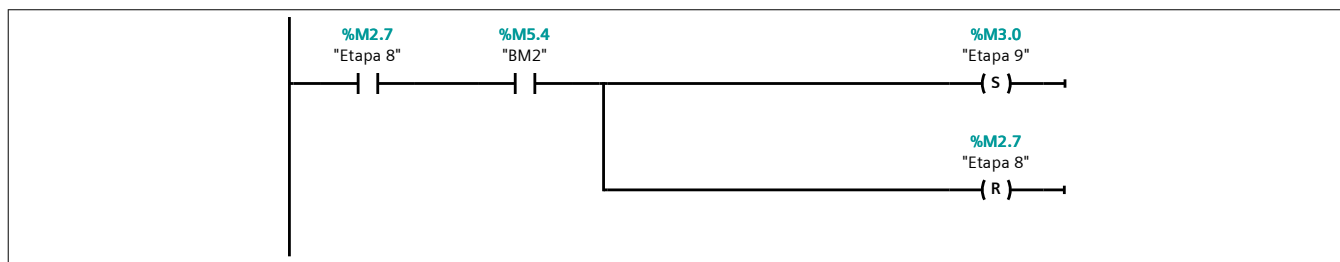
<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Ciclo Automático Posto 2	Void		

### Network 1: Ativação Etapa 0

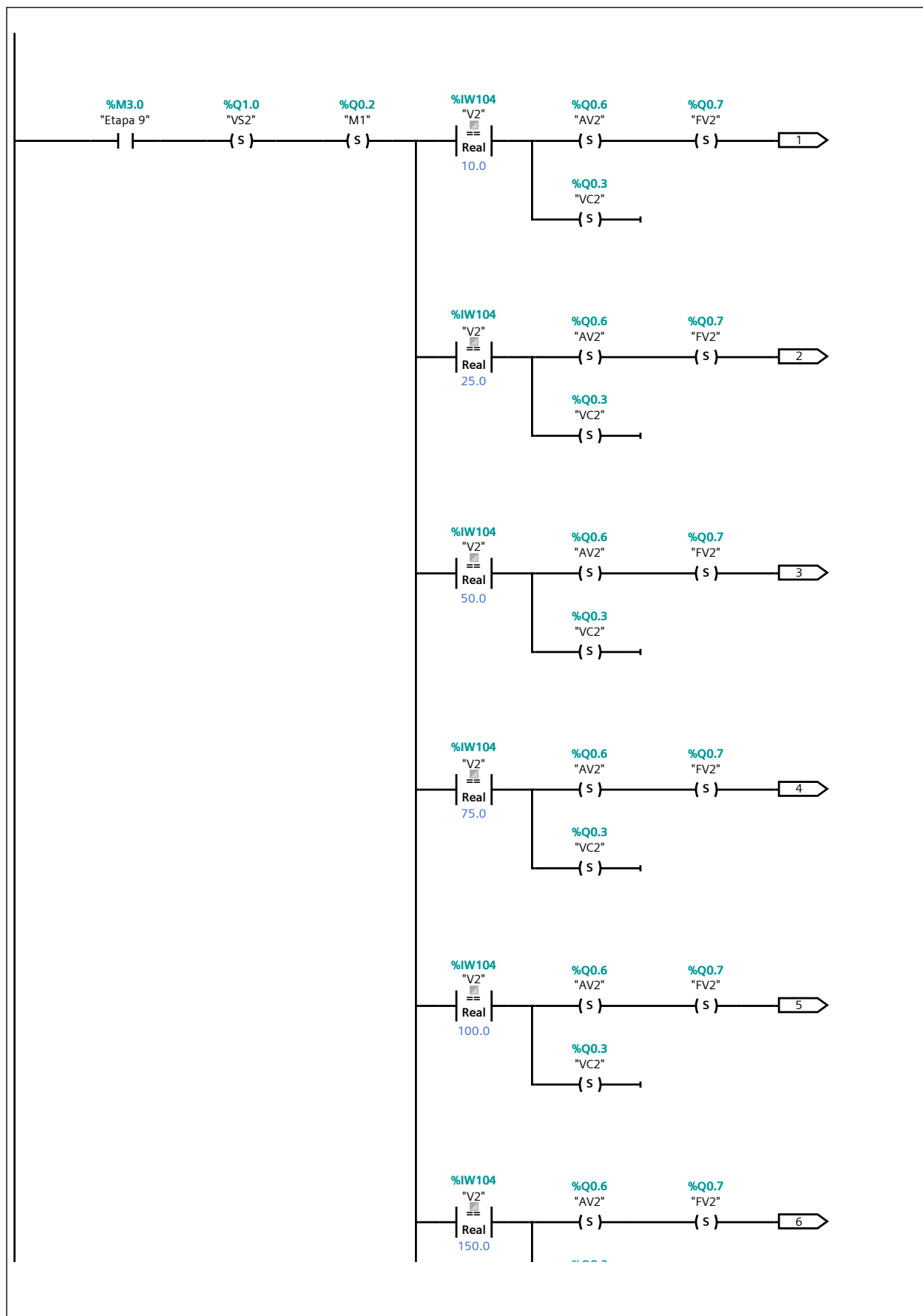


### Network 2: Ativação Etapa 1



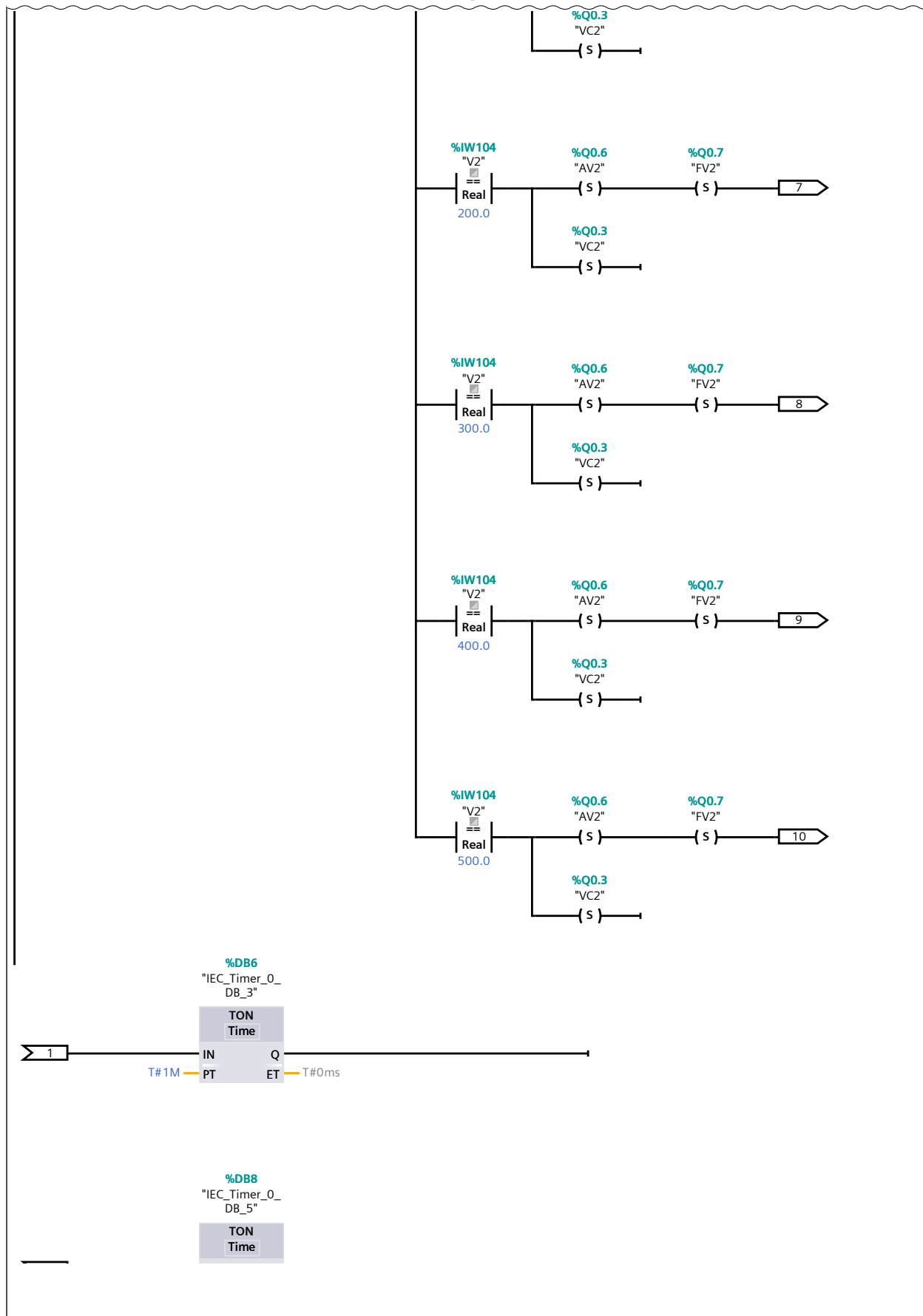
### Network 3: Ações Etapa 1

Network 3: Ações Etapa 1 (1.1 / 4.1)



Network 3: Ações Etapa 1 (2.1 / 4.1)

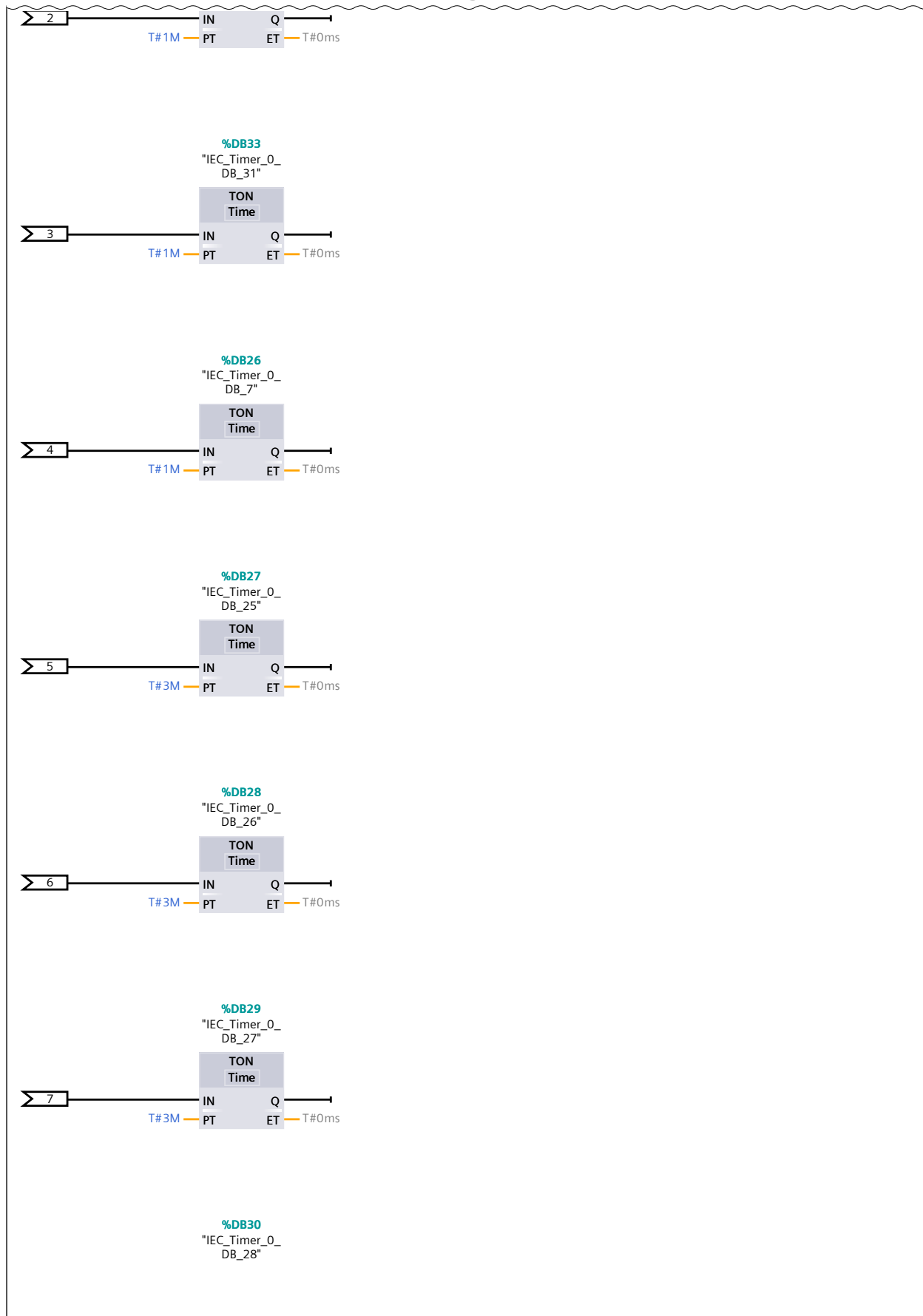
1.1 ( Page4 - 2)



3.1 ( Page4 - 4)

### Network 3: Ações Etapa 1 (3.1 / 4.1)

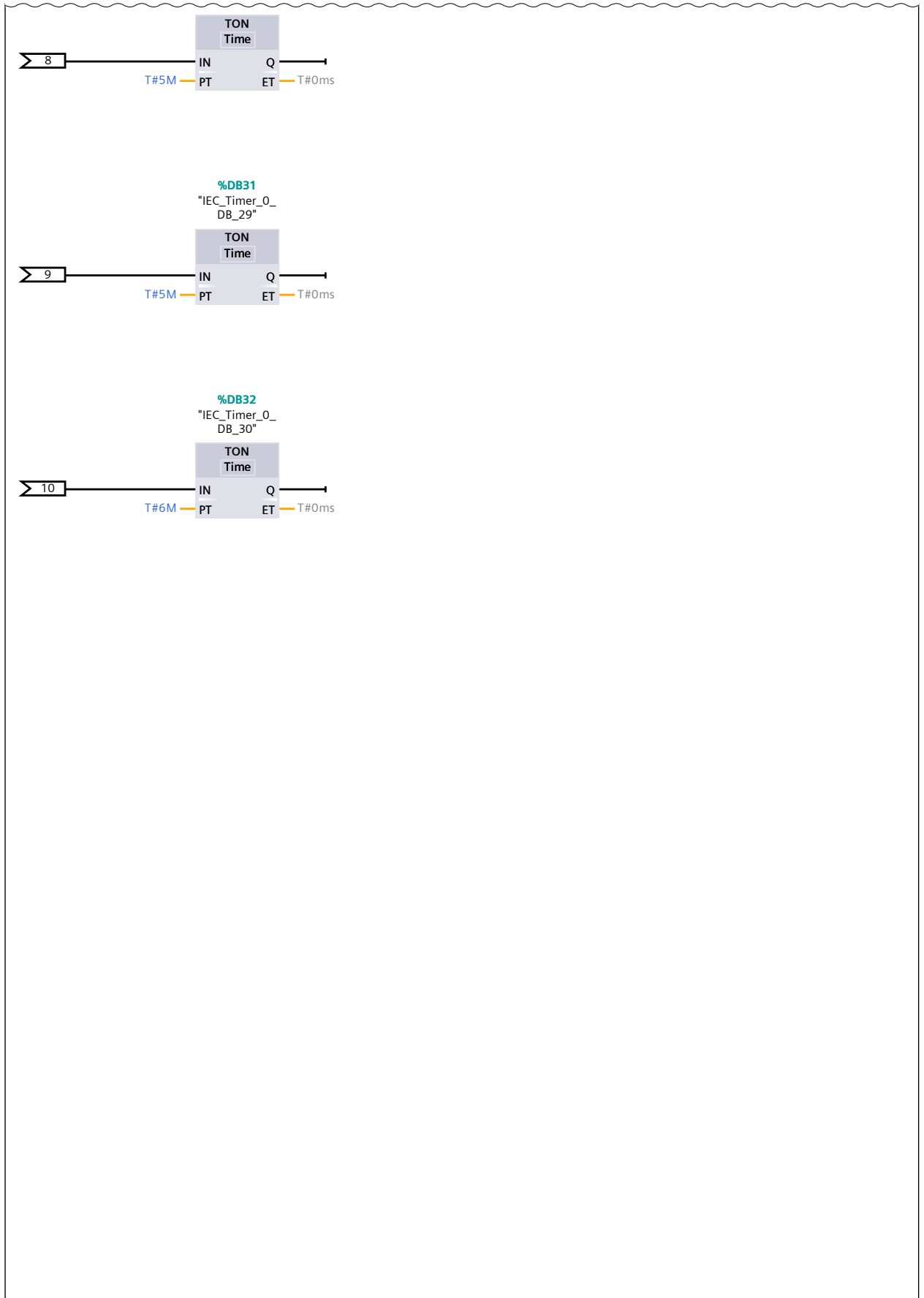
2.1 ( Page4 - 3)



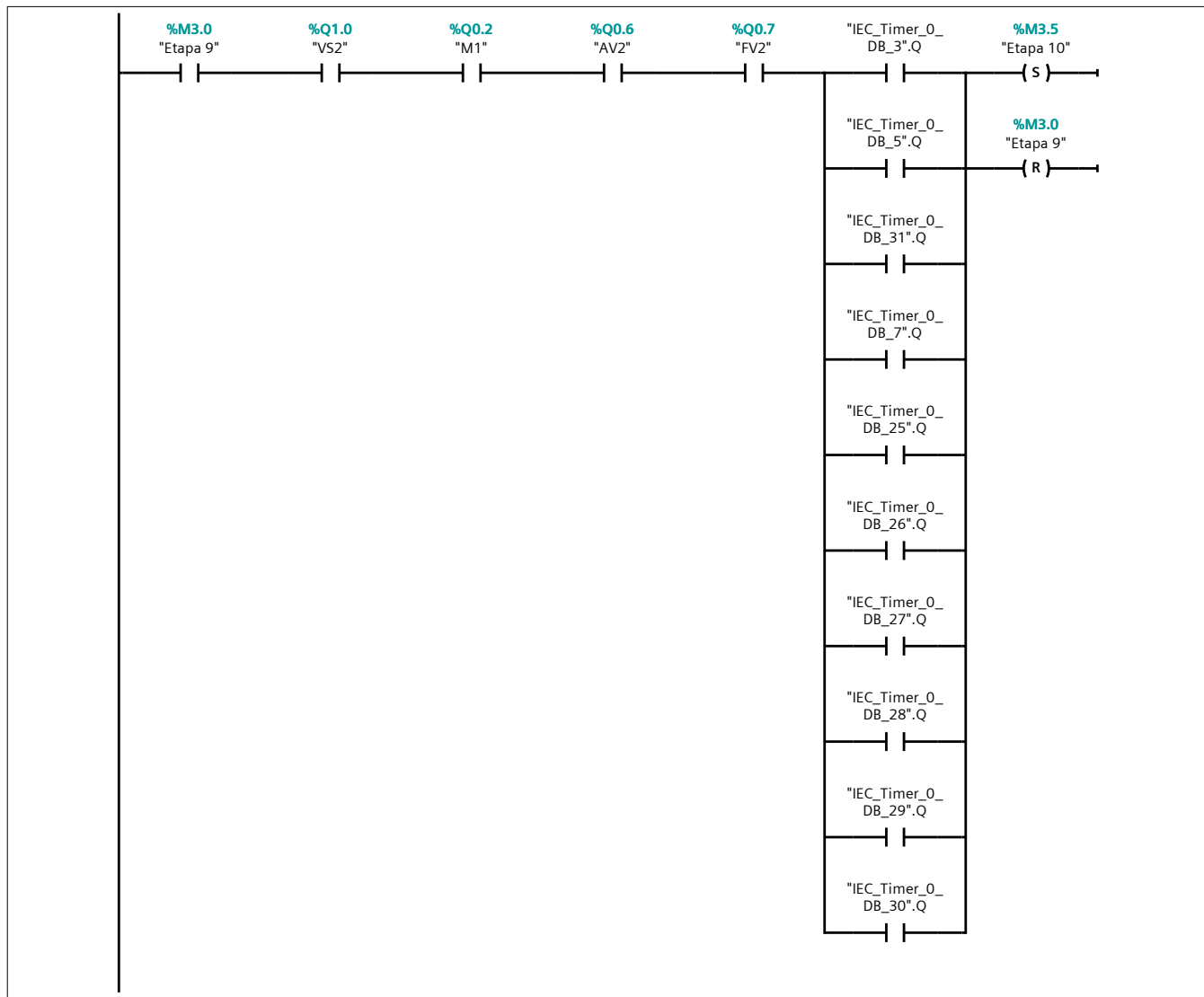
4.1 ( Page4 - 5)

Network 3: Ações Etapa 1 (4.1 / 4.1)

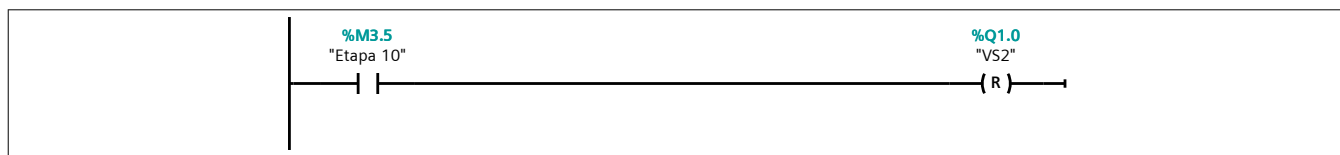
3.1 ( Page4 - 4)



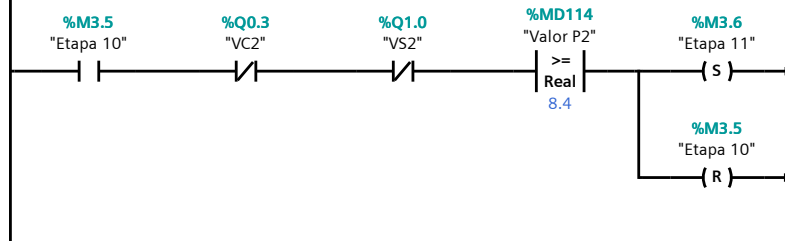
### Network 4: Ativação Etapa 2



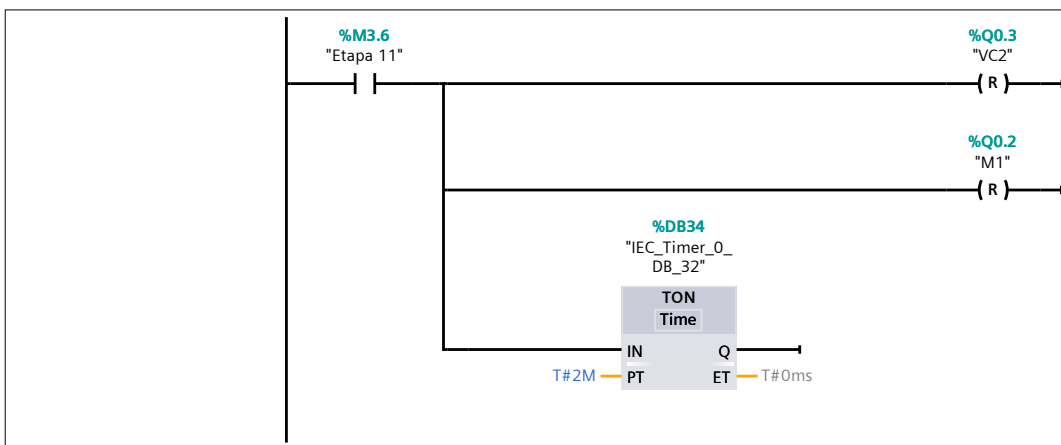
### Network 5: Ações Etapa 2



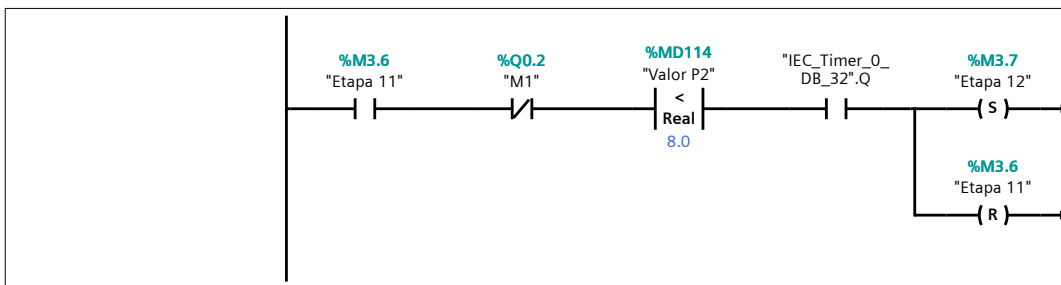
### Network 6: Ativação Etapa 3



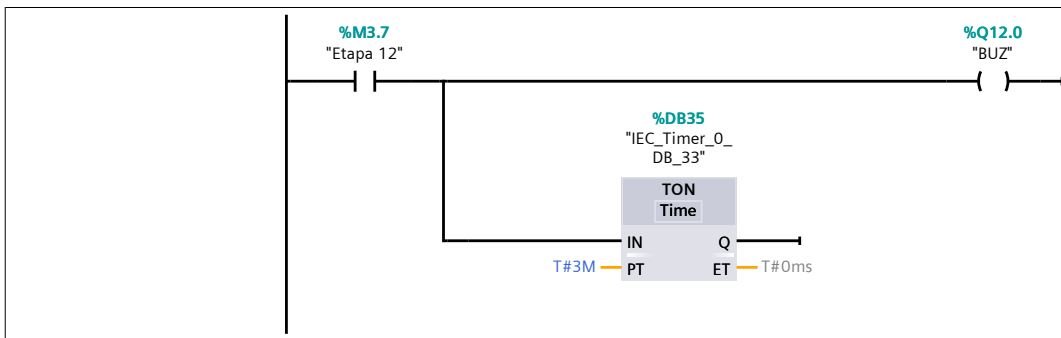
### Network 7: Ações Etapa 3



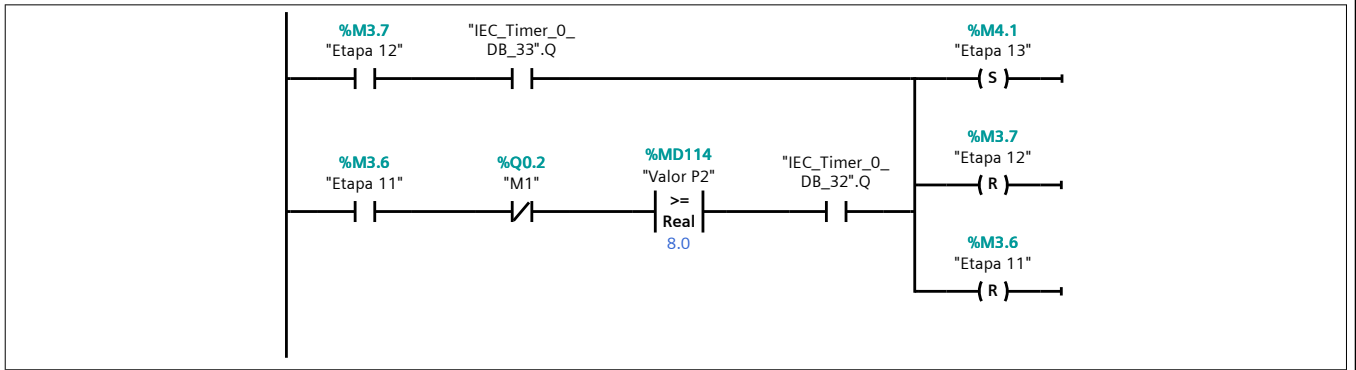
### Network 8: Ativação Etapa 4/5



### Network 9: Ações Etapa 4

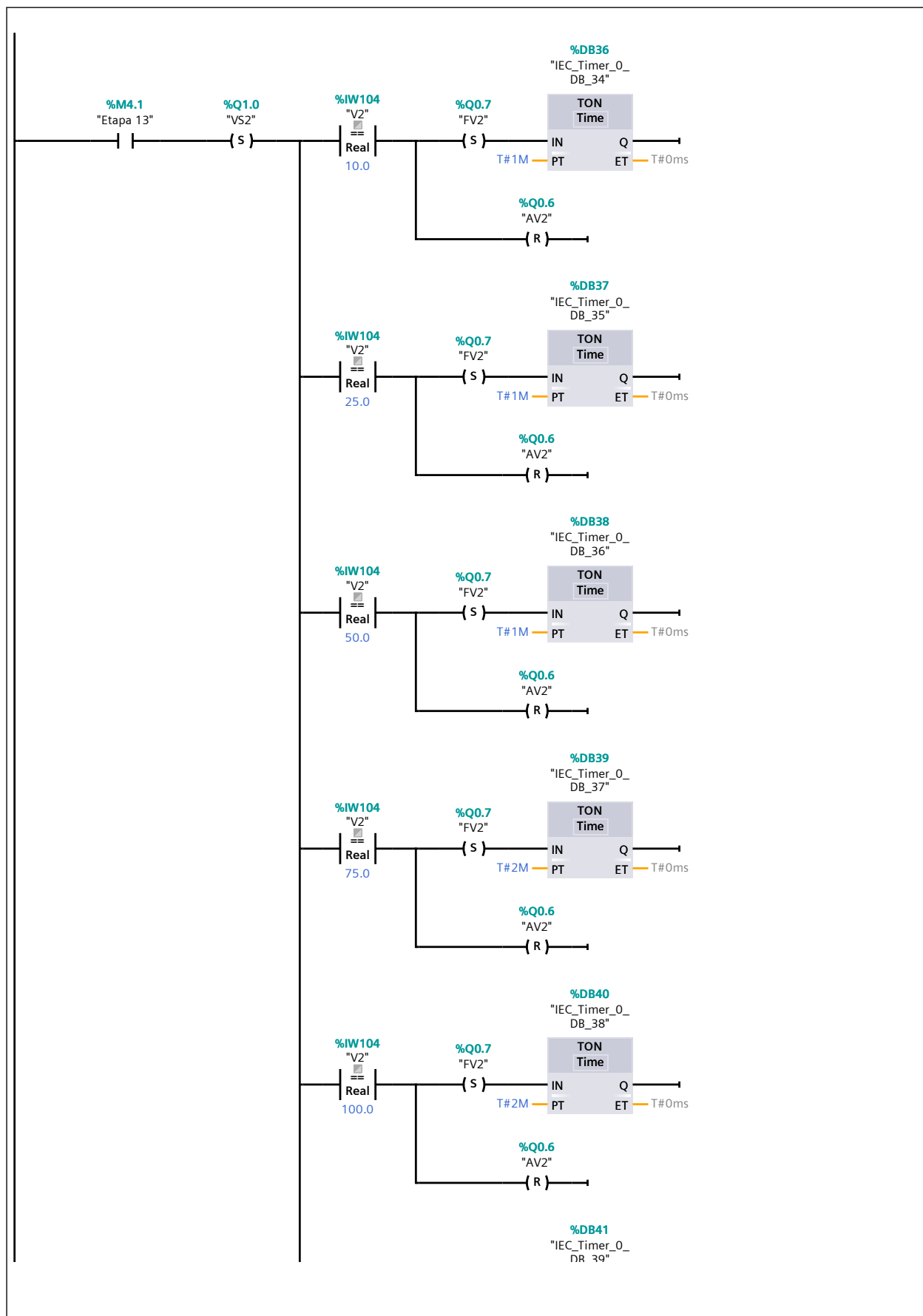


### Network 10: Ativação Etapa 5



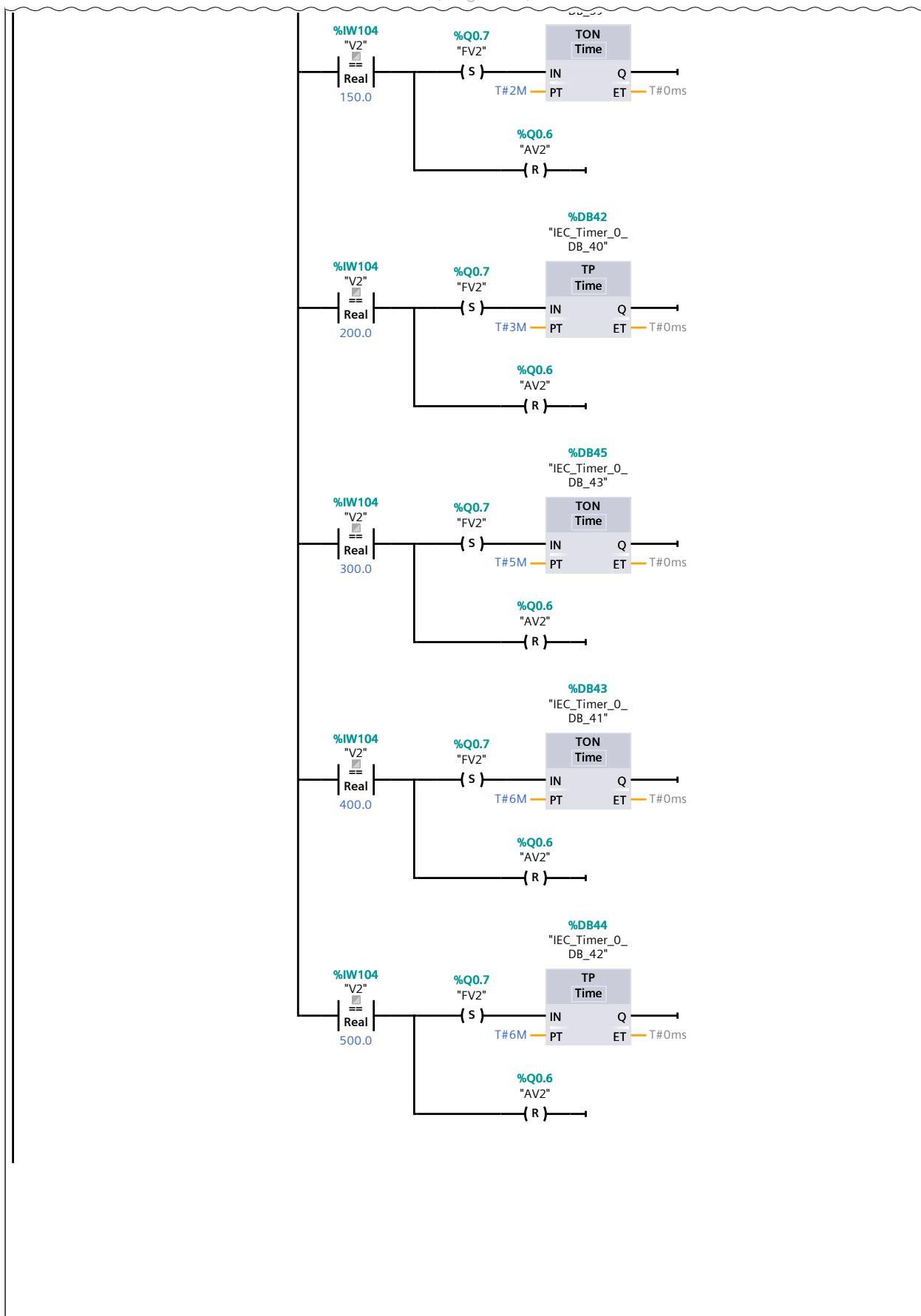
### Network 11: Ações Etapa 5

Network 11: Ações Etapa 5 (1.1 / 2.1)

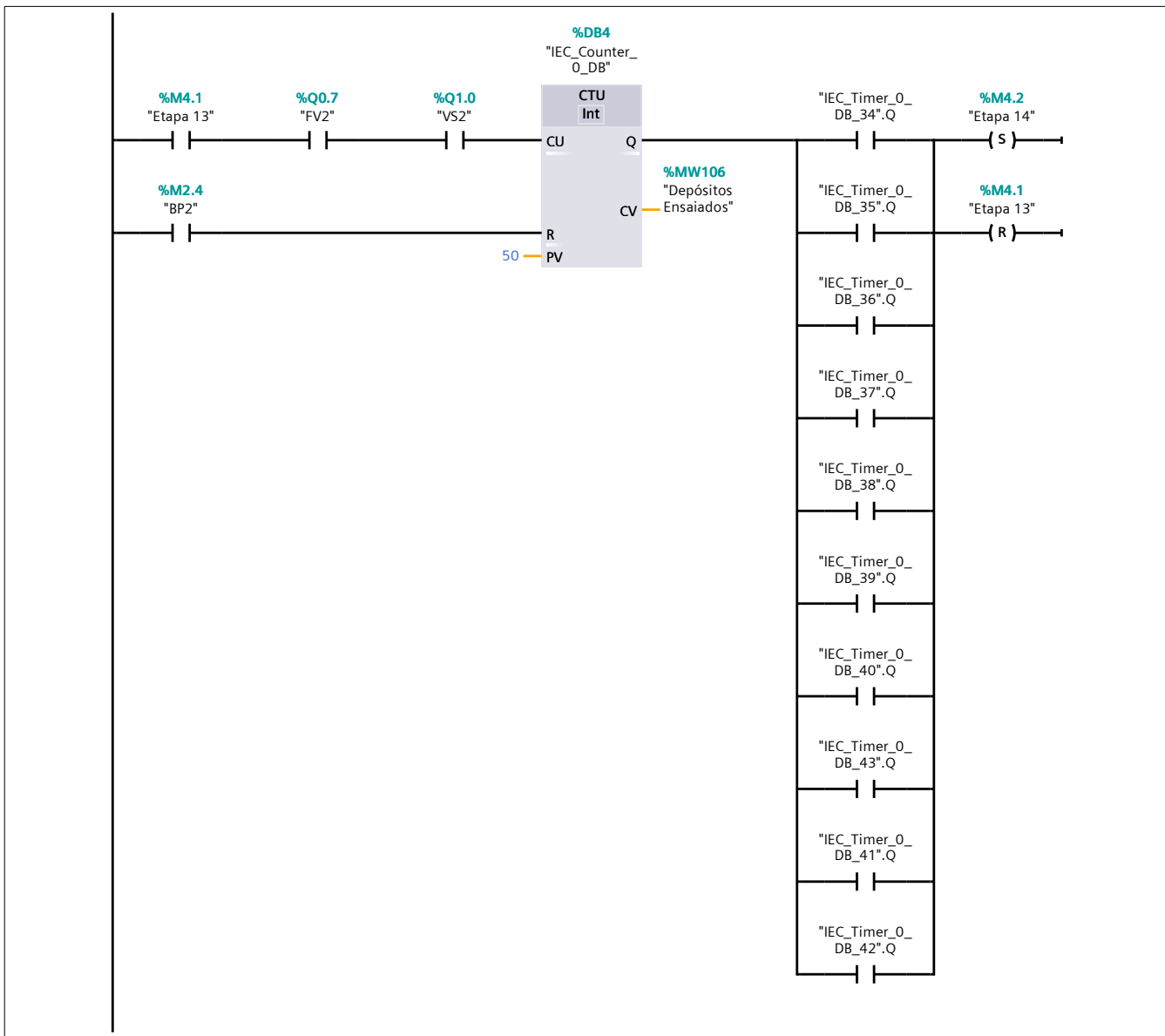


Network 11: Ações Etapa 5 (2.1 / 2.1)

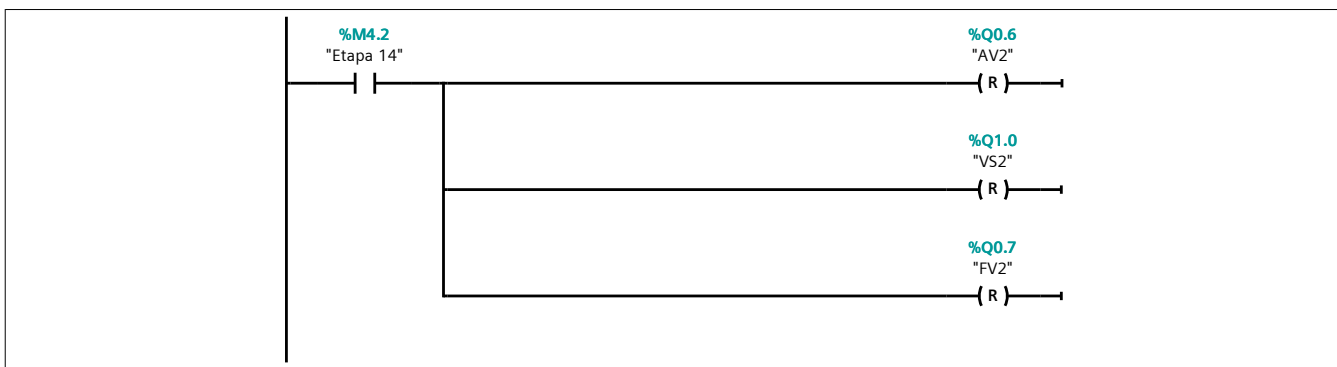
1.1 ( Page4 - 9)



### Network 12: Ativação Etapa 6



### Network 13: Ações Etapa 6



## Paragem [FC3]

### Paragem Properties

#### General

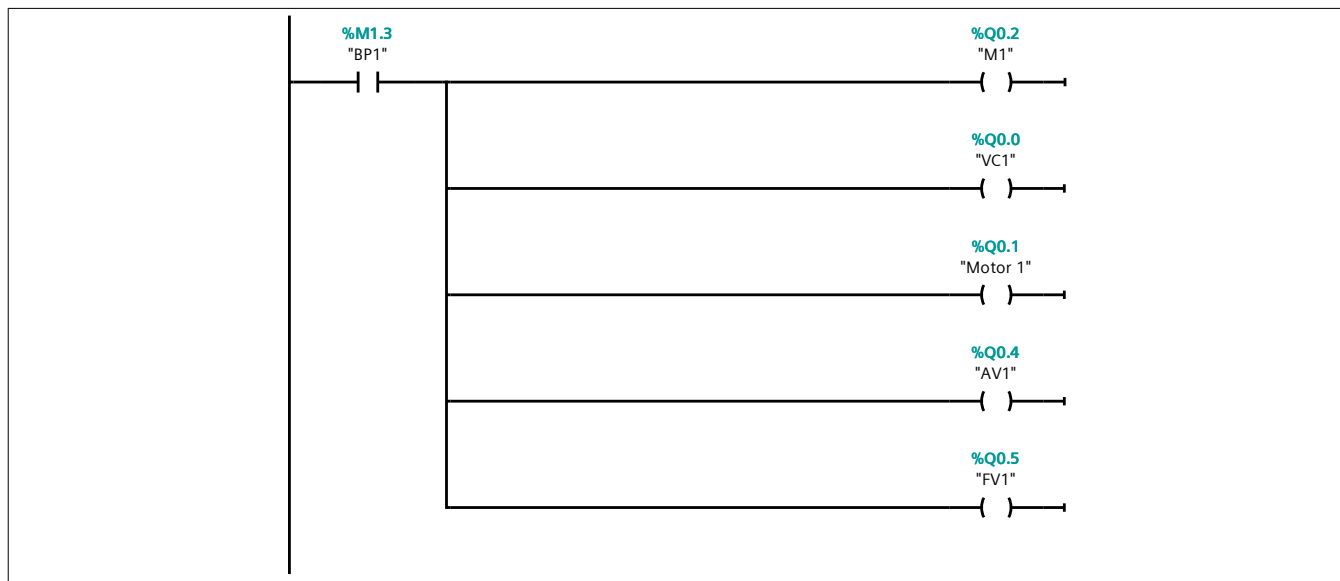
<b>Name</b>	Paragem	<b>Number</b>	3	<b>Type</b>	FC
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Paragem	Void		

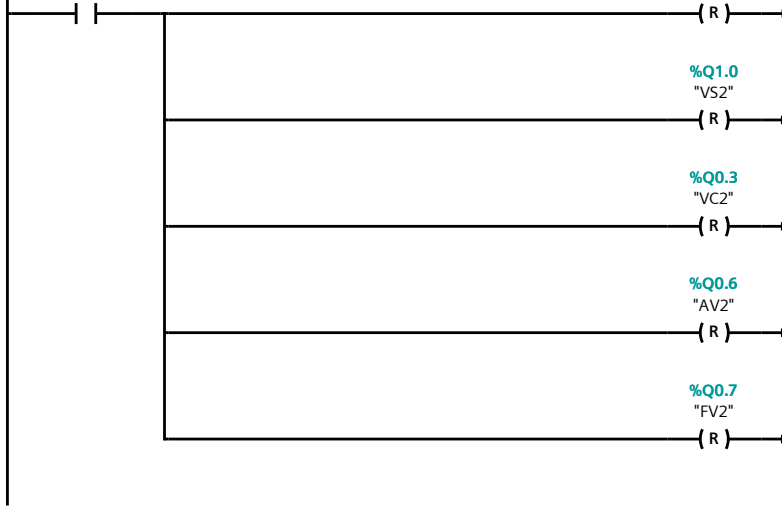
### Network 1:



### Network 2:

%M2.4  
"BP2"

%Q0.2  
"M1"



%Q1.0  
"VS2"

%Q0.3  
"VC2"

%Q0.6  
"AV2"

%Q0.7  
"EV2"

## Processamento Analógico [FC2]

### Processamento Analógico Properties

#### General

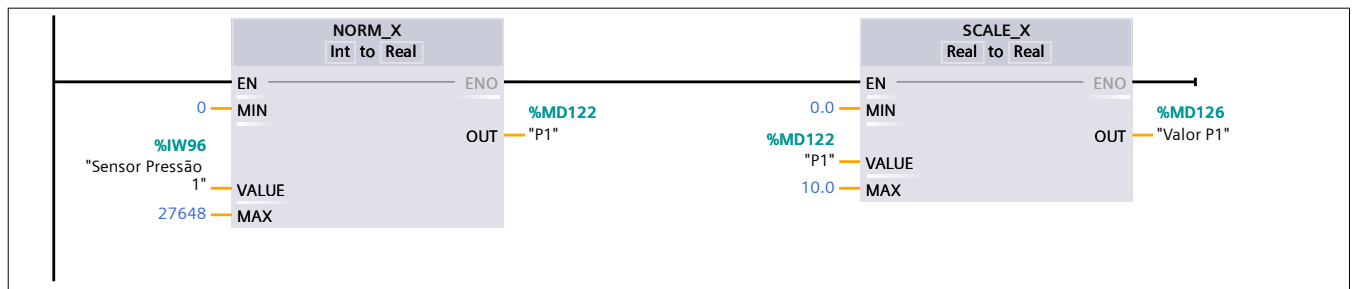
<b>Name</b>	Processamento Analógico	<b>Number</b>	2	<b>Type</b>	FC
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

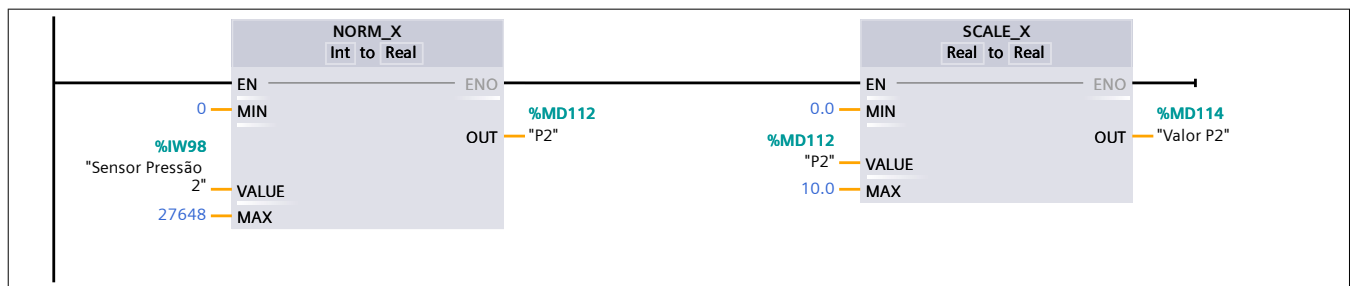
<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Processamento Analógico	Void		

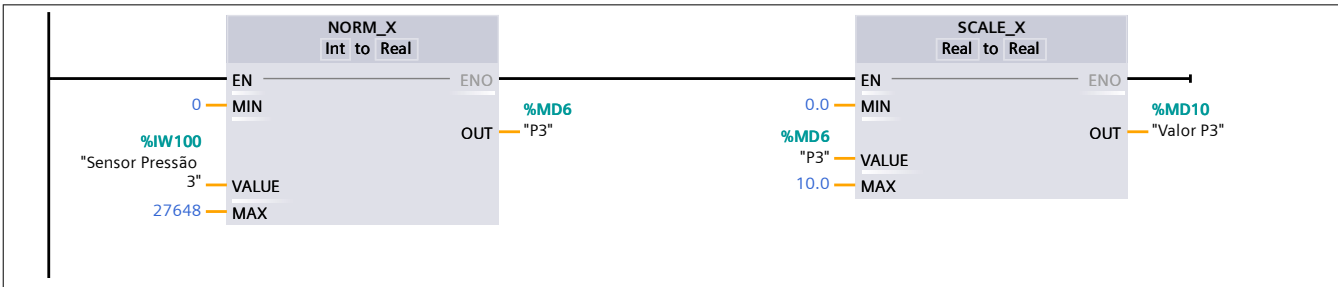
### Network 1:



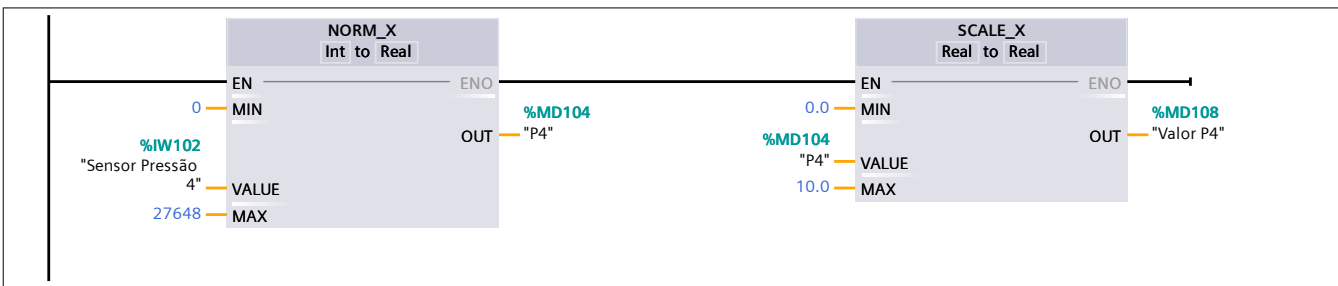
### Network 2:



### Network 3:



Network 4:



## Main [OB1]

### Main Properties

#### General

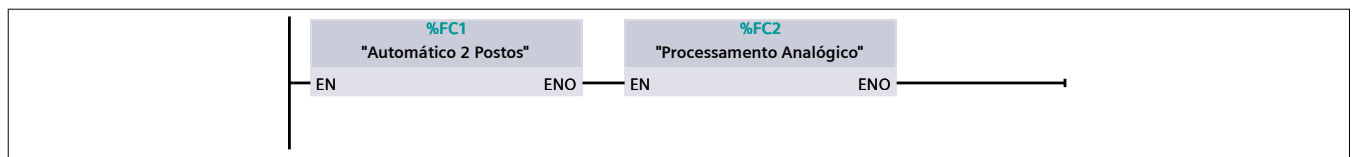
<b>Name</b>	Main	<b>Number</b>	1	<b>Type</b>	OB
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

<b>Title</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

### Network 1:



## Startup [OB100]

### Startup Properties

#### General

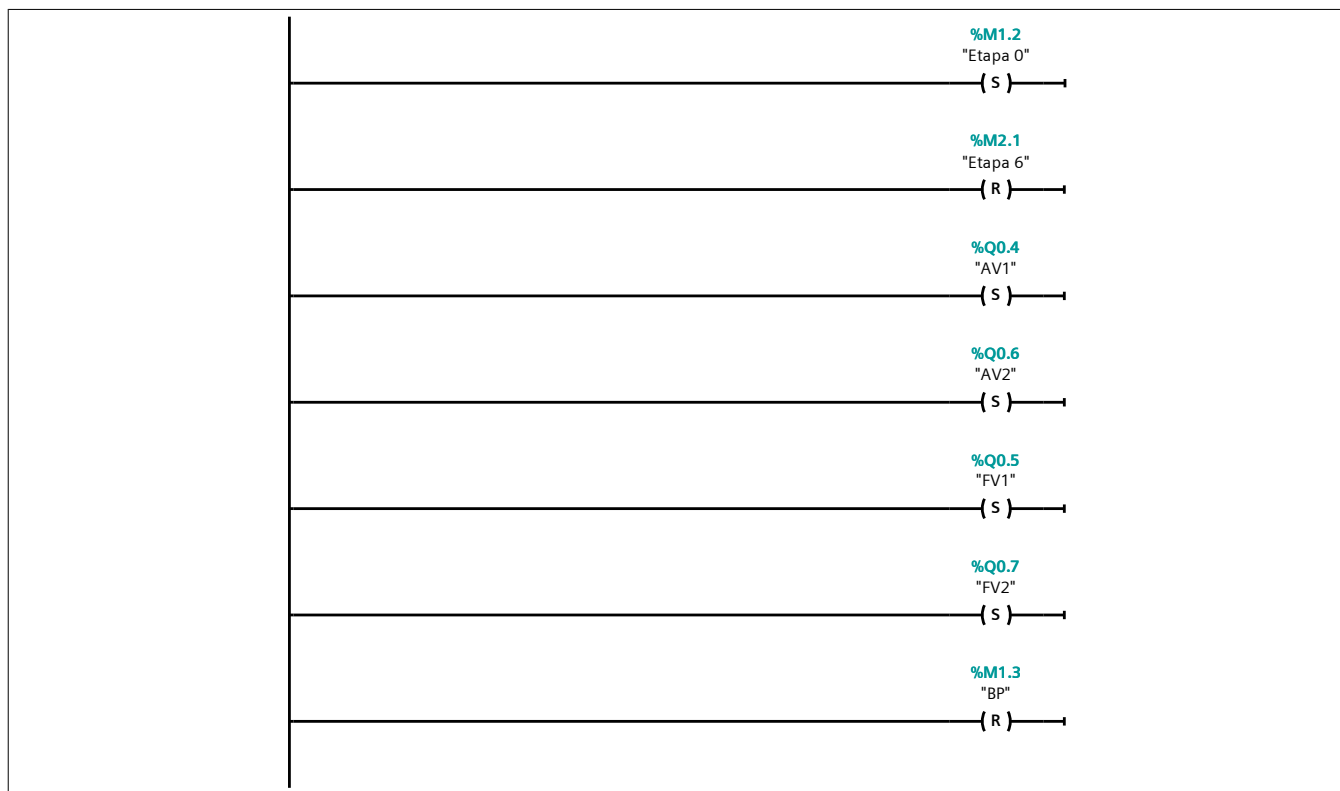
<b>Name</b>	Startup	<b>Number</b>	100	<b>Type</b>	OB
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

<b>Title</b>	"Complete Restart"	<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
LostRetentive	Bool		True if retentive data are lost
LostRTC	Bool		True if date and time are lost
Temp			
Constant			

### Network 1:



## Automático 2 Postos [FC1]

### Automático 2 Postos Properties

#### General

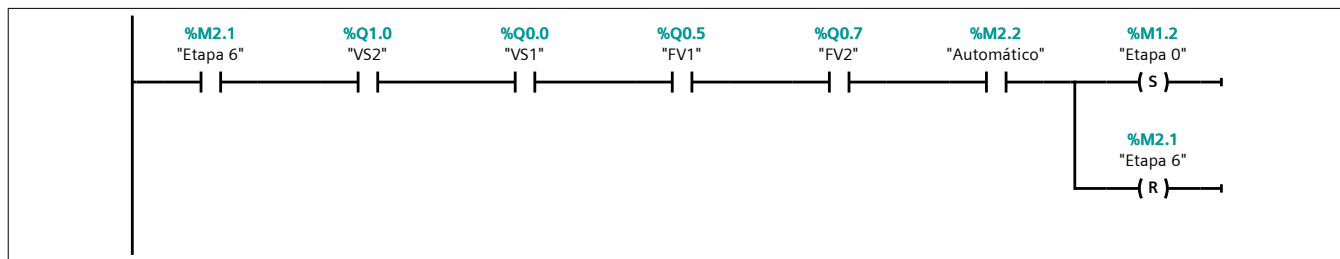
<b>Name</b>	Automático 2 Postos	<b>Number</b>	1	<b>Type</b>	FC
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

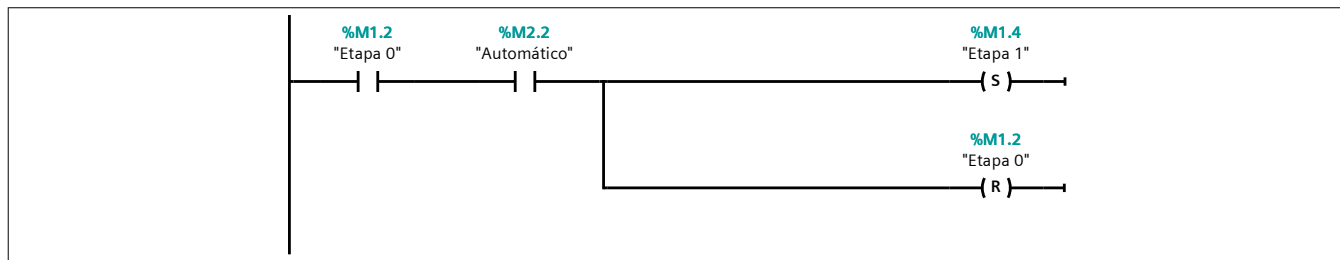
<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Automático 2 Postos	Void		

### Network 1: Ativação Etapa 0

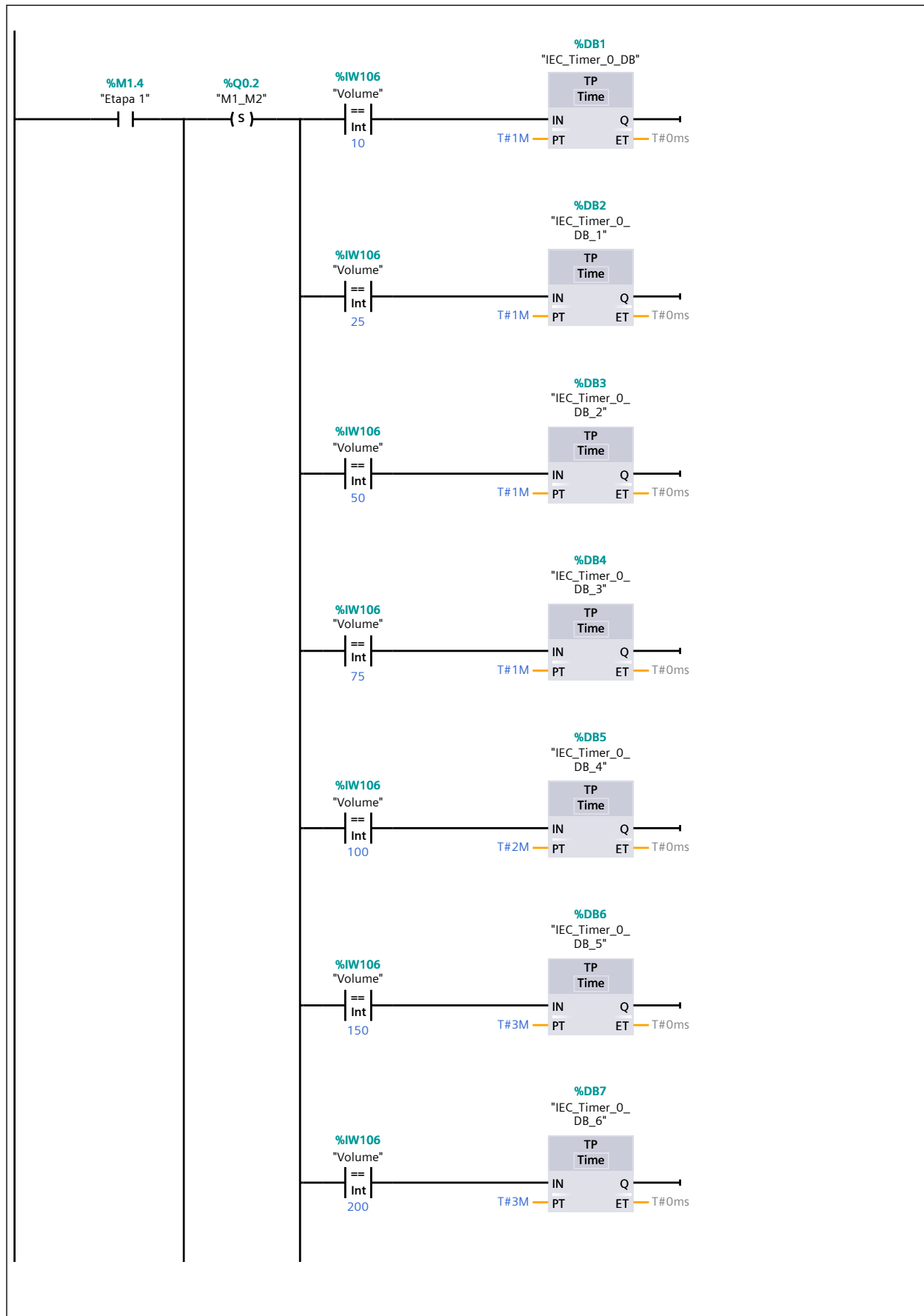


### Network 2: Activação Etapa 1



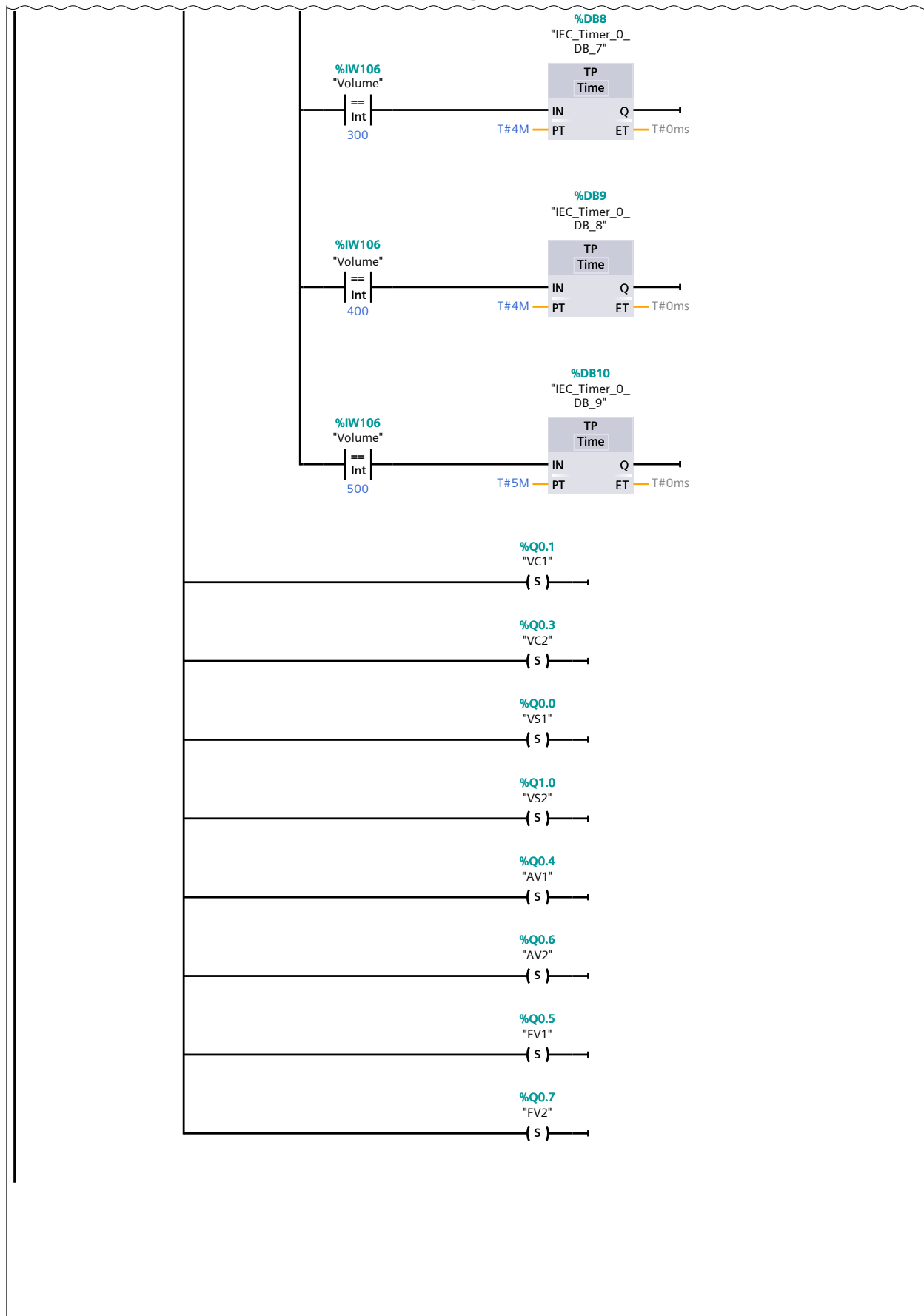
### Network 3: Acções Etapa 1

### Network 3: Acções Etapa 1 (1.1 / 2.1)



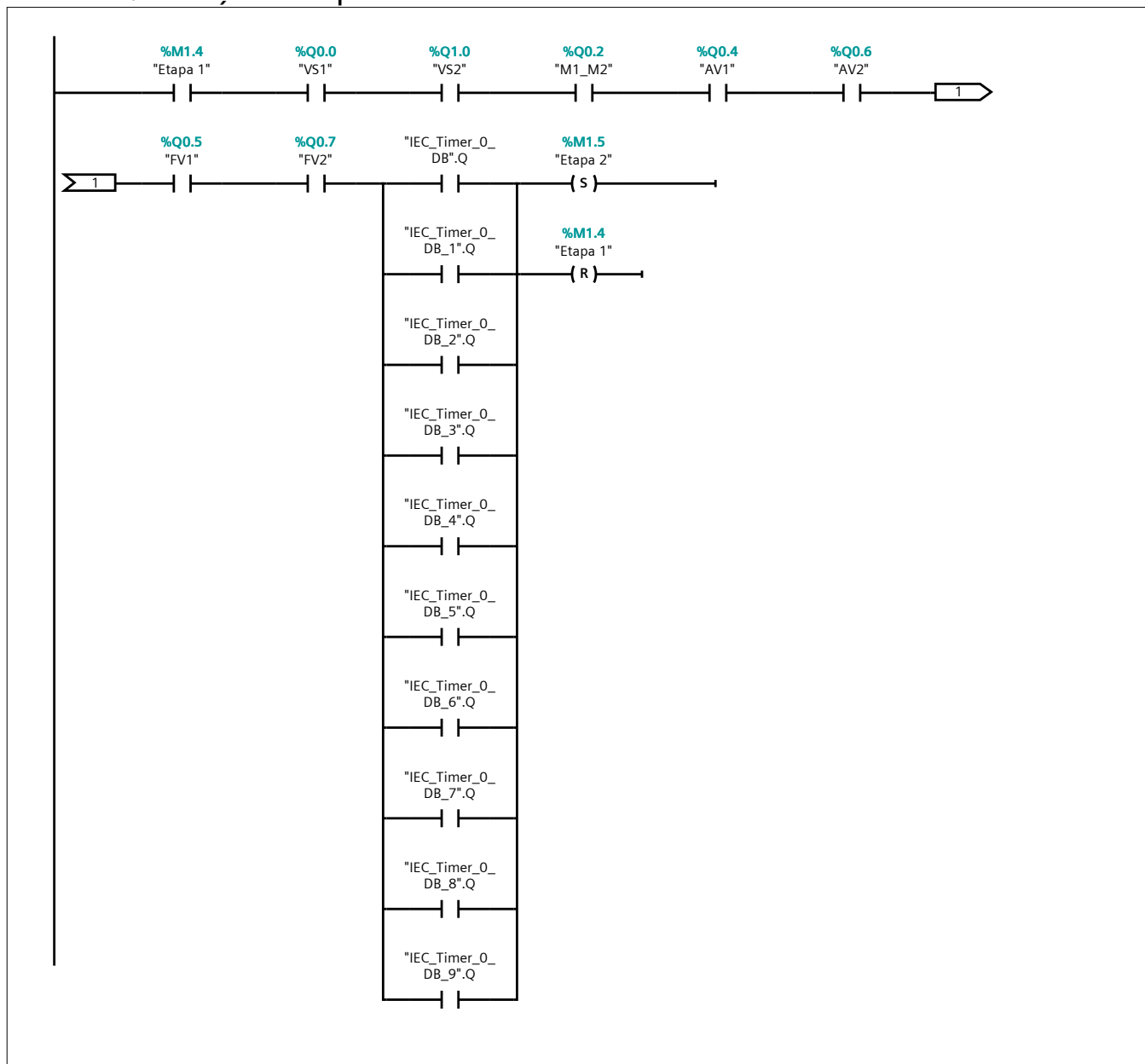
Network 3: Acções Etapa 1 (2.1 / 2.1)

1.1 ( Page3 - 2)

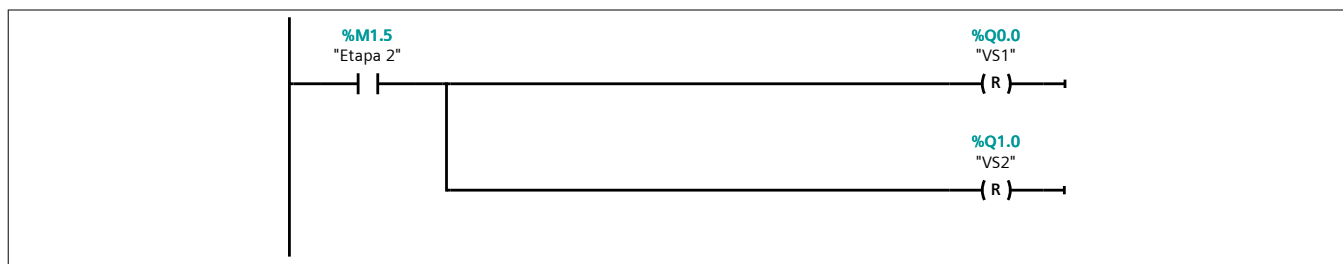


### Network 4: Activação da Etapa 2

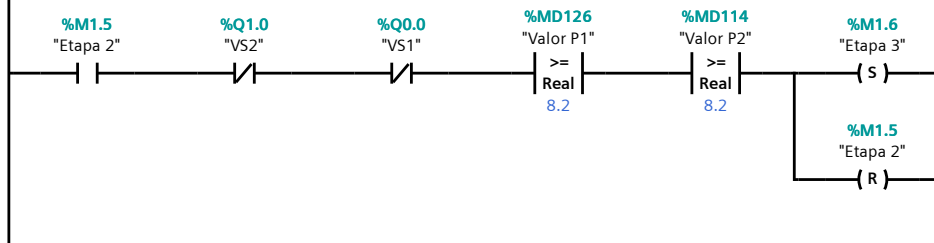
### Network 4: Activação da Etapa 2



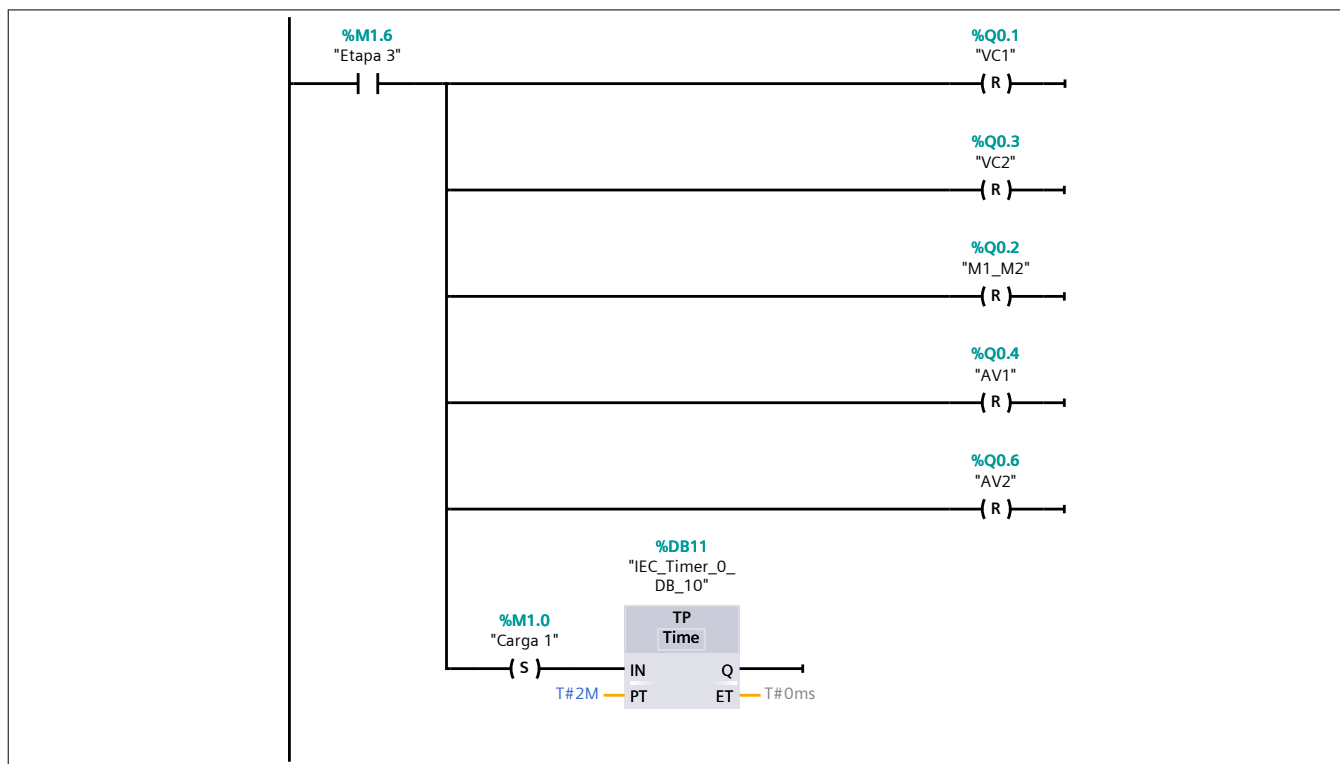
### Network 5: Ações Etapa 2



### Network 6: Activação Etapa 3

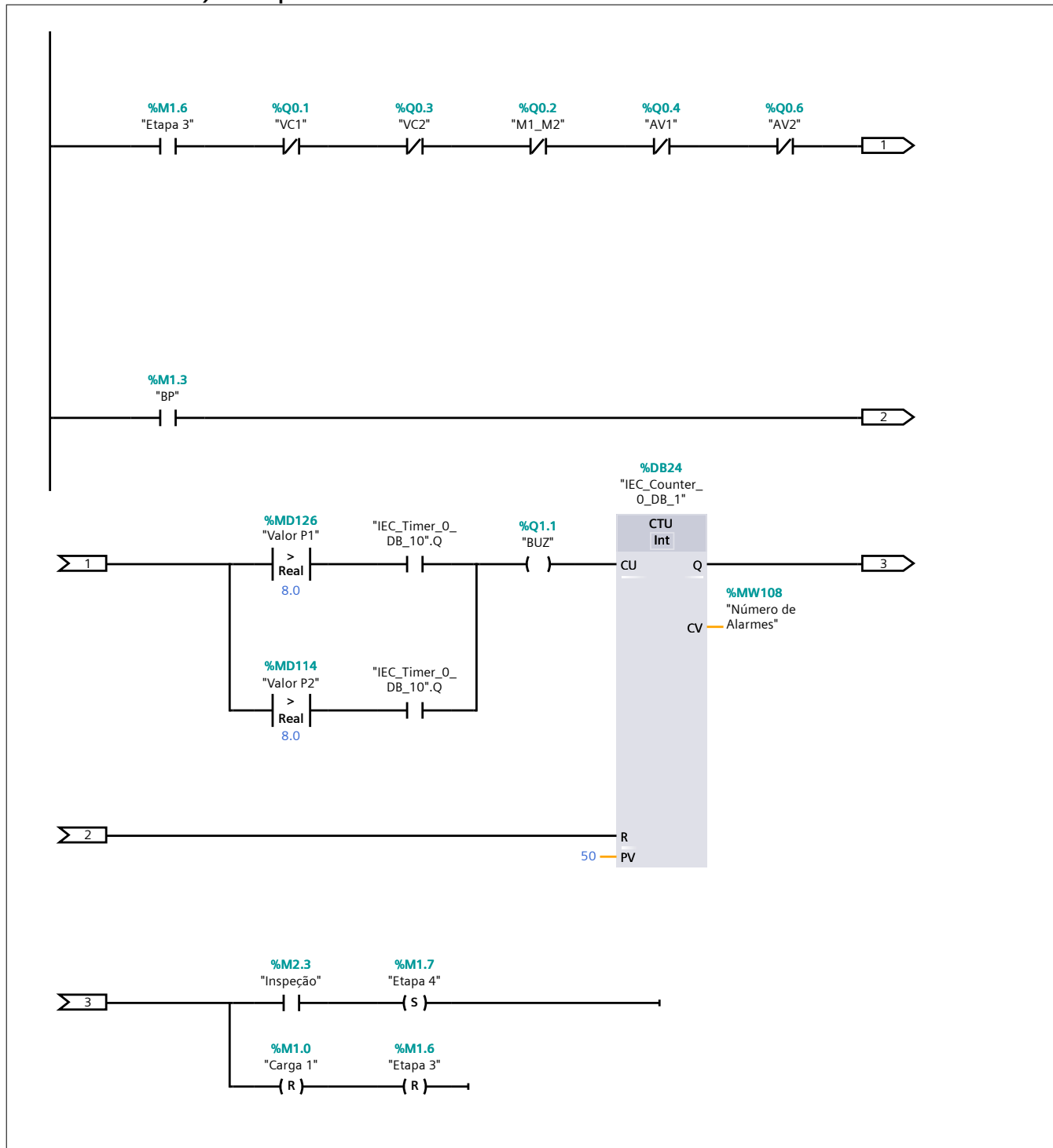


### Network 7: Ações Etapa 3

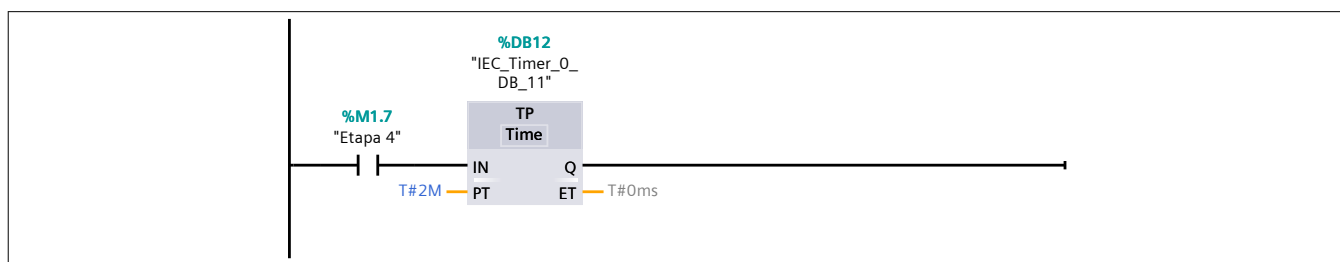


### Network 8: Activação Etapa 4

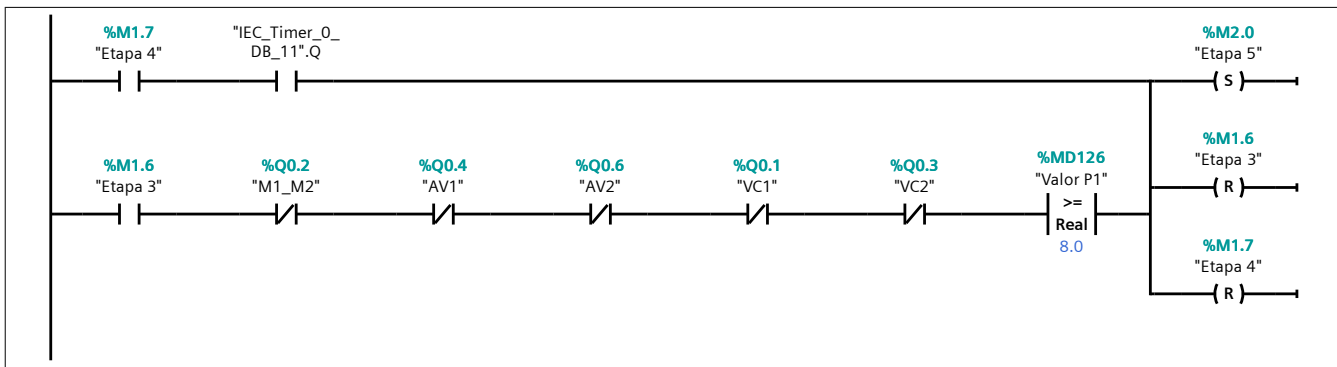
### Network 8: Ativação Etapa 4



### Network 9: Ações Etapa 4

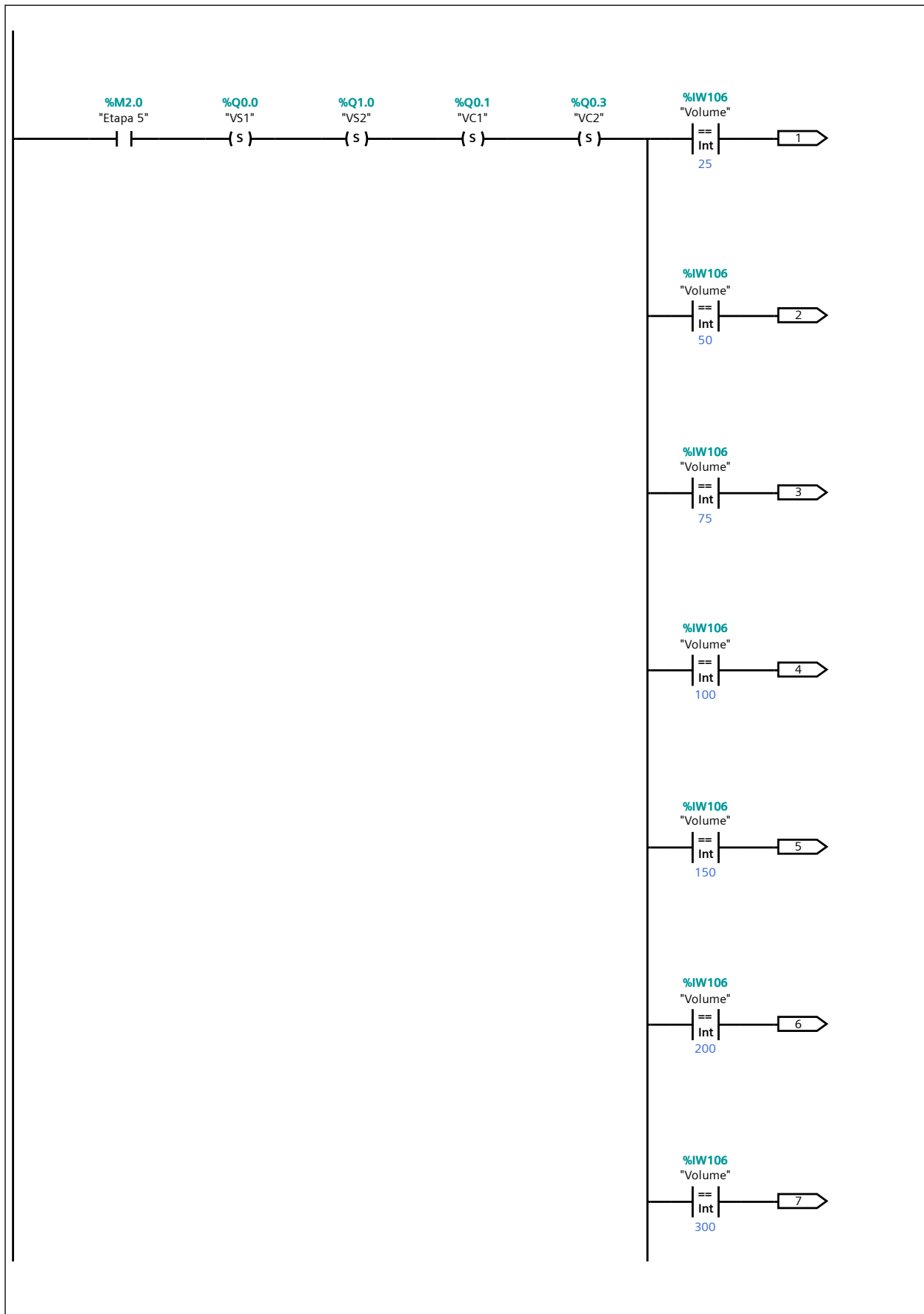


### Network 10: Activação Etapa 5



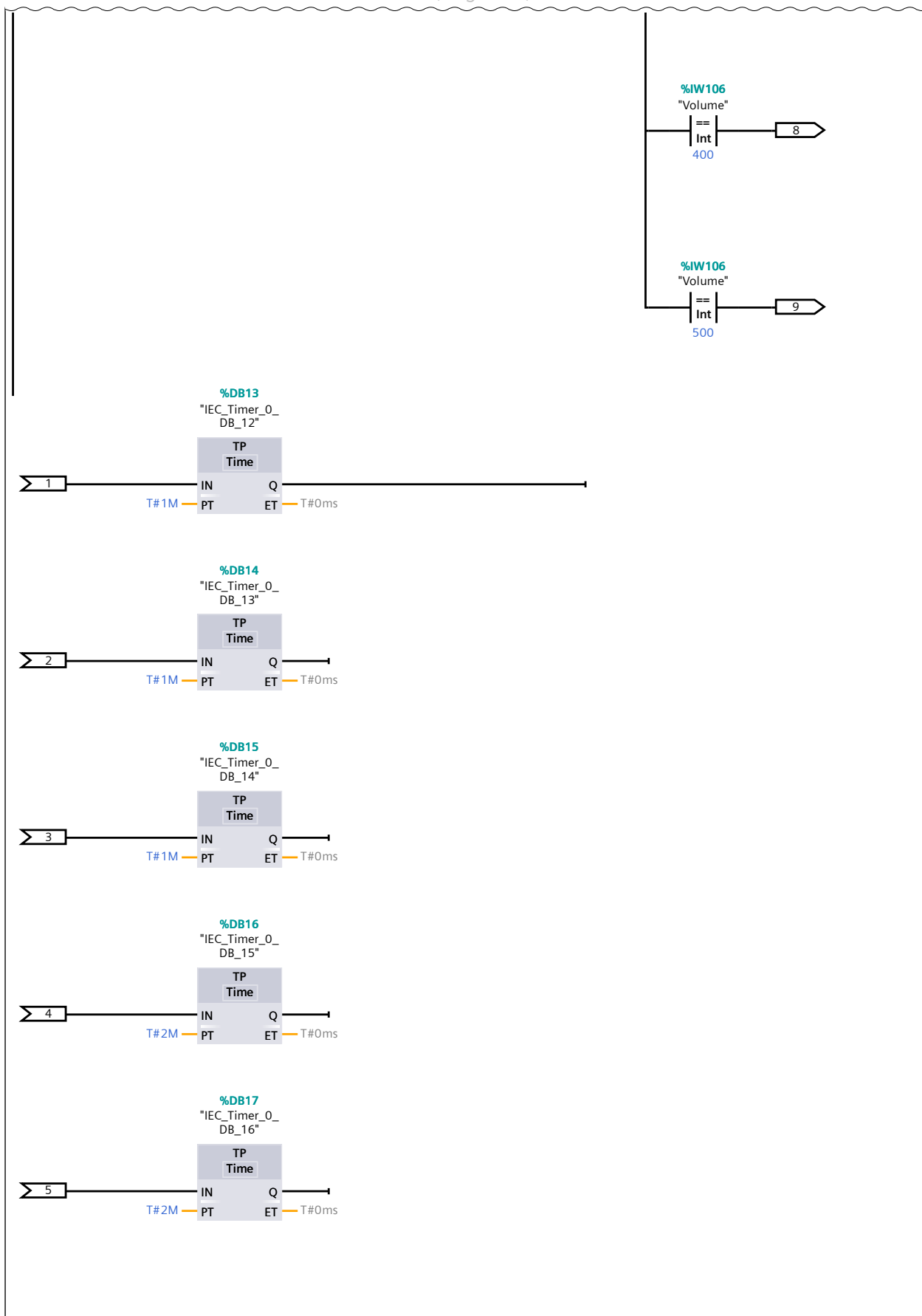
### Network 11: Acções Etapa 5

### Network 11: Acções Etapa 5 (1.1 / 3.1)



### Network 11: Acções Etapa 5 (2.1 / 3.1)

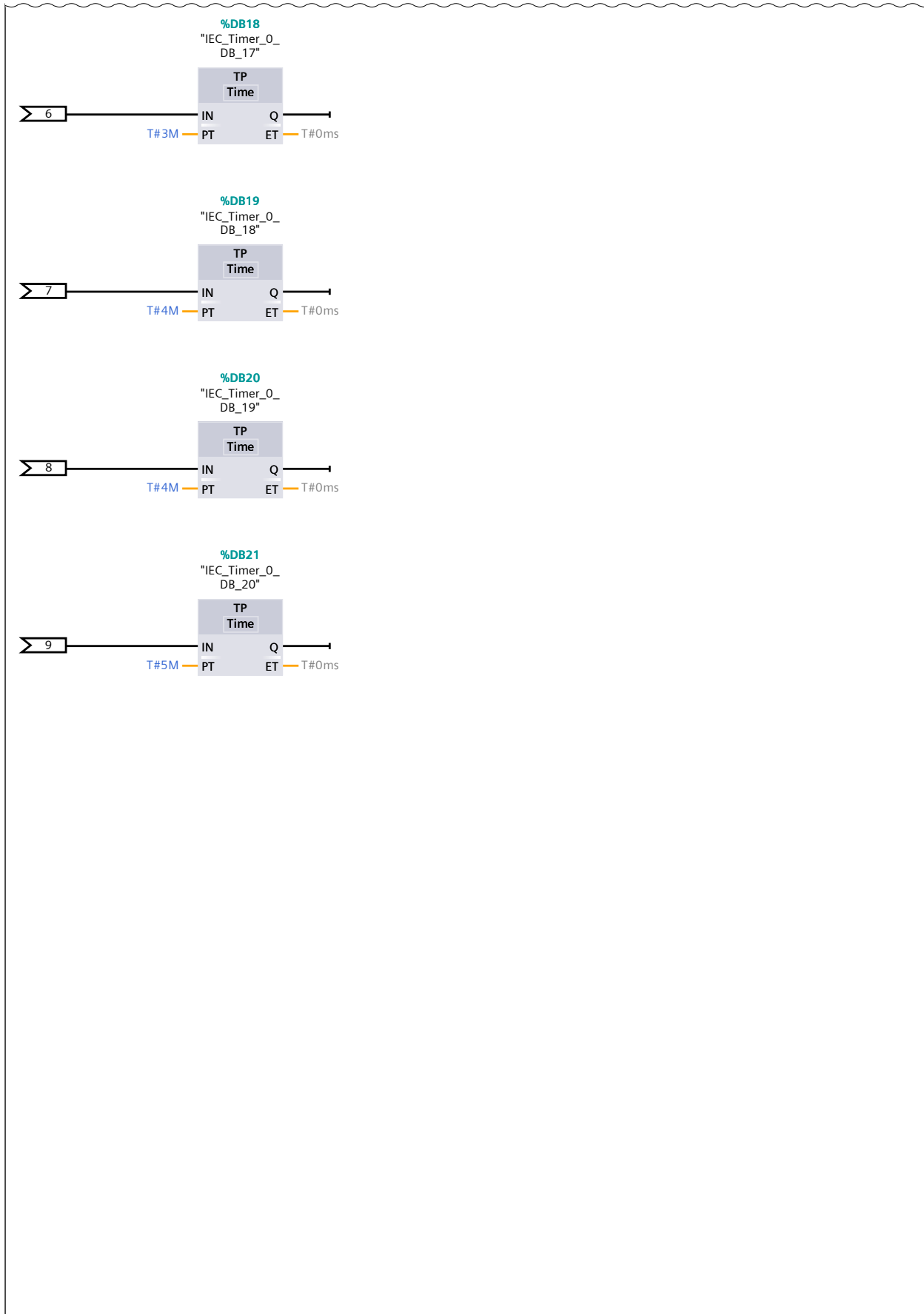
1.1 ( Page3 - 8)



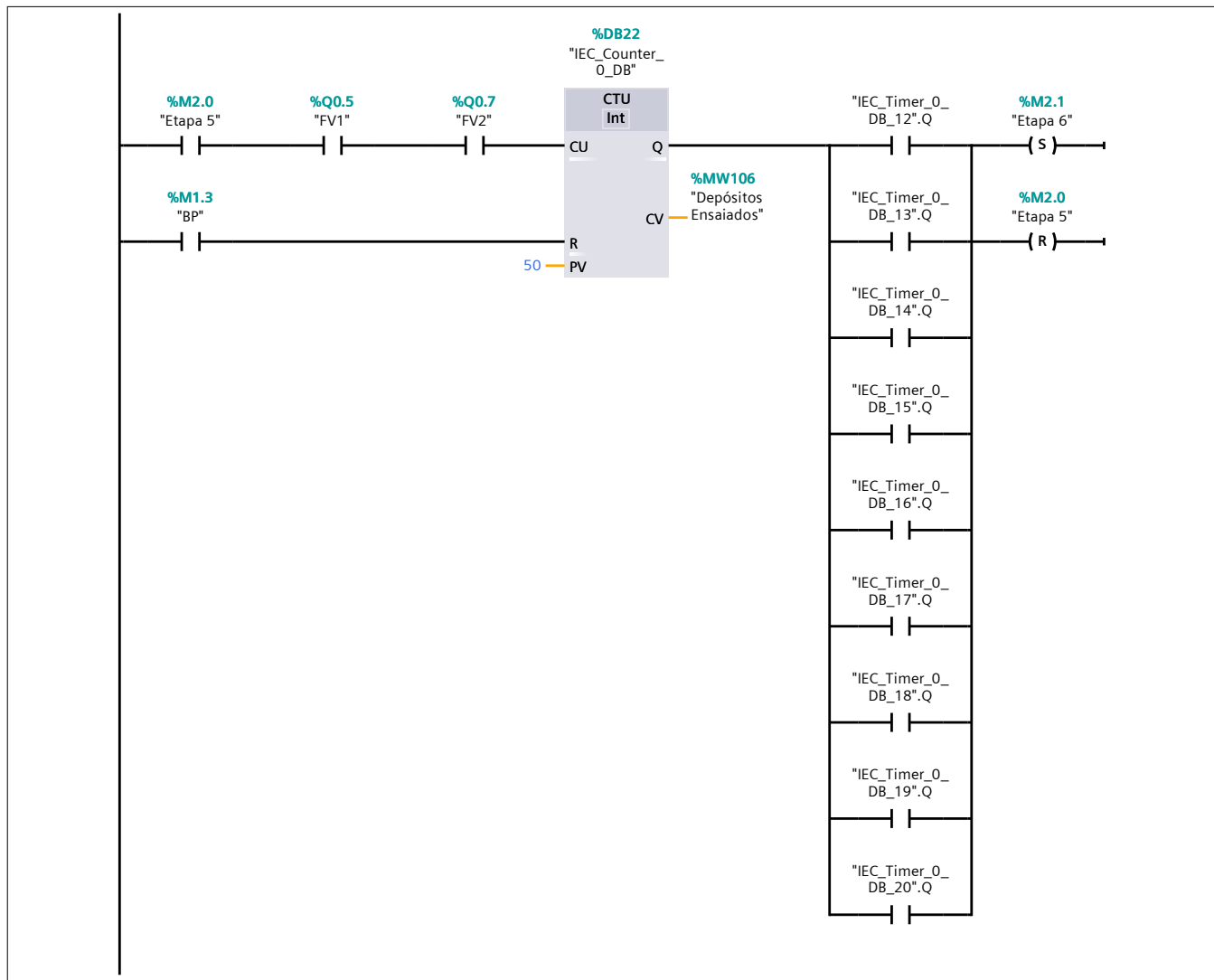
3.1 ( Page3 - 10)

Network 11: Acções Etapa 5 (3.1 / 3.1)

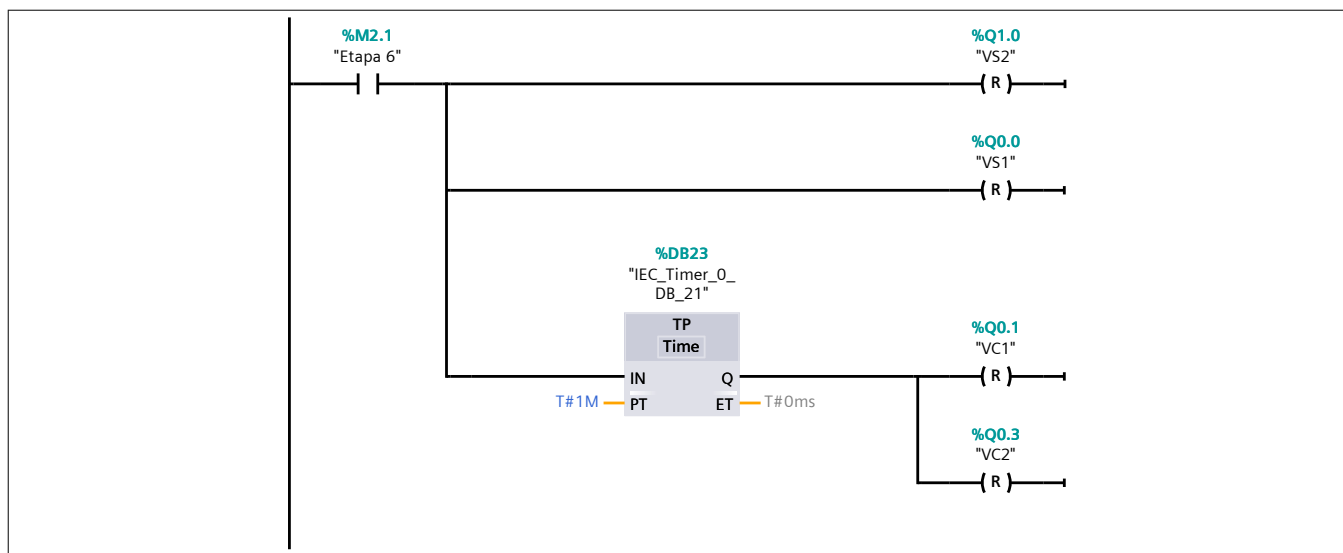
2.1 ( Page3 - 9)



### Network 12: Activação da Etapa 6



### Network 13: Ações da Etapa 6



## Processamento Analógico [FC2]

### Processamento Analógico Properties

#### General

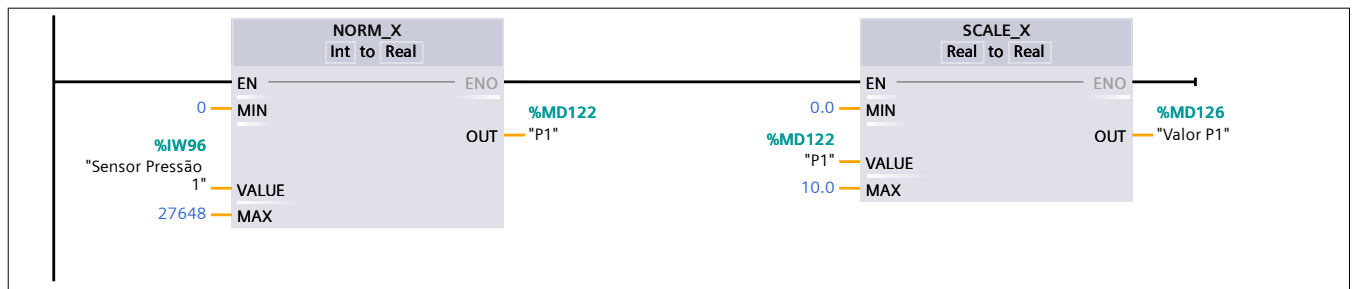
<b>Name</b>	Processamento Analógico	<b>Number</b>	2	<b>Type</b>	FC
<b>Language</b>	LAD	<b>Numbering</b>	Automatic		

#### Information

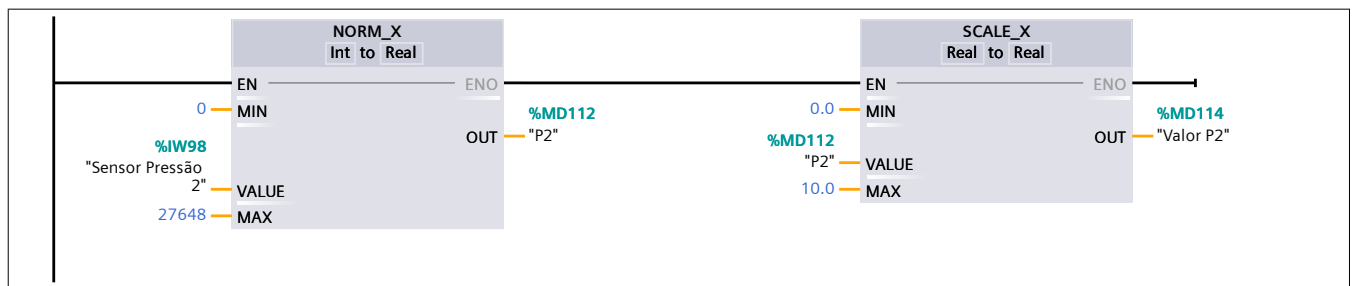
<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>	
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Processamento Analógico	Void		

### Network 1:



### Network 2:



# **Anexo 11 – Sinais de Entrada e Saída**

## Sinais de Entrada e Saída

Etiqueta	Tipo de Sinal	Endereço	Descrição
<b>CPU 1214C DC/DC/DC</b>			
V1 Aberta	Entrada Digital	%I0.0	Válvula 3 Vias Posto 1 Posição Água
V1 Fechada	Entrada Digital	%I0.1	Válvula 3 Vias Posto 1 Posição Ar Comprimido
V2 Aberta	Entrada Digital	%I0.2	Válvula 3 Vias Posto 2 Posição Água
V2 Fechada	Entrada Digital	%I0.3	Válvula 3 Vias Posto 2 Posição Ar Comprimido
V3 Aberta	Entrada Digital	%I0.4	Válvula 3 Vias Posto 3 Posição Água
V3 Fechada	Entrada Digital	%I0.5	Válvula 3 Vias Posto 3 Posição Ar Comprimido
V4 Aberta	Entrada Digital	%I0.6	Válvula 3 Vias Posto 4 Posição Água
V4 Fechada	Entrada Digital	%I0.7	Válvula 3 Vias Posto 4 Posição Ar Comprimido
VS1	Saída Digital	%Q0.0	Válvula Saída Depósito 1
VC1	Saída Digital	%Q0.1	Válvula Controlo Posto 1
M1	Saída Digital	%Q0.2	Sistema de Bombagem 1
VC2	Saída Digital	%Q0.3	Válvula Controlo Posto 2
AV1	Saída Digital	%Q0.4	Abrir Válvula 3 Vias Posto 1 para Água
FV1	Saída Digital	%Q0.5	Fechar Válvula 3 Vias Posto 1 Ar Comprimido
AV2	Saída Digital	%Q0.6	Abrir Válvula 3 Vias Posto2 para Água
FV2	Saída Digital	%Q0.7	Fechar Válvula 3 Vias Posto 2 Ar Comprimido
VS2	Saída Digital	%Q1.0	Válvula Saída Depósito 2
M2	Saída Digital	%Q1.1	Sistema de Bombagem 2

Etiqueta	Tipo de Sinal	Endereço	Descrição
<b>MOD. SM 1222 DC</b>			
AV3	Saída Digital	%Q13.0	Abrir Válvula 3 Vias Posto 3 para Água
FV3	Saída Digital	%Q13.1	Abrir Válvula 3 Vias Posto 3 para Ar
VS3	Saída Digital	%Q13.2	Válvula de Saída Depósito 3
AV4	Saída Digital	%Q13.3	Abrir Válvula 3 Vias Posto 4 para Água
FV4	Saída Digital	%Q13.4	Abrir Válvula 3 Vias Posto 4 para Ar Comprimido
VS4	Saída Digital	%Q13.5	Válvula de Saída Depósito 4
VC3	Saída Digital	%Q13.6	Válvula de Controlo Posto 3
VC4	Saída Digital	%Q13.7	Válvula de Controlo Posto 4
BUZ	Saída Digital	%Q12.0	Alarme
M1_M2	Saída Digital	%Q12.1	Ligar sistema Bombagem comum Posto 1 e 2
M3	Saída Digital	%Q12.2	Sistema de Bombagem 3
M4	Saída Digital	%Q12.3	Sistema de Bombagem 4
M1_M2_M3_M4	Saída Digital	%Q12.4	Ligar sistema Bombagem para ensaio dos quatro acumuladores