



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

AUTOMAÇÃO TÚNEL DE VENTO

Por

Lucas de Souza Silva Entreportes

Brasília, novembro de 2016



**ENGENHARIA
MECATRÔNICA**
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

AUTOMAÇÃO TÚNEL DE VENTO

POR

Lucas de Souza Silva Entreportes

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Banca Examinadora

Prof. Eugênio Fortaleza, UnB/ ENM (Orientador) _____

Prof. Eduardo Stockler Tognetti, UnB/ENE _____

Prof. Paulo Celso dos Reis Gomes, UnB/EPR _____

Brasília, novembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

ENTREPORTES, LUCAS

Automação Túnel de Vento,

[Distrito Federal] 2016.

x, 108p., 297 mm (FT/UnB, Engenheiro, Controle e Automação, 2016). Trabalho de Graduação – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

1. Automação

2. Túnel de vento

3. Sistema Supervisório

4. SCADA

I. Mecatrônica/FT/UnB

II. Controle e Automação

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Entreportes, LSS, (2016). Automação Túnel de Vento. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº 18/2016, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 108p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Lucas de Souza Silva Entreportes.

TÍTULO DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: Automação Túnel de Vento

GRAU: Engenheiro

ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Lucas de Souza Silva Entreportes

SGAN 912 Bloco C apt 2 – Asa Norte.

70790-123 Brasília – DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

*Agradeço, primeiramente, a Deus, pela vida, oportunidades e mais esta conquista.
A minha mãe, Janice, pela força, suporte, conselhos e exemplo por todos estes anos.
A meu pai, Rogério, por sempre me encorajar em meus projetos.
A meu amigo Filipe Barcellos pelo apoio nesse projeto e meus amigos, Renato e André, por
fazer dias difíceis serem alegres.
Agradeço aos meus mestres, em especial, Dr^a Aida Fadel e Dr^o Eugênio Fortaleza por
acreditarem em mim e terem investido seu tempo em me ensinar.*

Lucas de Souza Silva Entreportes

RESUMO

A Automação do Túnel de Vento é um projeto de automação que consiste da obtenção de dados e proteção do sistema com um Controlador Lógico Programável (CLP – S7-1200 SIEMENS) e criação de um sistema supervisório (Indusoft Web Studio), integrando o equipamento aos experimentos realizados. O sistema permite visualizar e analisar os dados, controlar a velocidade do vento, gerar relatórios automáticos, receitas para os experimentos, controlar acesso de usuários e proteger os usuários e o equipamento. O presente trabalho aborda todo o desenvolvimento do projeto, da identificação dos problemas da planta, projeto com levantamento de requisitos, projeto de quadro de automação, programação do CLP, planejamento e desenvolvimento do sistema supervisório, comissionamento e testes. O mesmo foi implementado com sucesso e opera na Universidade de Brasília, campus Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia, Bloco G.

Palavras Chave: Automação; Túnel de vento; Sistema supervisório; SCADA; CLP S7-1200 SIEMENS.

ABSTRACT

The Automation of the Wind Tunnel is an automation project that consists of obtaining data and system protection using a Programmable Logic Controller (PLC – S7-1200 SIEMENS) and creation of supervisory system (Indusoft Web Studio), integrating the equipment to experiments. Allowing viewing and analyzing the data, controlling the speed of the wind, generating automatic reports, recipes for the experiments, controlling user access and protecting users and equipment. This paper addresses the entire development of the project, identification of plant problems, project requirements, automation panel design, PLC programming, planning and development of the supervisory system, commissioning and testing. The same has been successfully implemented and works at the Universidade de Brasília, Darcy Ribeiro campus, Faculdade de Tecnologia, Block G.

Keywords: Automation; Wind Tunnel; Supervisory System; SCADA; CLP S7-1200 SIEMENS

SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA.....	iii
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	iii
CESSÃO DE DIREITOS	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO	v
ABSTRACT.....	v
SUMÁRIO	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. FUNDAMENTOS.....	3
3.1 TÚNEL DE VENTO	3
3.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	4
3.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DO CLP - LADDER	6
3.5 INVERSOR DE FREQUÊNCIA – CFW 09	9
3.6 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....	10
3.6.1. SUPERVISÓRIO – INDUSOFT WEB STUDIO.....	11
3.6.1.1. MODO DESENVOLVIMENTO	11
3.6.1.1.1. Tags (variáveis).....	12
3.6.1.1.2. Botões.....	12
3.6.1.1.3. Texto	13
3.6.1.1.4. Formas.....	14
3.6.1.1.5. Grid	15
3.6.1.1.6. Trend.....	15
3.6.1.2. MODO RUNTIME.....	16
3.7 CONTROLE DA VELOCIDADE DO VENTO	16
4. ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	17
4.1 ESPECIFICAÇÕES DE HARDWARE	18
4.2 ESPECIFICAÇÃO DE SOFTWARE	21
5. RESULTADOS	22
5.1 HARDWARE	23
5.2 SOFTWARE	26
5.2.1 PROGRAMAÇÃO LADDER.....	26
5.2.2 SCADA.....	33
5.2.2.1 ENTENDIMENTO DO PROCESSO ASER AUTOMATIZADO	33
5.2.2.2 TOMADA DE DADOS	33
5.2.2.3 PLANEJAMENTO DO ARMAZENAMENTO DOS DADOS.....	34
5.2.2.4 PLANEJAMENTO DOS ALARMES	35
5.2.2.5 PLANEJAMENTO DA HIERARQUIA DE NAVEGAÇÃO ENTRE TELAS	35
5.2.2.6 DESENHO DE TELAS	36

5.2.2.6.1	Tela Cabeçalho	37
5.2.2.6.2	Tela Rodapé	37
5.2.2.6.3	Tela Inicial	38
5.2.2.6.4	Sinótico.....	38
5.2.2.6.5	Tela Receita	41
5.2.2.6.6	Telas Trends	42
5.2.2.6.7	Tela Relatório	43
5.2.2.6.8	Alarme	45
5.2.2.6.9	Evento	46
5.2.2.6.10	Driver.....	46
5.2.2.6.11	Calibração	47
5.2.2.7	GRÁFICO DE TENDÊNCIAS (TRENDS).....	48
5.2.2.8	PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE SEGURANÇA.....	49
5.2.3	CONTROLE DA VELOCIDADE DO VENTO	49
6.	CONCLUSÃO	53
7.	BIBLIOGRAFIA.....	54
APÊNDICE.....	55
	Apêndice 1 – Projeto quadro de automação	55
	Apêndice 2 – Programação do Controlador S7-1200 SIEMENS	55
ANEXOS	58
	Anexo 1 – Datasheet Túnel de Vento	58
	Anexo 2 – Datasheet CPU S7-1200 1212C DC/DC/DC.....	58
	Anexo 3 – Datasheet Módulo de Entrada Analógica –SM1231 AI x13BIT.....	58
	Anexo 4 – Datasheet Módulo de Saída Analógica - SB 1232 AQ 1x12 BIT.....	58
	Anexo 5 – Datasheet Fonte – PM 1207	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1– Túnel de vento.	1
Figura 3.1 – Setores do túnel de vento	3
Figura 3.2 - CLP SIEMENS linha S7-1200.	5
Figura 3.3– CLP ROCKWELL AUTOMATION linha ControlLogix.	5
Figura 3.4 - Modo Startup em azul e Modo Run em verde (ciclo de scan).	6
Figura 3.5– Circuito em ladder equivalente a lógica Sim	7
Figura 3.6– Circuito em ladder equivalente a lógica Não	7
Figura 3.7– Circuito em ladder equivalente a lógica E	8
Figura 3.8– Circuito em ladder equivalente a lógica OU	8
Figura 3.9 – bloco do timer TON	8
Figura 3.10– Inversor de frequência CFW09	9
Figura 3.11 – Interface Homem Máquina (IHM)	10
Figura 3.12 – área de trabalho do supervisório Indusoft	12
Figura 3.13 - propriedades do objeto botão	13
Figura 3.14- propriedades do objeto texto	14
Figura 3.15- Linkando texto com tag	14
Figura 3.16- Campo Animações	15
Figura 3.17- objeto Grid	15
Figura 3.18- objeto Trend	16
Figura 3.19 – Função de transferência	17
Figura 4.1– Controlador Programável S7-1200 CPU 1212C DC/DC/DC	20
Figura 4.2 – Módulo de saída analógica SB1232 AQ	20
Figura 4.3 – Módulo de entradas analógicas SM1231 AI	20
Figura 4.4 – Fonte PM 1207	21
Figura 4.5– Tela inicial TIA (Totally Integrated Automation Portal) v13.	22
Figura 5.1 - Diagrama de Rede	23
Figura 5.2 - Quadro de automação montado	24
Figura 5.3 - Sensor de porta instalado	25
Figura 5.4 - Botoeira de emergência instalada	25
Figura 5.5 - Planta com a estação de trabalho	26
Figura 5.6 - Network 1, desligar motor	27
Figura 5.7 - Network 2, ativação modo manual	27
Figura 5.8 - Network 3, ativação modo automático	27
Figura 5.9 – Network 4, botão Desligado acionado	28
Figura 5.10 – Network 5, desabilitando temporizadores	28
Figura 5.11 – Network 6, ligando motor ventilador	28
Figura 5.12 - Network 7, entradas advindas do inversor	29

<i>Figura 5.13 - Network 8, conversão vetor de inteiro para vetor de time</i>	29
<i>Figura 5.14 – Network 9, temporizador para proteção no modo manual</i>	30
<i>Figura 5.15 - Network 10, temporizadores em cascata</i>	30
<i>Figura 5.16 - Network 12, conversão e atribuição das velocidades à variável "float_Velocidade" no modo automático</i>	31
<i>Figura 5.17 - Network 11, reset dos temporizadores do modo automático</i>	31
<i>Figura 5.18 - Network 13, conversão da velocidade do tipo inteiro para real no modo manual</i>	32
<i>Figura 5.19 - Network 14, transformação da referência de velocidade para inteiro a ser enviado para o inversor</i>	32
<i>Figura 5.20 - Network 15, movendo velocidade para saída analógica</i>	32
<i>Figura 5.21 - zerando saída analógica em casos de parada</i>	33
<i>Figura 5.22 – Hierarquia das telas</i>	36
<i>Figura 5.23– tela Cabeçalho</i>	37
<i>Figura 5.24- tela Rodapé</i>	37
<i>Figura 5.25 – tela inicial</i>	38
<i>Figura 5.26– tela Sinótico com o seletor em manual.</i>	38
<i>Figura 5.27– tela Sinótico com o seletor em automático.</i>	39
<i>Figura 5.28– tela, tipo popup, informações do equipamento.</i>	40
<i>Figura 5.29 – limites de velocidade na entrada de dados.</i>	40
<i>Figura 5.30– tela Receita.</i>	41
<i>Figura 5.31– tela Trend.</i>	42
<i>Figura 5.32– telas trend do tipo popup.</i>	43
<i>Figura 5.33 – tela Relatório.</i>	43
<i>Figura 5.34 – tela Alarme.</i>	45
<i>Figura 5.35 – tela Evento.</i>	46
<i>Figura 5.36 – tela Driver.</i>	46
<i>Figura 5.37 – tela Calibração.</i>	47
<i>Figura 5.38 – Controle de entrada nos parâmetros de calibração</i>	48
<i>Figura 5.39 – Script que calcula Alfas e Betas.</i>	50
<i>Figura 5.40 – Resultado do controle de malha aberta</i>	51
<i>Figura 5.41- Velocidade do vento com referência de 12m/s.</i>	51
<i>Figura 5.42- Velocidade do vento com referência de 10m/s.</i>	52
<i>Figura 5.43 - Velocidade do vento com referência de 9m/s.</i>	52
<i>Figura 5.44- Velocidade do vento com referência de 8m/s.</i>	53
<i>Figura 5.45- Velocidade do vento com referência de 13m/s.</i>	53

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1- Contatos e bobinas no ladder (Contato Aberto e Fechado, Bobina, Set e Reset).....</i>	<i>6</i>
<i>Tabela 4.1- Requisitos do projeto.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 4.2– Especificação de Hardware</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 5.1 - Dados de entrada – monitoradas continuamente</i>	<i>34</i>

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se à automação do Túnel de Vento da Universidade de Brasília, UnB, localizado no bloco G da Faculdade de Tecnologia, no intuito de trazer resultados mais eficazes, rápidos e preservar pela segurança dos usuários e do equipamento.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Túnel de Vento de circuito aberto modelo AA-TVSH50 (Figura 1.1– Túnel de vento), produzido e distribuído pela AeroAlcool, é um túnel de vento subsônico com baixo nível de turbulência e boa estabilidade de fluxo. Túneis como este são utilizados para testes de performance aerodinâmica de equipamentos e modelos como turbinas, geradores eólicos, aerofólios, aeronaves e testes aerodinâmicos de diversas outras estruturas (AEROALCOOL, 2015).

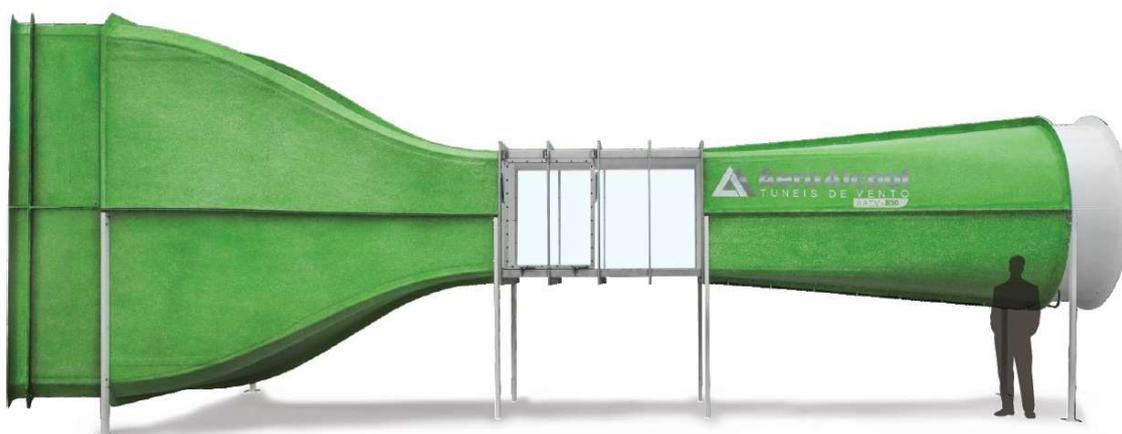


Figura 1.1– Túnel de vento.

Atualmente, o túnel é utilizado por professores e alunos de doutorado e mestrado da Universidade de Brasília para fazer testes aerodinâmicos de equipamentos de suas respectivas pesquisas. Os usuários relataram algumas dificuldades ao fazer seus ensaios. No sistema não tinha nenhuma instrumentação instalada, alguns sensores eram conectados a um microcontrolador voltado para prototipagem que não tinha robustez o suficiente e gerava várias falhas, o que despendia tempo e energia ao terem que sempre fazer ajustes e comissionamento no sistema. No decorrer do experimento, tinham que correr de um lado para o outro do laboratório para mudar a referência de velocidade (mudada pela Interface Homem Máquina – IHM – do inversor da Weg - CFW 09) para alcançar a velocidade do vento desejada e que não ultrapassasse os limites do motor, correndo-se o risco de danificá-lo. Não havia nenhum dispositivo de segurança e de fácil acesso que pudesse parar a máquina e, principalmente, faltava integração entre os comandos e visualização de dados entre o túnel e

o experimento, exigindo a abertura de diversos softwares e impossibilidade de acompanhar de maneira fácil e rápida tudo que estava acontecendo no sistema.

Esses problemas provocavam lentidão na obtenção de resultados e também a necessidade de mais de uma pessoa para operá-lo, em que uma ficava observando os dados em um computador conectado a um microcontrolador, e a outra, mudando a referência de velocidade no inversor. Foi identificada falta de segurança, pois não havia nenhum critério de parada de emergência caso houvesse algum problema na estrutura do túnel ou algum meio fácil em que qualquer pessoa pudesse desligar o sistema de maneira rápida e fácil. Falta de integração, ou seja, exigia a abertura de diversos softwares e impossibilidade de acompanhar de maneira fácil e rápida tudo que estava acontecendo no processo como um todo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer a automação do Túnel de Vento atendendo as demandas dos usuários, trazendo mais comodidade, agilidade e segurança.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o *feedback* dos usuários do túnel e aditivos que foram considerados importantes para agregar valor ao equipamento e facilitar a utilização do equipamento foram definidos os seguintes objetivos na automação do Túnel de Vento:

1. Integrar o Túnel de Vento com os experimentos, a partir de um sistema supervisório que supervisione as informações do túnel e dos experimentos;
2. Automatizar a seleção de velocidade, criando, salvando e carregando receitas com referências de velocidades;
3. Implementar lógicas de segurança e parada de emergência, intertravamentos e instalação de botoeira de emergência e sensores;
4. Criar relatórios automáticos;
5. Criar telas gráficas *user-friendly* que gerencie e monitorem todo o sistema;
6. Controlar o acesso de usuários por níveis de segurança e;
7. Controlar a velocidade do vento.

3. FUNDAMENTOS

Os fundamentos do projeto serão divididos em tópicos para dar uma visão de cada componente integrante da planta e da solução.

3.1 TÚNEL DE VENTO

O Túnel de Vento modelo AA-TVSH50 possui as seguintes características técnicas (AEROALCOOL, 2015):

- Dimensões: 3 x 3 x 10,3 m;
- Dimensões câmara de ensaio: 2 x 1,2 x 1,2 m;
- Velocidade do ar: 0 a 19,5 m/s;
- Difusor 1,85:1;
- Corretor com duas telas uniformizadoras e colmeia;
- Motor ventilador: 12,5 HP, e 1,84m de diâmetro;
- Rotação máxima do ventilador: 1360 RPM;
- Hélice: 12 pás passo ajustável;
- Alimentação: 220 VAC;
- Peso: 1150 kg;
- Cor: Verde.

E é composto por Bocal de Entrada, Contração, Câmara de Testes, Difusor e Seção da Hélice (ver Figura 3.1).



Figura 3.1 – Setores do túnel de vento

O bocal de entrada é o primeiro lugar onde passa o ar no túnel de vento, possuindo uma colmeia com duas telas cujo objetivo é direcionar, diminuir a turbulência e filtrar o escoamento do ar. O sistema de contração diminui a área transversal do escoamento do fluido acelerando o escoamento e mantendo-o laminar. A câmara de testes - dimensões 2m x 1,2m

x 1,2m, com quinas chanfradas em 45° com revestimento em acrílico nas laterais, para facilitar a visualização do ensaio, e de madeira nas partes superior e inferior, com posicionamentos ajustáveis - é o local onde se coloca os equipamentos e/ou modelos para testes. Já o difusor tem como objetivo recuperar a pressão, diminuindo a carga na hélice, localizada na seção da hélice, onde ficam as pás (que podem ser ajustadas) e o motor, este ligado ao inversor, que controla a rotação e conseqüentemente a velocidade do ar na câmara de ensaio.

3.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Segundo a *National Electrical Manufacture Association* (NEMA), o Controlador Lógico Programável (CLP, ou, em inglês, *Programmable Logic Controller* - PLC) é:

” um equipamento de lógica digital que, operando eletronicamente, usa memória programável para armazenamento interno das instruções de implementação específica, como: lógica sequencial, lógica combinatória, temporização, contagem, operações aritméticas, algoritmos PID para controle de máquinas e processos industriais com vários módulos de entradas e saídas digitais e analógicas”

(NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURE ASSOCIATION, 2013)

O CLP surgiu em detrimento das dificuldades das mudanças de lógicas nos painéis de comando da General Motors; liderado por Richard Morley, desenvolveu-se um equipamento versátil e de fácil implementação e manutenção, que não se restringiu às automobilísticas, mas vem invadindo todas as indústrias atendendo as necessidades de muitos usuários.

Ele é, também, um equipamento de tempo real no sentido de, dadas suas entradas e saídas, garantir o resultado correto dentro do seu tempo de *scan* (tempo que o CLP recebe as entradas, faz as operações programadas e atualiza as saídas), permitindo controle em malha fechada. É largamente utilizado na indústria em diversos processos de controle e automação, dos mais simples aos complexos. Possuindo diversas vantagens, como diz Bernardo Filho em seu curso de Controladores Lógicos Programáveis, entre eles:

- Menor espaço;
- Menor consumo de energia elétrica;
- Reutilizáveis;
- Programáveis;
- Maior confiabilidade;
- Maior flexibilidade;

- Maior rapidez na elaboração dos projetos;
- Interfaces de comunicação com outros CLPs e computadores.



Figura 3.2 - CLP SIEMENS linha S7-1200.



Figura 3.3– CLP ROCKWELL AUTOMATION linha ControlLogix.

O CLP será responsável por receber e processar os sinais analógicos e digitais do sistema como sensores, botoeiras, fins de curso, etc., comandar saídas digitais e analógicas e comunicar com o supervisório via *Ethernet* utilizando um dos diversos protocolos de comunicação (no caso deste sistema, da SIEMENS, *Profinet* que será abordado mais à frente).

Ele possui três modos de operação: STOP, START UP e RUN. O modo STOP não executa nenhuma programação e é o momento em que se pode fazer o *download* do projeto. O modo START UP executa a lógica de início (se programada), onde geralmente colocam os valores iniciais das variáveis e operações que necessitam rodar uma única vez na inicialização do sistema. No modo RUN, o *ciclo de scan* é executado em um loop infinito que, como pode ser visto no diagrama da Figura 3.4, é composto das seguintes etapas: primeiramente, as saídas (*Analogic Output* ou *Digital Output*) são atualizadas por valores dos respectivos espaços de memória; logo depois, atualiza-se o estado das entradas (*Analogic Input* ou *Digital Input*), em seguida, a lógica escrita pelo usuário é executada e, por último, testes de diagnósticos são realizados e repetindo-se o ciclo.

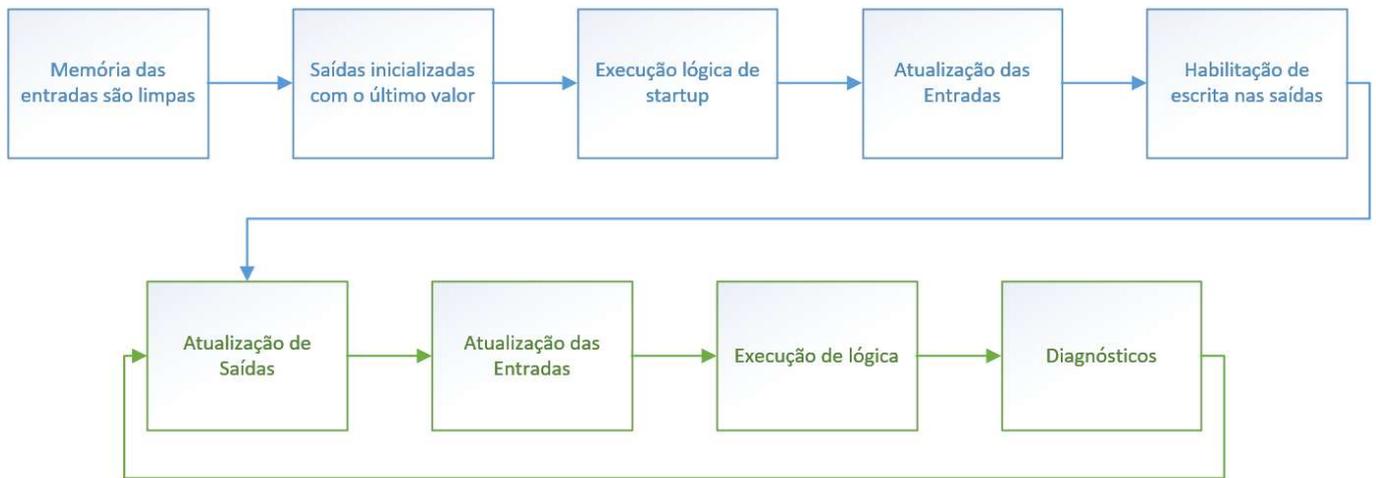


Figura 3.4 - Modo Startup em azul e Modo Run em verde (ciclo de scan).

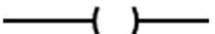
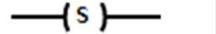
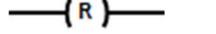
3.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DO CLP - LADDER

O CLP possui diversas linguagens de programação, entre elas, texto estruturado, SFC (*Sequential Flow Chart*), FBD (*Function Block Diagram*) e a mais antiga e mais utilizada, a linguagem *ladder*, a primeira a ser criada e sua base provém da lógica relé que era a tecnologia utilizada antes da criação do CLP.

O CLP e a linguagem *ladder* vieram revolucionando a indústria, substituindo enormes painéis elétricos (que necessitavam de muita manutenção e montagem demorada e custosa) por pequenos equipamentos (CLP), onde sua lógica poderia ser criada em horas ou até mesmo minutos e mudadas rapidamente, o que aumentou a flexibilidade do chão de fábrica, tanto em quantidade, quanto em variedade de produção.

O *ladder* foi um grande facilitador da entrada do CLP no mercado pois os técnicos que eram responsáveis pela criação e manutenção dos antigos painéis puderam se adaptar rapidamente à linguagem, pois seguia a mesma lógica e simbologia dos projetos que eram feitos no passado, assemelhando-se com a lógica relé a que estavam acostumados.

Tabela 3.1- Contatos e bobinas no *ladder* (Contato Aberto e Fechado, Bobina, Set e Reset)

CONTATO NORMALMENTE ABERTO	CONTATO NORMALMENTE FECHADO	BOBINA	SET	RESET
%M0.1 *Contato_Aberto* 	%M0.2 *Contato_Fechado* 	%M0.3 *Bobina* 	%M0.4 *Set* 	%M0.5 *Reset* 

Os contatos são como os contatos das contadoras que podem ser normalmente aberto ou fechado e o a bobina do *ladder* a mesma função da bobina da contadora. As funções *Set* e *Reset* são funções que tem embutidas um selo, ou seja, caso sejam acionadas elas mantêm o estado em nível alto (*Set*) ou em nível baixo (*Reset*).

Será visto, a seguir, alguns circuitos lógicos na linguagem *ladder* (NAKAGAWA, 2009).

1- Lógica SIM

Quando a entrada é verdadeira (1, ou 24V), a bobina com endereço de memória é verdadeiro.



Figura 3.5– Circuito em *ladder* equivalente a lógica Sim

2-Lógica NÃO

Quando a entrada é verdadeira (1, ou 24V), a bobina com endereço de memória é falsa.

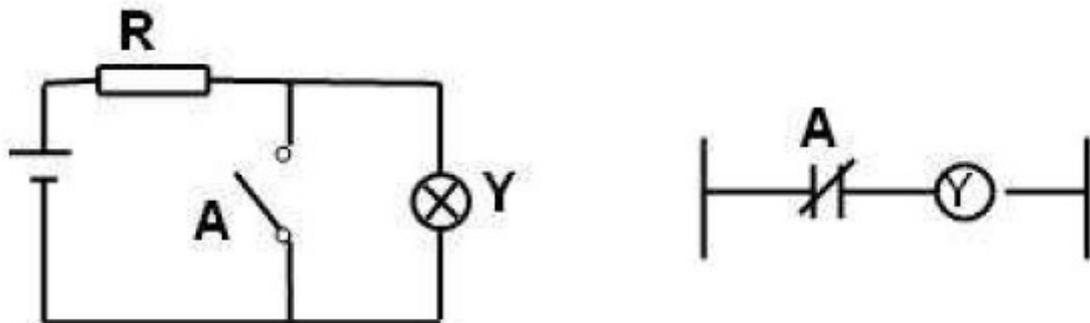


Figura 3.6– Circuito em *ladder* equivalente a lógica Não

3-Lógica E

Quando a entrada 1 e a entrada 2 são verdadeiras (1, ou fisicamente 24V), a bobina com endereço de memória é verdadeira.

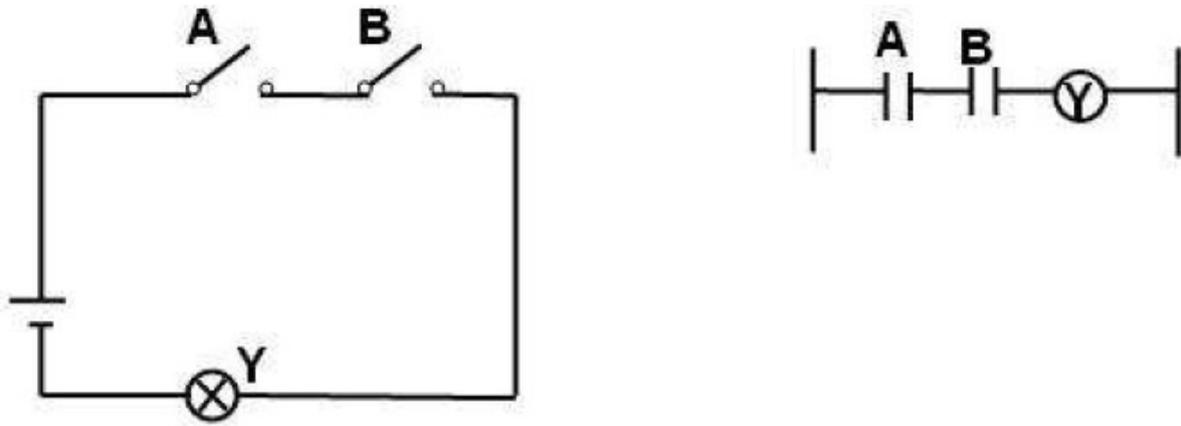


Figura 3.7– Circuito em *ladder* equivalente a lógica E

4 - Lógica OU

Quando a entrada 1 ou 2 são verdadeiras (1, ou fisicamente 24V), a bobina com o endereço de memória é verdadeira.

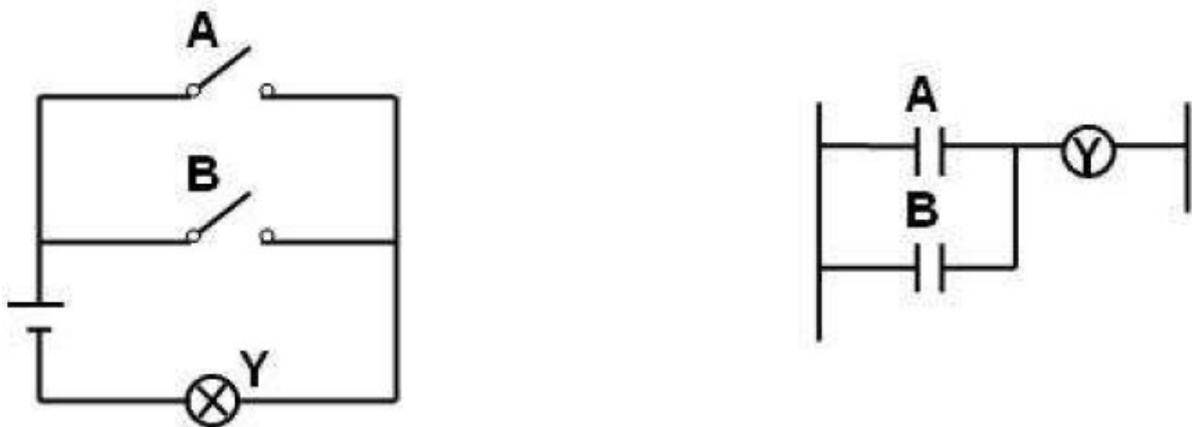


Figura 3.8– Circuito em *ladder* equivalente a lógica OU

5- Temporizador TON

Os temporizadores do tipo TON (*Timer On Delay*) funcionam como a bobina, porém com retardo no tempo de comando, ou seja, após ser ativado, espera a quantidade de milissegundos especificada, para mudar a saída da função.

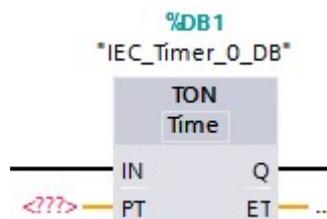


Figura 3.9 – bloco do *timer* TON

3.5 INVERSOR DE FREQUÊNCIA – CFW 09

O inversor de frequência é um equipamento largamente utilizado na indústria e tem como função principal controlar a rotação de motores. Ele faz modulação de frequência da rede elétrica alterando a rotação do motor.

Possui importantes funções: não se restringindo ao controle de velocidade, mas, possui diversas malhas que controlam a rampa de velocidade (tanto na aceleração quanto no freio), corrente do motor, torque, paradas de emergência, entre outros, permitindo, assim, uma maior eficiência energética e proteção do equipamento.

E para que todas as funções estejam conforme programadas é necessário que seja corretamente parametrizado, com informações sobre o motor utilizado, modos de operação desejados, variáveis a serem controladas (torque, velocidade, corrente), limites de velocidade (como a zona morta) e diversas informações necessárias para que o equipamento opere corretamente.

Neste trabalho, será utilizado o inversor da WEG, o CFW 09 versão 2.6, que possui uma placa de controle com entradas e saídas analógicas e digitais. As mesmas podem ser utilizadas como referência de parâmetros, como velocidade de referência, parada do motor, frenagem, sentido de giro, entre outros. Também possui uma Interface Homem Máquina (IHM) que está instalada na porta do painel elétrico do Túnel de Vento.



Figura 3.10– Inversor de frequência CFW09

3.6 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

“Sistemas supervisórios são sistemas digitais de monitoramento e operação da planta que gerenciam variáveis de processo. Estas são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em banco de dados locais ou remotos para fins de registro histórico.”

(MORAES & CASTRUCCI, 2015).

Podem ser classificados em dois grupos, IHM (Interface Homem Máquina) e SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). A IHM é um hardware industrial e geralmente é voltado para supervisão de baixo nível, ou seja, máquinas, células, um processo, pois são construídas para chão de fábrica, ambiente agressivo, possuindo elevado IP (grau de proteção). Comunicam com CLP e disponibilizam as informações de forma gráfica, através de telas programáveis, e também possuem teclas programáveis e/ou telas *touch screen* que permitem parametrização, mudanças de estado, entre outros.



Figura 3.11 – Interface Homem Máquina (IHM)

Já o SCADA, sistema supervisório, é geralmente voltado para automação de mais alto nível, supervisiona e controla muitas variáveis distribuídas em diversos equipamentos (CLP, inversores de frequência, controladores indicadores de temperatura e banco de dados). A parte do hardware em sua maioria é um PC, pois é barato, permite integração com diversos softwares e tem interface amigável, e assim o sistema SCADA permite monitoramento do processo, visualização e reconhecimento de alarmes e eventos, visualizar relatórios, criar e carregar receitas, etc.

A implementação do sistema supervisório vem crescendo bastante nos últimos anos em virtude da diminuição dos custos de implementação e difusão da automação em ambientes industriais, comerciais e residenciais. Hoje em dia, a grande valorização da informação e a disponibilização destas em diferentes níveis e meios é mais um ponto que impulsiona o crescimento da utilização dos supervisórios, software do sistema SCADA, permitindo criar telas gráficas para visualizar estados de motores, válvulas, sensores, parâmetros, relatórios automáticos, e disponibilizar todas as informações do projeto para servidores que podem se integrar a produtos bastante utilizados pelas empresas como Excel, MatLab, servidores; também permite restringir o acesso de usuários a determinados processos ou informações. Dessa forma, o supervisório é uma ferramenta valiosa que intermedia a automação com o usuário de maneira simples e barata.

3.6.1. SUPERVISÓRIO – INDUSOFT WEB STUDIO

O software InduSoft Web Studio tem dois modos de funcionamento, o desenvolvimento e o *runtime*. O primeiro é responsável pela criação do supervisório, criação de telas gráficas, alarmes, *trends*, conexão com banco de dados, criar relatórios automatizados, configurar as variáveis das receitas, definição de IPs, entre outros. Já o modo *runtime* é responsável por rodar a aplicação criada em cada IHM ou estação de trabalho criada.

3.6.1.1. MODO DESENVOLVIMENTO

O modo desenvolvimento tem diversos recursos e ferramentas que auxiliam o engenheiro na criação do sistema SCADA. A Figura 3.12 mostra a interface do software, em que se tem, acima a barra de ferramentas, que exhibe todos os recursos disponíveis, ou seja, ao mudar o objeto, alguns recursos são habilitados e outros desabilitados. Por exemplo, ao selecionar um retângulo no projeto, o campo das animações fica disponível, podendo adicionar comandos ao pressionar objeto, fazê-lo mudar de cor, tamanho, criar um hyperlink, rotacioná-lo, entre outros. A seguir, serão apresentados os objetos mais utilizados no software.

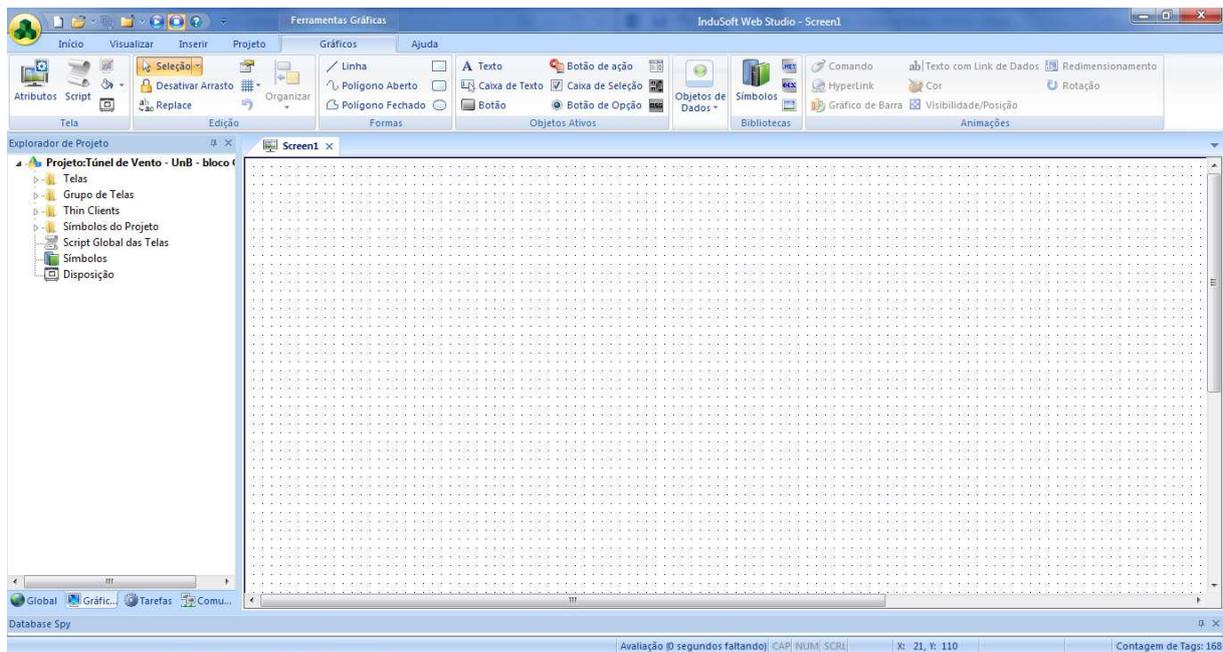


Figura 3.12 – área de trabalho do supervisor InduSoft

3.6.1.1.1. Tags (variáveis)

A Tag é o nome dado as variáveis no sistema supervisor. Sua contagem é importantíssima pois define o custo do software. Hoje em dia, a maioria dos softwares são vendidos por número de variáveis necessárias para o projeto e a quantidade de drivers de comunicação.

3.6.1.1.2. Botões

Botões são bases para qualquer sistema supervisor, com ele é possível criar um botão virtual que pode ligar/desligar equipamentos, chamar alguma manutenção, salvar, carregar ou excluir receitas, navegar pelo projeto acessando outras páginas entre outros.

O botão possui alguns parâmetros, nos quais é possível modificar algumas propriedades, como legenda, onde se coloca o nome do botão; estilo, que possui 4 modelos básicos (3D sharp, Apecto OS, Padrão, Soft 3D), que mudam o efeito visual do mesmo para ficar mais próximo do sistema operacional onde irá rodar o programa.

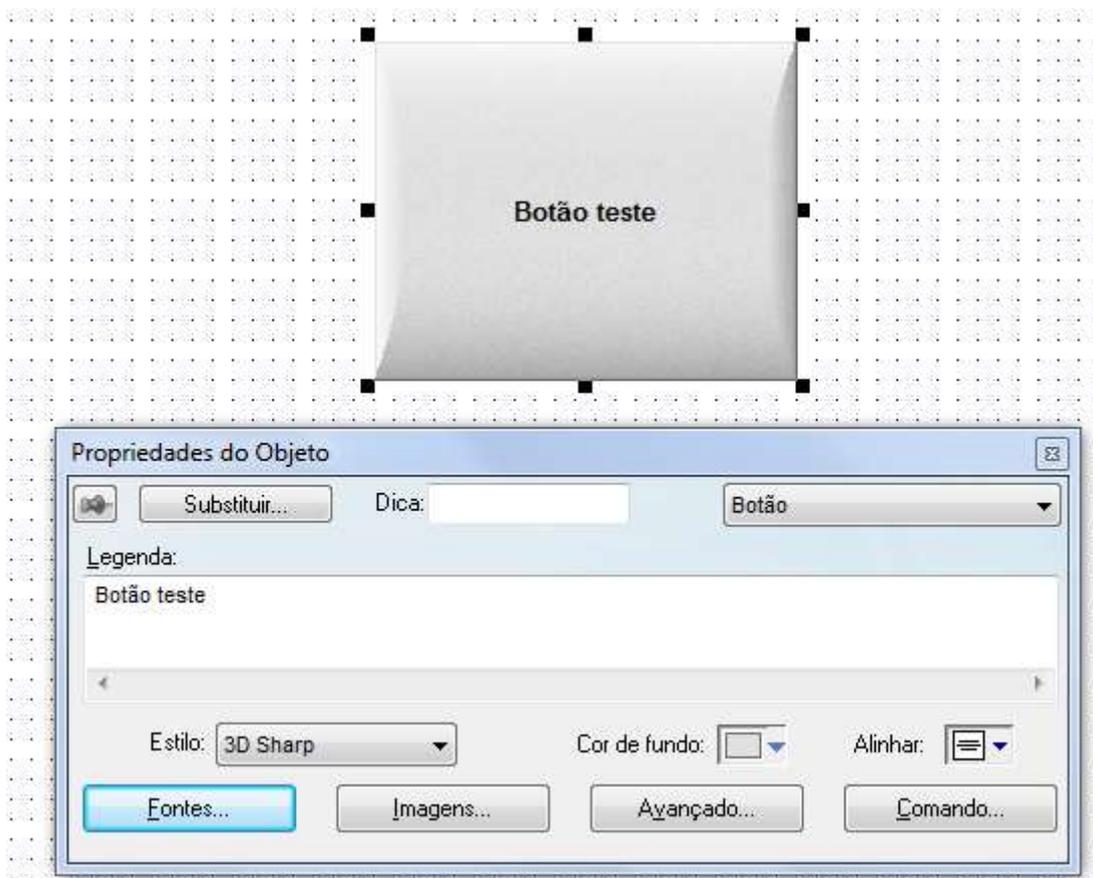


Figura 3.13 - propriedades do objeto botão

Também é possível mudar a fonte da legenda, bastando clicar no botão 'Fontes...' e selecionar a fonte, tamanho, estilo que desejar. O botão 'Imagens...' permite carregar uma imagem de fundo no botão. 'Avançado...' muda configurações sobre quebra de linha, autoformatação, se permite tradução, entre outros. E o botão 'Comando...', o mais importante, que permite dar funcionalidade ao botão, podendo escolher diversos tipos de comando (como linguagem interna, VBScript, Abrir Tela, Fechar Tela, Tag Set, Tag Reset, Tag Toggle). Os tipos de comando mais utilizados são o de abrir tela, principalmente para criação dos menus de navegação, que será mais detalhado no item Tela Rodapé, e VBScript (acrônimo de Microsoft Visual Basic Scripting Edition) que é uma linguagem de programação interpretada pelo *wscript.exe* da própria da Microsoft, onde se pode criar diversas funções que acessam os recursos do sistema operacional Windows.

3.6.1.1.3. Texto

O objeto texto também é de suma importância. Com ele é possível escrever títulos, textos, avisos, indicações e mostrar os valores das variáveis de todos os tipos como inteiras, reais, strings, booleanas... Para tal basta colocar cerquilha na quantidade de caracteres máximos que se pretende ocupar com a variável que iremos associar.



Figura 3.14- propriedades do objeto texto

Para linkar (associar), basta acessar as propriedades da forma (clcando duas vezes na mesma ou apertar 'Enter' ou se a caixa de propriedades estiver aberta, selecionar o objeto) que irá aparecer a tela mostrada na Figura 3.14. E clicar no botão "Txt c/ link de Dados..." e escrever o nome da tag que deseja mostrar no lugar da cerquilha, ou então selecionar o botão "... " que acessa todas as tags do projeto e do sistema (ver Figura 3.15).

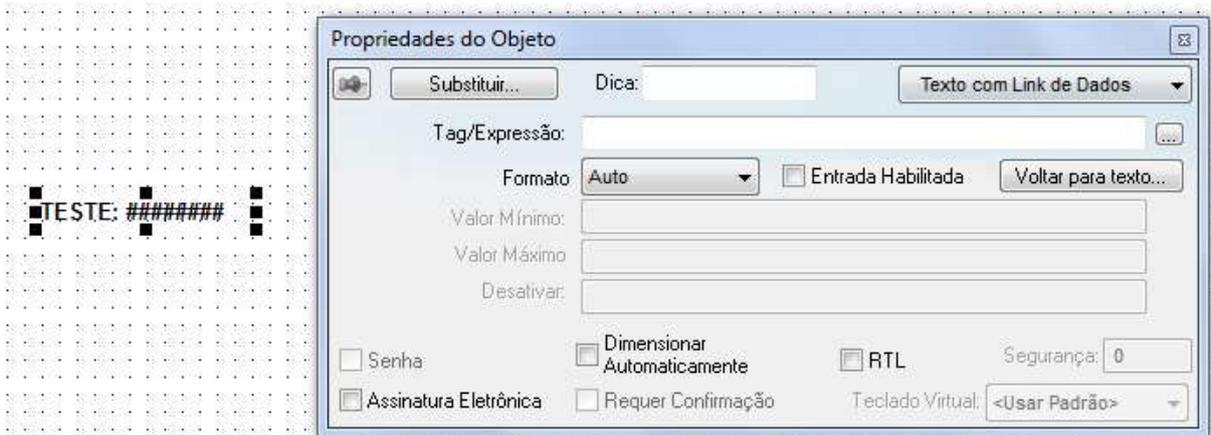


Figura 3.15- Linkando texto com tag

Da mesma forma,  possível permitir a entrada de dados, deixando ticado o campo "Entrada Habilitada", e ajustar o tipo de formato da variável (auto – que se ajusta ao mesmo tipo da variável inserida no campo Tag/Expressão, decimal, hexadecimal ou binário) e também os valores máximos e mínimos aceitáveis para a tag, que expressam números (inteiros ou reais). Ou seja, ao rodar o programa, o usuário pode clicar no campo onde inseriu o texto com a cerquilha e preenchê-lo (respeitando as restrioes colocadas nos valores mínimos e máximos escolhidos pela engenharia), sendo salvo automaticamente na tag escolhida.

3.6.1.1.4. Formas

O Indusoft Web Studio fornece formas como linha, retângulo, retângulos arredondados, elipse e polígonos abertos ou fechados. Essas formas podem ter suas

propriedades alteradas como tamanho, cor, inserção de legenda e, da mesma forma que o botão, podemos adicionar animações, mostrados no campo Gráficos->Animações.



Figura 3.16- Campo Animações

3.6.1.1.5. Grid

O objeto *grid* serve para mostrar e editar tabelas. Pode-se adicionar linhas e colunas e associá-las a tags do projeto e/ou associar a um arquivo no formato .txt ou mesmo um banco de dados externo.

ID	Dado
1	MMM 1
2	MMM 2
3	MMM 3
4	MMM 4
5	MMM 5
6	MMM 6
7	MMM 7
8	MMM 8
9	MMM 9
10	MMM 10
11	MMM 11
12	MMM 12

Figura 3.17- objeto Grid

3.6.1.1.6. Trend

O objeto *trend* é um objeto de controle de tendência, muito utilizado, pois é simples e agrega muito ao projeto, basta inserir a quantidade e as tags que se deseja monitorar alterando informações de legenda e formato da linha como cor e espessura; pode-se escolher mostrar ou não os recursos do objeto (indo em Barra de Ferramentas) e escolher a taxa de atualização (botão Avançado).

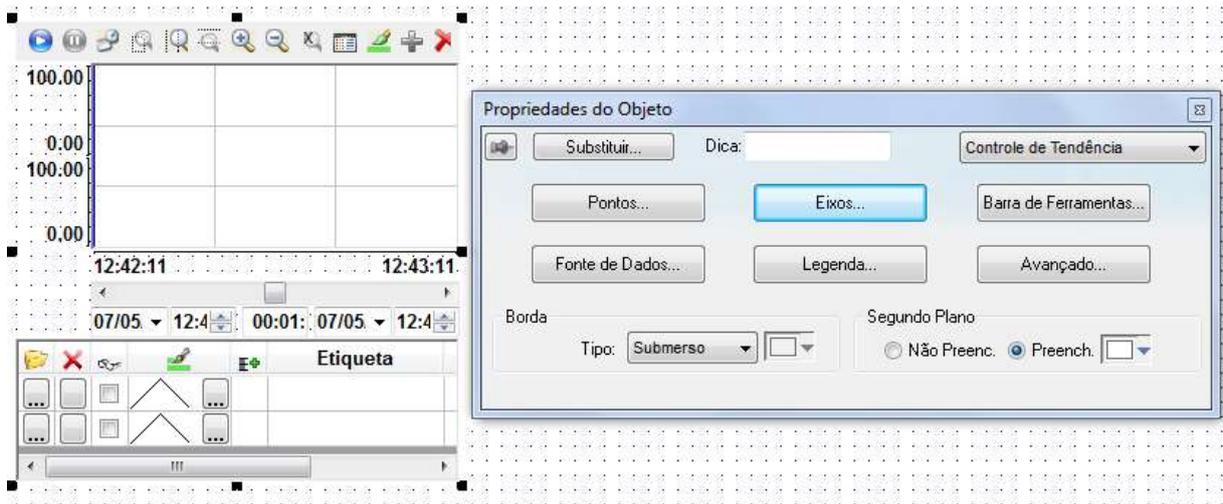


Figura 3.18- objeto Trend

3.6.1.2. MODO RUNTIME

O modo *Runtime*, como foi dito, é o modo responsável por rodar a aplicação criada. Cada IHM, estação de trabalho, acessos remotos (celular ou tablete) necessitam de um modo *runtime*, e na maioria dos supervisórios é necessária a compra de uma licença para cada dispositivo que se deseja rodar ao mesmo tempo; seu preço varia também, de acordo com a quantidade de tags utilizadas no projeto.

3.7 CONTROLE DA VELOCIDADE DO VENTO

Sabe-se que a velocidade do vento depende de diversas variáveis como temperatura, umidade, pressão, carregamento (qual equipamento está instalado na câmara de testes) e a velocidade do motor (medida em rpm). Foram feitos ensaios para descobrir a função de transferência do processo em relação apenas a rotação do motor e obtivemos curvas lineares que oscilaram em relação a mudança climática e dos equipamentos no túnel.

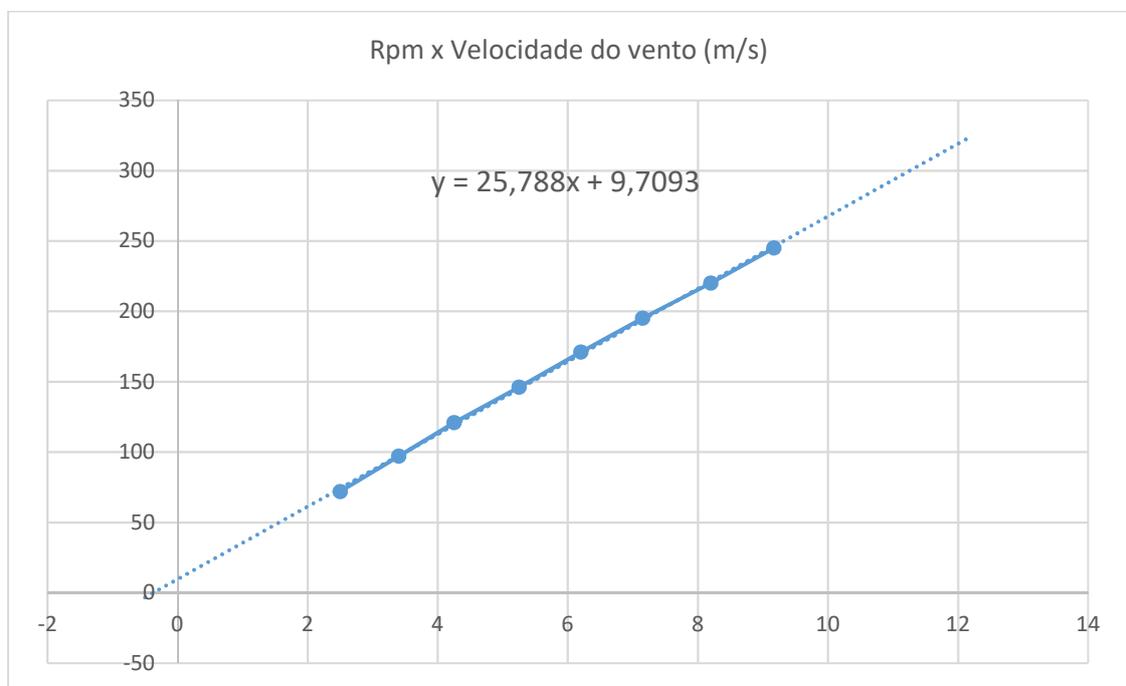
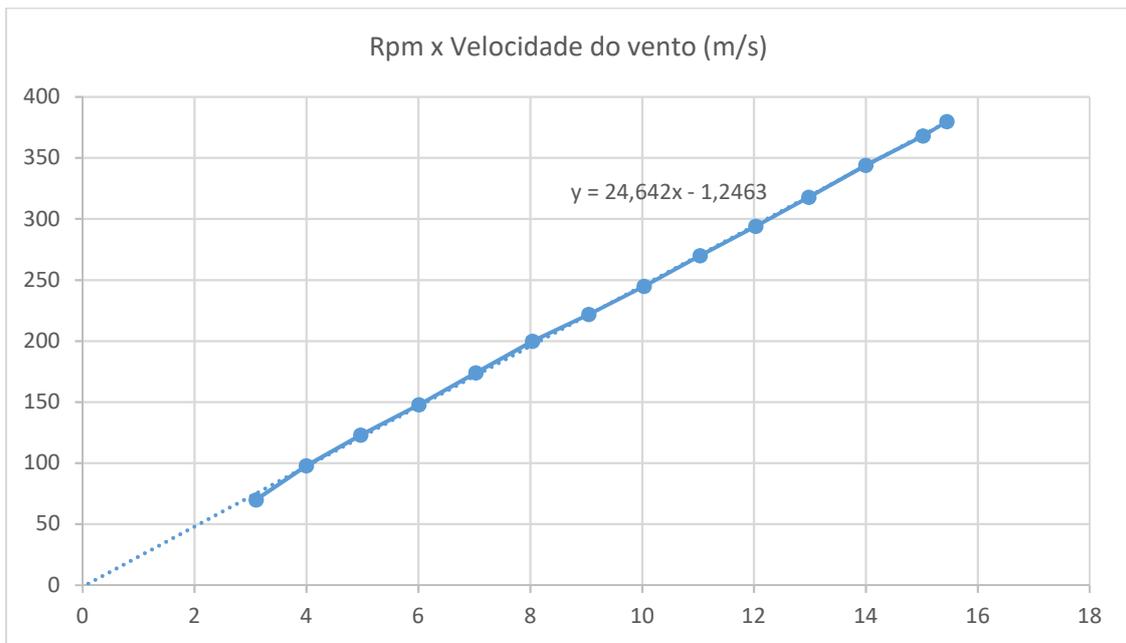


Figura 3.19 – Relação velocidade do motor (rpm) e velocidade do vento

Como pode ser ver na Figura 3.19, a relação depende de mais variáveis mas oscila entre valores próximos (as funções foram obtidas fazendo regressão linear com o software Excel).

4. ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Para definição de uma solução de engenharia, deve-se ter duas bases: conhecimento do processo e conhecimento técnico, que foi abordado nos itens anteriores. A seguir, serão abordadas as especificações da solução proposta com os modelos dos equipamentos.

4.1 ESPECIFICAÇÕES DE HARDWARE

Para realizar a automação de um sistema, deve-se, primeiramente, conhecer o sistema, como observado nos itens anteriores. Conhecendo as entradas e as saídas do sistema, deve-se especificar o CLP, de forma que haja compatibilidade entre os equipamentos de campo e as entradas do CLP, compatibilidade de tipo e forma de endereçamento e tipo dos sinais e suas quantidades. A Tabela 4.1, a seguir, mostra os requisitos do projeto em relação à quantidade de pontos de entrada e saída, com a listagem de equipamentos a serem monitorados e controlados, diferenciando os tipos de entrada e saídas. As especificações do projetista foram pensadas no aspecto de segurança (botoeira de emergência e sensor de porta) e para a automação da velocidade para se conectar ao inversor (comando e referência de velocidade). Já as especificações do cliente se referem aos futuros sensores que serão conectados nas respectivas portas.

Tabela 4.1- Requisitos do projeto

Requisitos de Projeto					
		Entradas		Saídas	
		Digital	Analógica	Digital	Analógica
Especificação projetista	Botoeira de Emergência	1			
	Sensor de porta	1			
	Inversor comando Ligar/Desligar Motor			1	
	Inversor referência de velocidade				1
Especificação cliente	Sensor 1		1		
	Sensor 2		1		
	Sensor 3		1		
	Sensor 4		1		
	Sensor 5		1		
	Sensor 6		1		
	Sensor 7		1		
	Sensor 8		1		
TOTAL		2	8	1	1

Dados as quantidades mínimas de entradas e que o sistema deveria ter comunicação Ethernet para facilitar a comunicação com o supervisor e os equipamentos mobile, foram cotados equipamentos que satisfaçam, tecnicamente, a solução e que permitam futuras expansões. Foram cotados CLPs das marcas SIEMENS e ROCKWELL AUTOMATION e, por questões financeiras, foi selecionado o da marca SIEMENS, que apresentou um preço muito

menor, sendo uma marca que atendia aos requisitos técnicos e de documentação, assistência técnica e distribuidores locais.

Os requisitos do projeto foram enviados aos representantes da SIEMENS no DF, que passaram a lista dos seguintes equipamentos (mais detalhes estão presentes nos *datasheets* em anexo):

1. Módulo CPU S7-1200 (CPU 1212C DC/DC/DC - código 6ES7 212-1AE40-0XB0);
2. Módulo de 8 entradas analógicas 13 bits (SM1231 AI x13 BIT - código 6ES7 231-4HF32-0XB0);
3. Módulo de saída analógica (SB 1232 AQ 1x12 BIT – código 6ES7 232-4HA30-0XB0);
4. Fonte de 24 V/2,5 A (PM 1207 – código 6EP1332-1SH71);

Tabela 4.2– Especificação de Hardware

Especificação de Hardware						
		Requisitos de projeto	Entradas Disponíveis			Saldo
			S7-1200 CPU 1212C DC/DC/DC	Módulo saída Analógica SB1232 AQ	Módulo Entradas analógicas SM1231 AI	
Entrada	Digital	2	8	0	0	6
	Analógica	8	2	0	8	2
Saída	Digital	1	6	0	0	5
	Analógica	1	0	1	0	0

Como se pode verificar (Tabela 4.2– Especificação de Hardware), a solução SIEMENS atende as especificações do projeto e dão folga para possíveis expansões. Também foi selecionado a fonte que serve tanto para proteção do equipamento quanto para transformar 220/110 VAC em 24VDS, alimentando a CPU, módulos, sensores e demais equipamentos. As imagens a seguir mostram os equipamentos selecionados.



Figura 4.1– Controlador Programável S7-1200 CPU 1212C DC/DC/DC



Figura 4.2 – Módulo de saída analógica SB1232 AQ

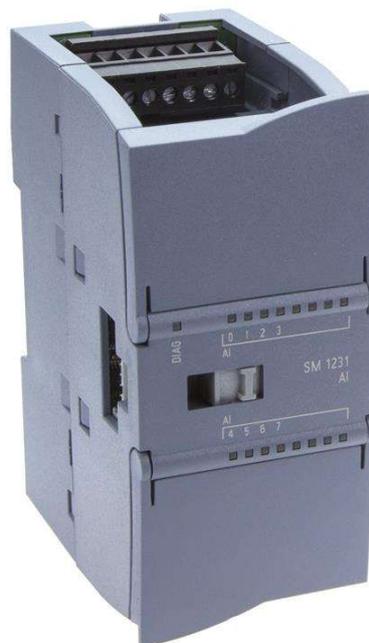


Figura 4.3 – Módulo de entradas analógicas SM1231 AI

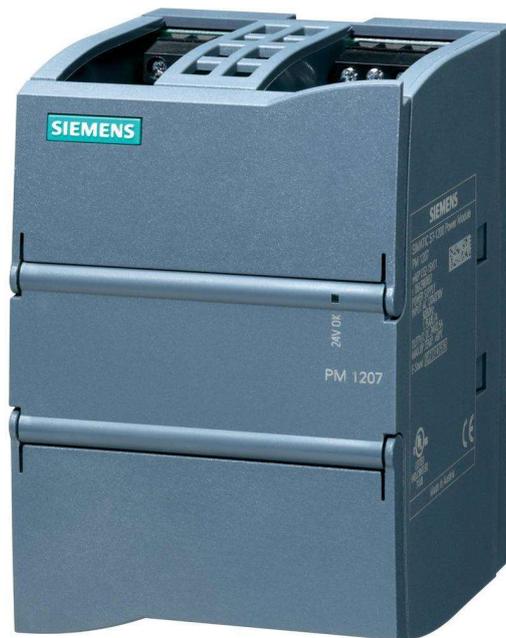


Figura 4.4 – Fonte PM 1207

4.2 ESPECIFICAÇÃO DE SOFTWARE

Com o propósito de fazer a programação do CLP, não houve problema, só existia uma solução que não estava descontinuada e que permitisse a programação do mesmo, o *Totally Integrated Automation Portal* versão 13 (TIA Portal v13 – integração dos antigos softwares da SIEMENS WinCC e STEP 7). Um software que permite a configuração do CLP SIEMENS, criação de programas em *ladder*, texto estruturado e blocos, também permite a configuração da rede de controladores, *scan* de rede para identificar equipamentos SIEMENS, drivers, IHMs, entre outros.

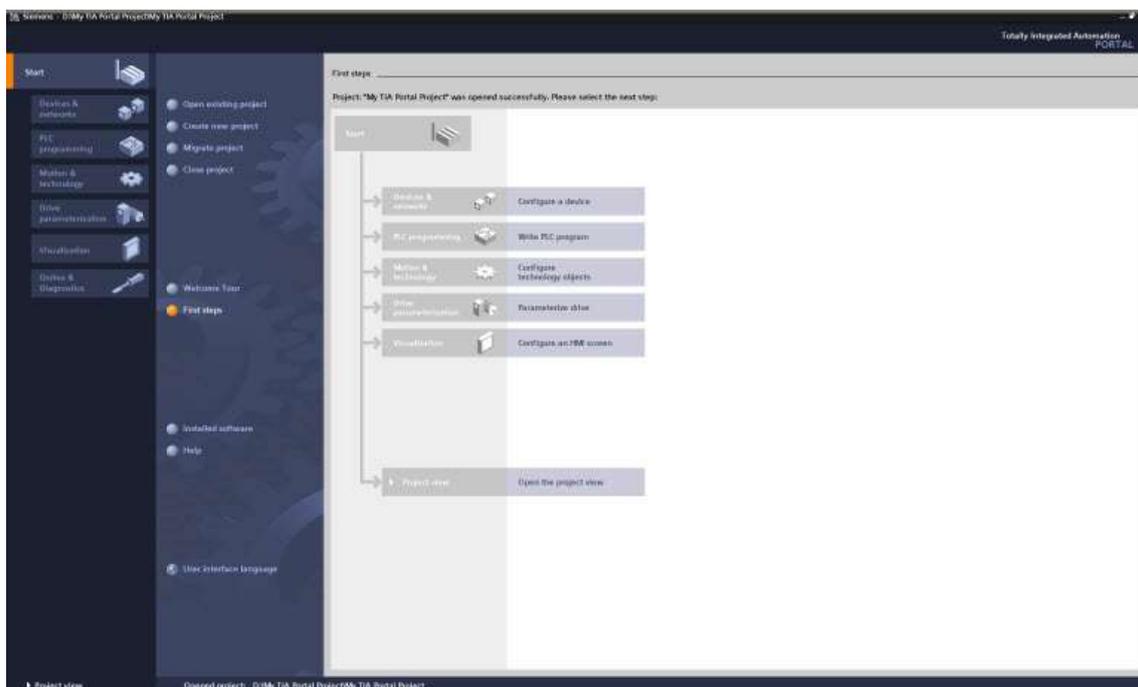


Figura 4.5– Tela inicial TIA (*Totally Integrated Automation Portal*) v13.

Para realizar a especificação de software, foi definido o atendimento dos seguintes pontos: primeiro, que fosse compatível com os hardwares selecionados, ou seja, ter driver de comunicação para o S7 1200; segundo, que atendesse aos requisitos do cliente, geração de relatórios, acesso via browser, e, por último, que fosse economicamente viável e fornecesse uma boa assistência técnica.

Foram identificadas diversas opções no mercado do software supervisorio como ECLIPSE, ScadaBR, LAquis, FactoryTalk e Indusoft. A maioria possuía drivers de comunicação dedicados para o S7-1200 da SIEMENS, em virtude da grande utilização do mesmo no mercado, o que facilitaria bastante a engenharia na programação. Então, o fator decisivo para a escolha do supervisorio foi a parceria firmada entre a UnB e a Indusoft, que forneceu licença educacional que atendesse a aplicação e curso de certificação do **InduSoft WebStudio** (software de desenvolvimento e *runtime* que incorpora todas as ferramentas necessárias para criar aplicações IHM/SCADA, dashboards e interfaces OEE – InduSoft, 2016 -site), o que gerou economia e atendia as demandas do projeto.

5. RESULTADOS

O capítulo dos resultados será dividido em duas frentes: hardware e software. A primeira abordará assuntos relacionados às modificações realizadas nas plantas, esquema elétrico e o diagrama da solução. A segunda frente abordará a programação do CLP e o sistema supervisorio criado.

5.1 HARDWARE

Especificados o hardware e o software para a automação do Túnel de Vento, foram desenvolvidos documentos com o objetivo de conduzir os trabalhos. Com diagrama definições das tags do projeto (variáveis do projeto), com o propósito de facilitar a integração do supervisor com o CLP e, assim, o desenvolvimento do projeto. A Figura 5.1 mostra o diagrama de rede da solução. No nível base, os instrumentos, sensores, instalados no Túnel de Vento. Em seguida, vê-se o inversor de frequência e, mais acima, gerenciando a planta o controlador da SIMENS S7-1200 e seus módulos, que se conecta a um roteador que por sua vez se conecta ao nível de supervisão com PC, *tablet* e banco de dados.

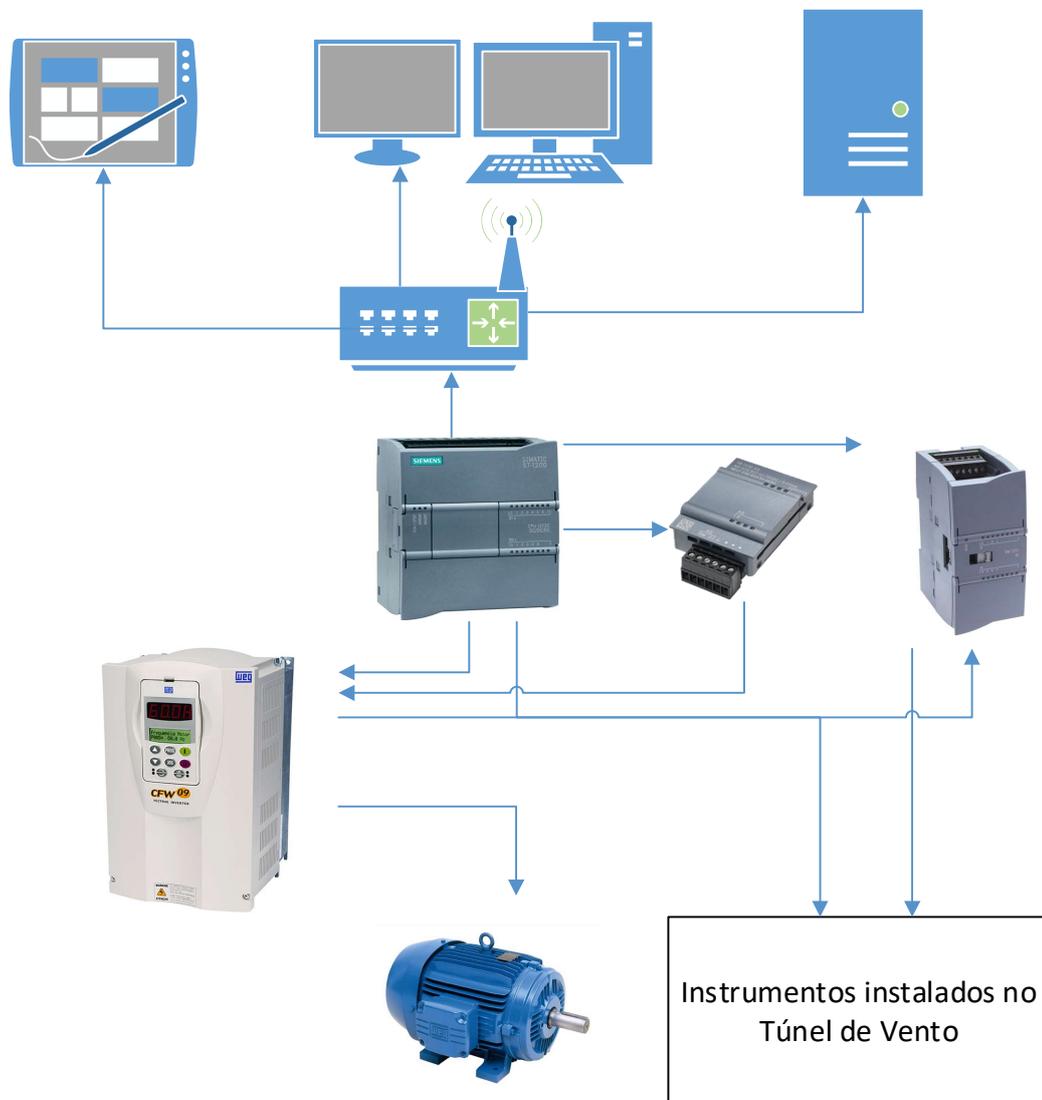


Figura 5.1 - Diagrama de Rede

Também foi produzido um projeto de renovação do quadro de automação, presente no Apêndice 1 que mostra o diagrama de conexão, define os nomes das tags tanto no projeto

do supervisor quanto da programação em ladder. O projeto foi montado pelo técnico do laboratório e supervisionado pelo aluno/colaborador Filipe Marinho Barcellos. Com isso, obteve-se o quadro que pode ser visto na Figura 5.2.



Figura 5.2 - Quadro de automação montado. Parte acrescida no quadro existente destacada em vermelho.

Como o inversor de frequência gera muita interferência o cabo de comunicação para o CLP foi um STP cat 6 (par trançado blindado).

Para aperfeiçoar a segurança do sistema, foi instalada uma botoeira de emergência para que, em caso de qualquer situação de risco, o usuário tenha um meio mais próximo do equipamento para parar o ventilador instantaneamente (por isso instalado próxima a porta da câmara de testes). Também foi instalado o sensor magnético (a priori de embutir, mas não havia ferramenta para furar o aço da estrutura) na porta da câmara de teste para monitorar se a porta está aberta e se pode dar a partida ao sistema (ver Figura 5.3 e Figura 5.4).



Figura 5.3 - Sensor de porta instalado



Figura 5.4 - Botoeira de emergência instalada

Também foi instalado, ao lado do Túnel de Vento, um PC com dois monitores de 21 polegadas como estação de trabalho do sistema. Foi instalado o Windows 7 no sistema, dado que o sistema roda em ambiente Windows e a versão 7 é uma versão estável, que não sofre mais tantas atualizações.

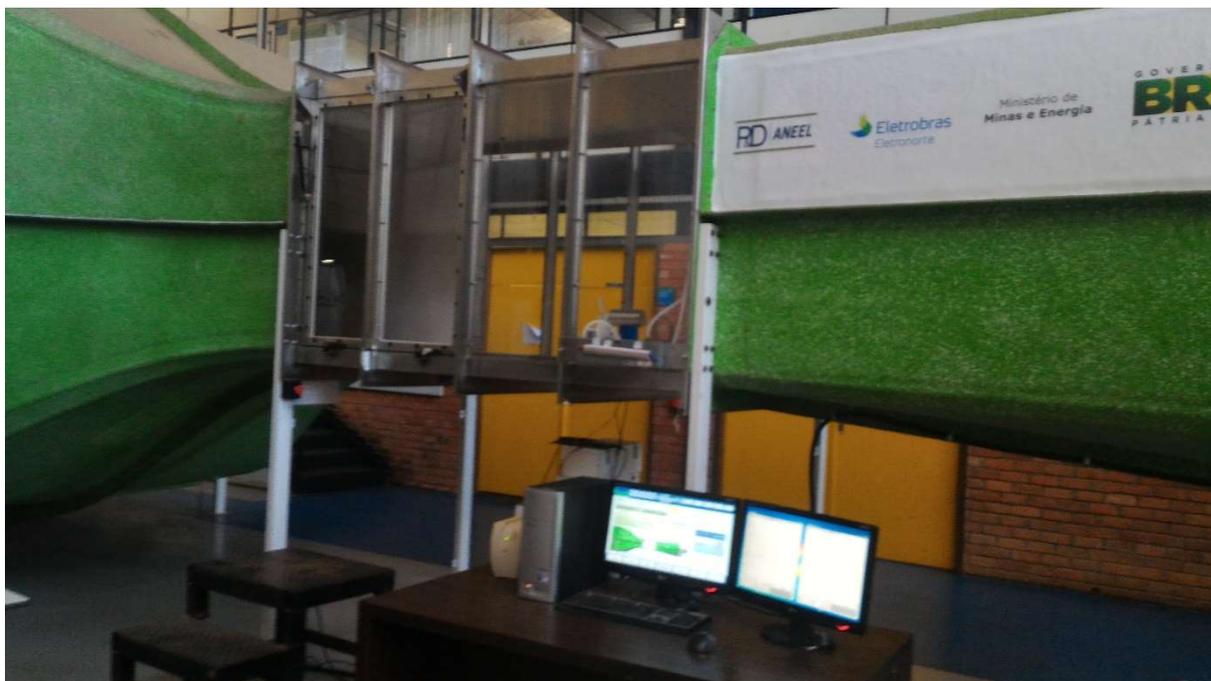


Figura 5.5 - Planta com a estação de trabalho

5.2 SOFTWARE

5.2.1 PROGRAMAÇÃO LADDER

Toda a lógica de segurança, automação e controle de velocidade é realizada e controlada pelo CLP. Para tanto, é de grande importância a robustez e a consistência da lógica na programação do CLP. A seguir, a descrição sobre os Networks do programa (divisão definida pelo programador feita para organizar melhor cada trecho do código em ladder do programa). Toda a programação do CLP desenvolvida em parceria com Filipe Barcellos encontra-se no Apêndice 2, documento gerado automaticamente pelo TIA v13.

Os Networks 1 ao 6 tratam da partida e parada do motor ventilador. O primeiro mostra as diversas maneiras de parada do motor, entre as quais, o usuário apertando o botão “Desligar” pelo supervísório (%DB1.DBX0.2), ou a botoeira de emergência (I0.0) ou a porta do túnel de vento aberta (I0.1).

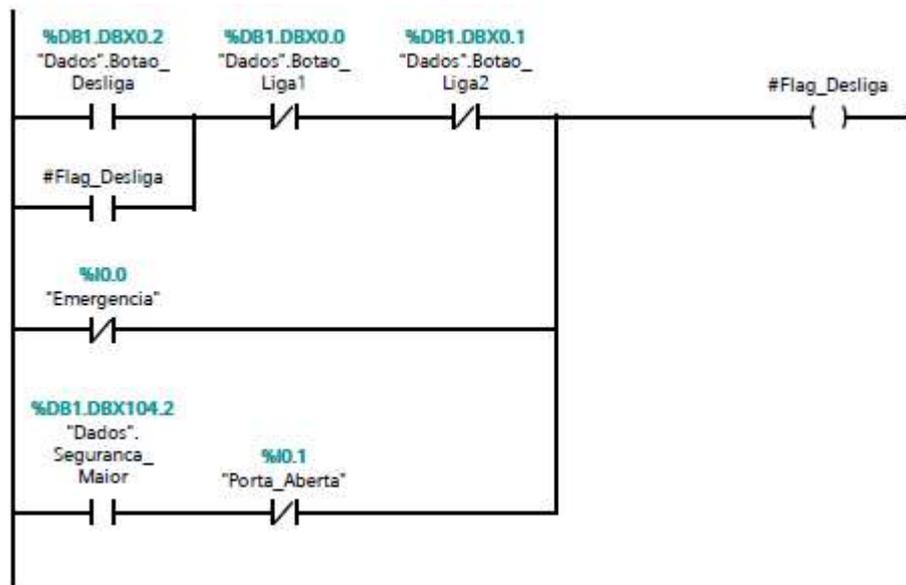


Figura 5.6 - Network 1, desligar motor

O Network 2 mostra a ativação do modo manual (Ligado 1 - acionando “Dados.Botao_Liga1”) e desativação do modo automático. O Network 3 é o contrário: ativação do modo automático e desativação do modo manual.

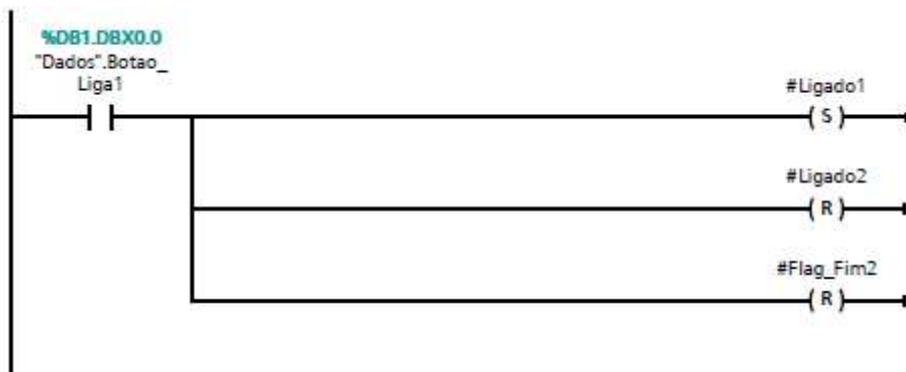


Figura 5.7 - Network 2, ativação modo manual

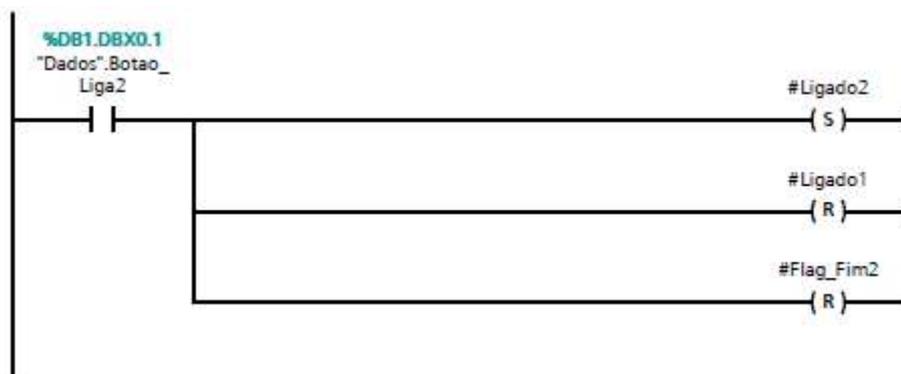


Figura 5.8 - Network 3, ativação modo automático

A operação do botão Desliga aparece no Network 4 onde são desativados os dois modos de ligado (automático e manual), e o modo automático é resetado também, pela

mesma condição, no Network 6, desabilitando os temporizadores (ver Figura 5.10), que serão detalhados a frente.

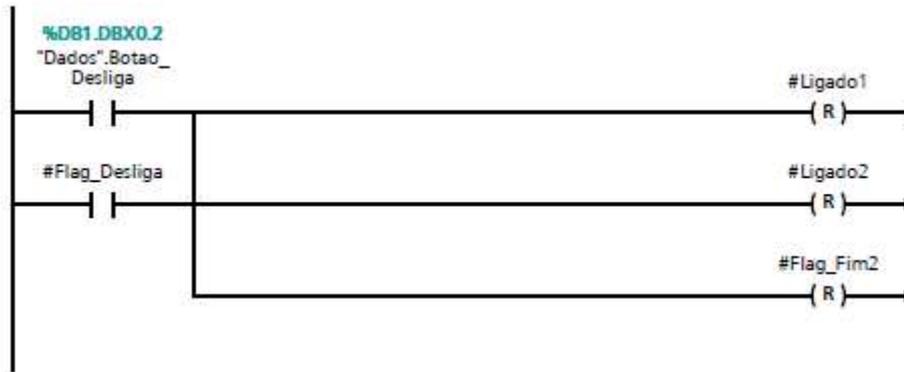


Figura 5.9 – Network 4, botão Desligado acionado

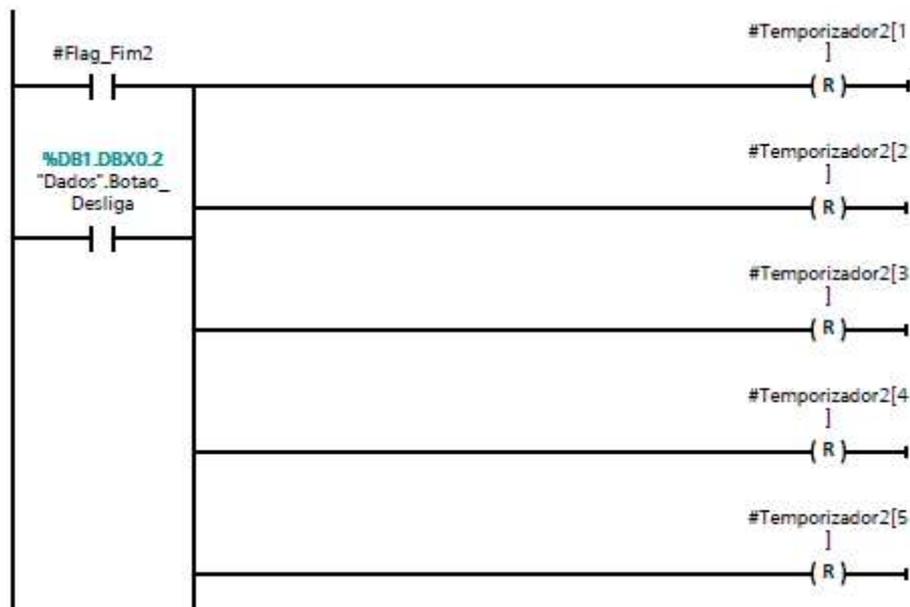


Figura 5.10 – Network 5, desabilitando temporizadores

O Network 5, de fato, liga o motor ventilador colocando a saída digital (Q0.0) para nível lógico 1 caso um dos modos de operação esteja ligado.

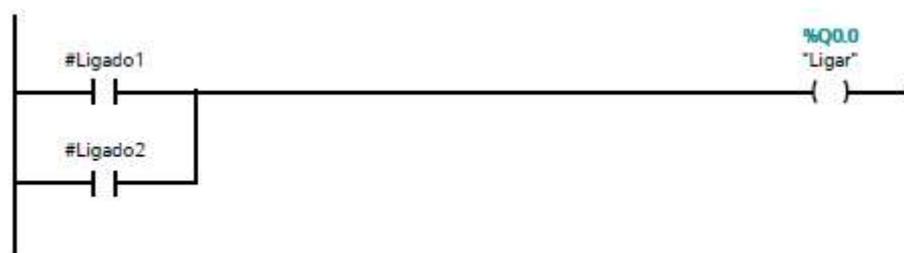


Figura 5.11 – Network 6, ligando motor ventilador

Como o inversor de frequência possuía duas saídas analógicas disponíveis, foram configuradas para que transmitissem a estimação da velocidade do motor e o valor da corrente do mesmo. Estes valores foram lidos pelas entradas analógicas do CLP (IW64 e IW66), onde foram normalizadas e colocadas na escala de cada variável de 0 ao valor máximo da mesma, sendo, para a velocidade, a velocidade máxima parametrizada e, para a corrente, o valor de 45A.

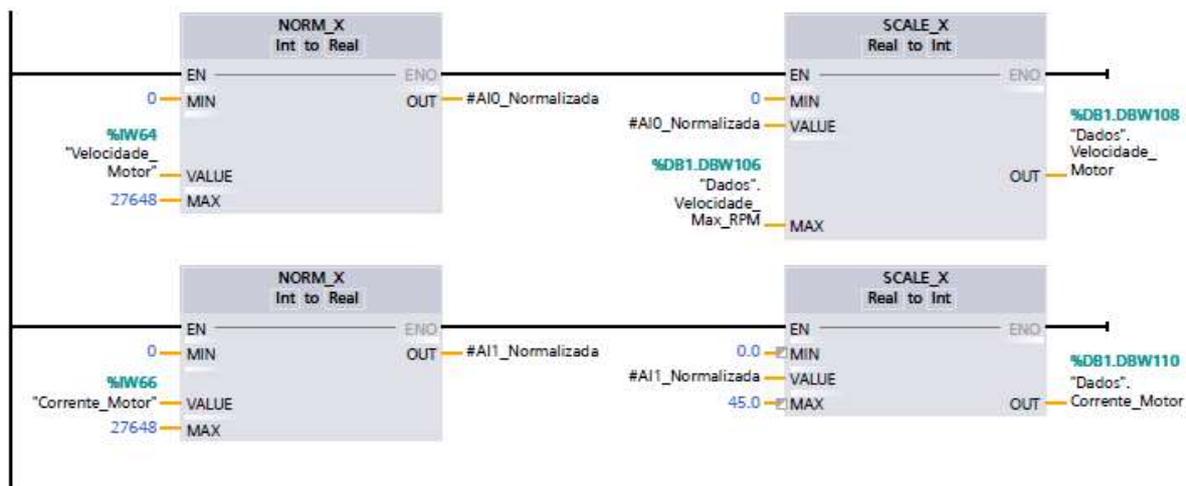


Figura 5.12 - Network 7, entradas advindas do inversor

Os valores de velocidade de referência advindos do supervisor no formato de inteiros tiveram de ser convertidos para uma estrutura padrão do TIA, no formato *time*. Logo, o Network 8 faz a conversão do vetor de velocidades em inteiro para o tipo vetor de *time* (ver Figura 5.13).

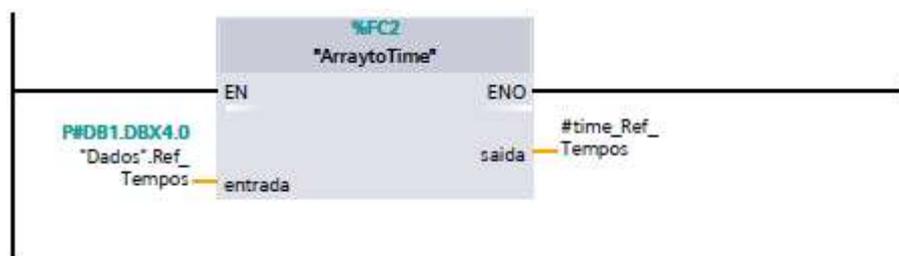


Figura 5.13 - Network 8, conversão vetor de inteiro para vetor de *time*

O Network 9 é um temporizador de segurança para o funcionamento em modo manual, que, ao ligar, habilita um temporizador que contabiliza o tempo do motor ligado sem desligar, onde há um tempo pré-determinado (padrão ajustado para 2 horas) e, ao alcançá-lo, desliga o motor automaticamente com o intuito de proteger o equipamento e evitar que o Túnel de Vento seja acionado por engano local ou remotamente e esquecido ligado.

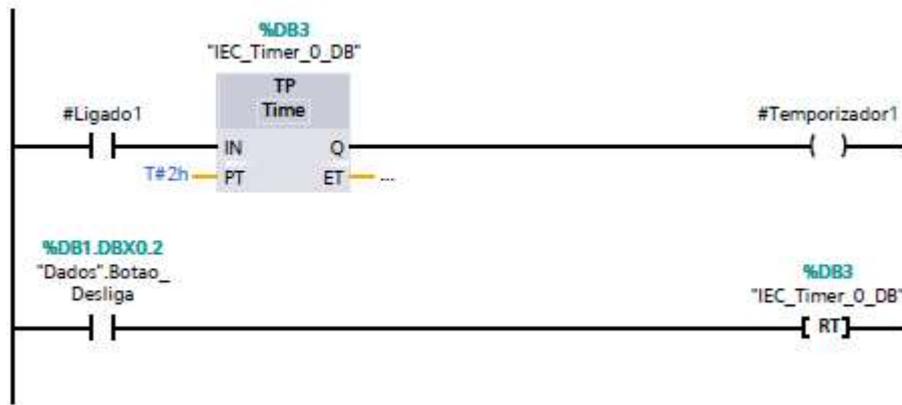


Figura 5.14 – Network 9, temporizador para proteção no modo manual

O Network 10 é responsável por receber o vetor de referências de tempos e fazer a contagem de cada um. Para isso, foram utilizados temporizadores em cascata, como pode ser verificado na Figura 5.15. E, em conjunto, o Network 12 utiliza essas informações para atribuir a uma variável intermediária, “float_Velocidade”, os valores de cada variável correspondente ao temporizador corrente, já convertendo os valores inteiros advindos do supervisor para real no modo automático.

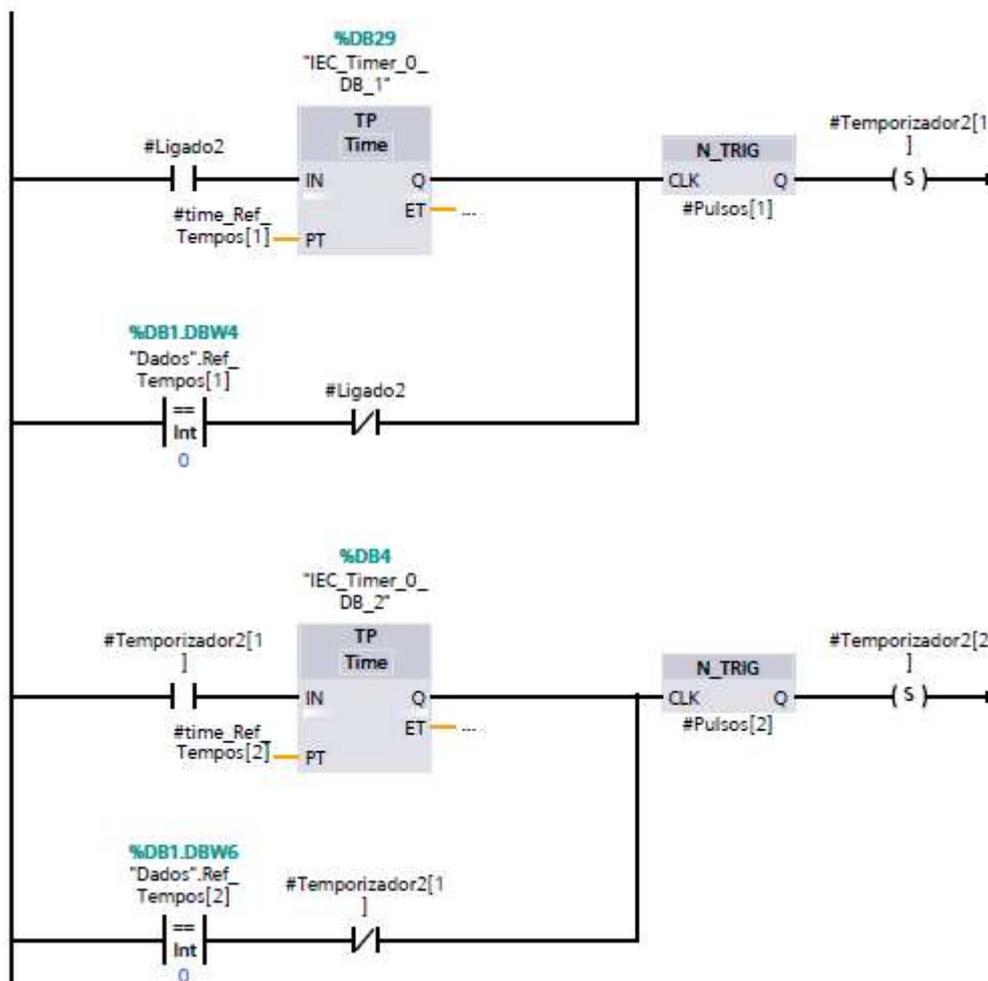


Figura 5.15 - Network 10, temporizadores em cascata

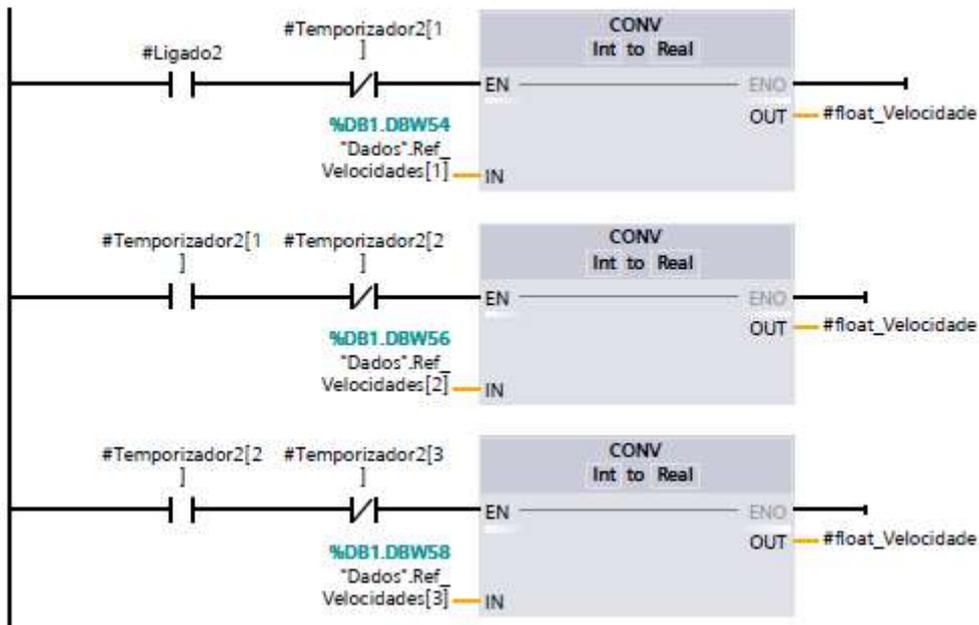


Figura 5.16 - Network 12, conversão e atribuição das velocidades à variável "float_Velocidade" no modo automático

Assim, ao finalizar os temporizadores do modo automático, os temporizadores são resetados como pode ser verificado na Figura 5.17 - Network 11, reset dos temporizadores do modo automático.

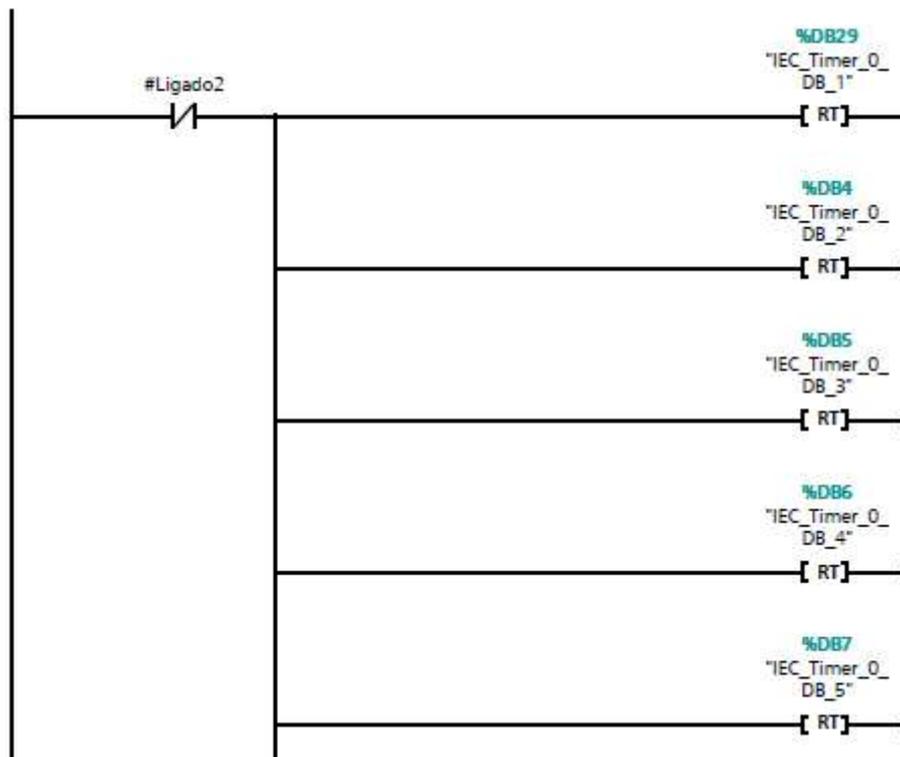


Figura 5.17 - Network 11, reset dos temporizadores do modo automático

Voltando para o modo manual, a referência de velocidade é convertida para real no Network 13, como se vê na Figura 5.18.

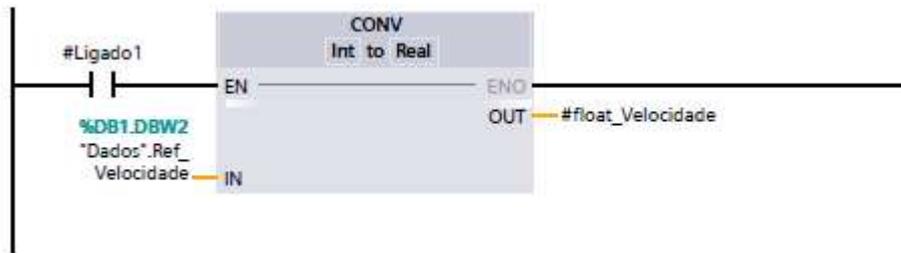


Figura 5.18 - Network 13, conversão da velocidade do tipo inteiro para real no modo manual

O Network 14 mostra o ajuste da velocidade de referência em rpm (no formato real) para a saída analógica enviada para o inversor. Para tanto, foi necessário ver a velocidade mínima e máxima de operação do motor configurada no inversor CFW09 e foi observado que a velocidade estava programada para ser de 60 a 1200 rpm. Sabendo destes valores e sabendo que 10V corresponde, em real, ao valor de 27648,0, foi realizada a normalização da velocidade entre 60 e 1200 e, depois, colocado em escala e transformado para inteiro entre 0 e 27648. O Network 15 move esse dado para a saída analógica (QW80).

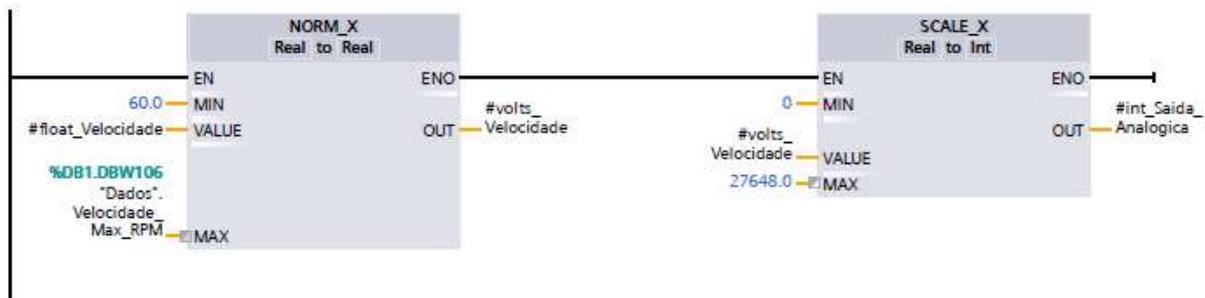


Figura 5.19 - Network 14, transformação da referência de velocidade para inteiro a ser enviado para o inversor

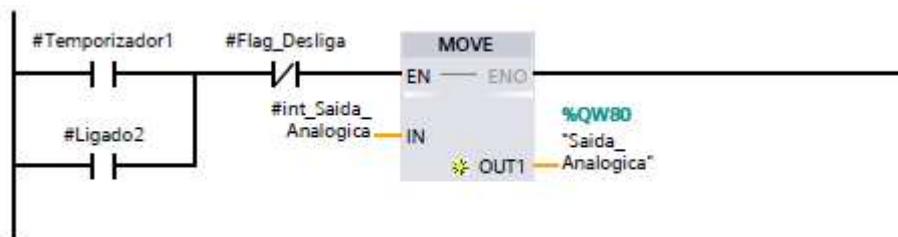


Figura 5.20 - Network 15, movendo velocidade para saída analógica

E, por último, o Network 16 zera a entrada analógica nos casos de paradas.

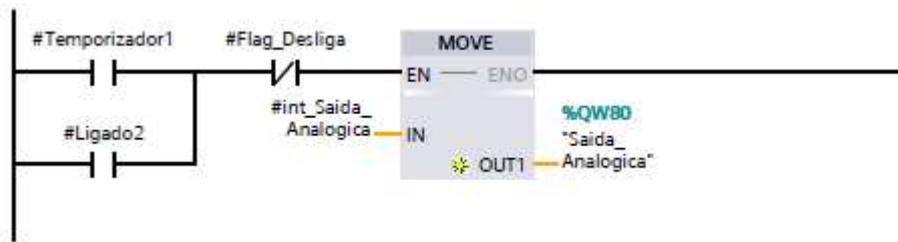


Figura 5.21 - zerando saída analógica em casos de parada

5.2.2 SCADA

Antes de desenvolver as telas gráficas, foi realizado um planejamento do sistema supervisório como indica a apostila Automação Elétrica de Processos Industriais (EPUSP, ROCKWELL AUTOMATION) o planejamento foi dividido em 9 etapas:

1. Entendimento do processo a ser automatizado;
2. Tomada de dados;
3. Planejamento do armazenamento dos dados;
4. Planejamento dos alarmes;
5. Planejamento da Hierarquia de navegação entre telas;
6. Desenho das telas;
7. Gráfico de tendências;
8. Planejamento do sistema de segurança.

Será tratado, a seguir, de cada etapa e o que foi desenvolvido em cada uma.

5.2.2.1 ENTENDIMENTO DO PROCESSO A SER AUTOMATIZADO

O entendimento do processo já foi detalhado anteriormente nos tópicos da planta e modelagem do sistema, porém, resumindo, o processo é um túnel de vento equipado de diversos instrumentos (sensores de temperatura, pressão, umidade, rotação, torque) que coletam informações ambientais e dos equipamentos testados que deverão ser armazenados para posterior análise dos usuários, pesquisadores da Universidade de Brasília.

A automação tem de ser capaz de criar e rodar receitas com velocidades e tempos com intuito de padronizar os experimentos e também gerar relatórios, gráficos de tendências (trends), prezar pela segurança do usuário e do equipamento, controlar acesso de usuários e monitorar eventos e alarmes.

5.2.2.2 TOMADA DE DADOS

Os dados serão adquiridos pelo CLP da Siemens, linha S7-1200, que transferirá essas informações a partir da rede Ethernet onde estará conectando o computador com o supervisório. O planejamento da base de dados foi levado em conta, porém, como há

pouquíssimas variáveis no processo, poucas em relação ao tráfego que a rede permite, não havendo restrição devido a problemas de comunicação, apenas foi separado o que deveria ter monitoramento contínuo (variáveis de sensores, velocidade do motor) do que não precisava ser trafegado na rede continuamente – apenas quando a tag mudar, por exemplo, comandos ligar e desligar e parametrização dos tempos e velocidades de referência da receita.

Os dados que serão coletados do processo estão na tabela a seguir, com os respectivos nomes que serão representados no supervisão (tags), tipo de variável e endereço.

Tabela 5.1 - Dados de entrada – monitoradas continuamente.

Item	Descrição	Tag	Tipo	Estação	Endereço S7-1200
1	Botoeira de Emergência	bEmergencia_aux	boleana	192.168.0.2:0:1	I0.0
2	Dados Ambiente - Pressão	rPressao	real	192.168.0.2:0:2	IW96
3	Dados Ambiente - Temperatura	rTemperatura	real	192.168.0.2:0:2	IW100
4	Dados Ambiente - Umidade	rUmidadeDoAr	real	192.168.0.2:0:2	IW104
5	Dados Ambiente - Velocidade do ar	rVelocidadeVento	real	192.168.0.2:0:2	IW106
6	Dados Equipamento - Rotação	rRotacao	real	192.168.0.2:0:2	IW98
7	Dados Equipamento - Torque	rTorque	real	192.168.0.2:0:2	IW102
8	Espaço para expansão dos sensores	rSensor7	real	192.168.0.2:0:2	IW108
9	Espaço para expansão dos sensores	rSensor8	real	192.168.0.2:0:2	IW110
10	Motor Ligado	bEstadoMotorLigado	boleana	192.168.0.2:0:1	Q0.0
11	Porta Aberta	bPortaAberta_aux	boleana	192.168.0.2:0:1	I0.1
12	Velocidade do Motor	nVelocidadeMotor	inteira	192.168.0.2:0:1	IW64

Observa-se que, no campo Estação (que se organiza da seguinte maneira IP_equipamento:rack:slot), apenas o último campo muda, isto em função de o equipamento serem os mesmos, ou seja, possuírem o mesmo IP (192.168.0.2), estarem na mesmo rack (0); contudo, estão em slots diferentes (1 ou 2), onde o 1 é o slot da CPU e o 2 é o slot do módulo de entradas analógicas.

5.2.2.3 PLANEJAMENTO DO ARMAZENAMENTO DOS DADOS

O Indusoft Web Studio tem diversas opções de armazenamento de dados, como banco de dados como Access, OPC Server, SQL, entre outros, porém, a pedido dos usuários, foi solicitado que os dados fossem armazenados em documentos de texto, pela facilidade de visualização e por ser o meio que os pesquisadores já estavam acostumados a utilizar. Entretanto, sugere-se que, futuramente, seja implementado o servidor OPC pois este se comunica com programas como Excel e Matlab, bastante utilizados pelos pesquisadores.

5.2.2.4 PLANEJAMENTO DOS ALARMES

Os alarmes foram pensados em prol da segurança do sistema e na segurança do equipamento. Há duas variáveis que coletam possíveis problemas: a botoeira de emergência e o sensor de abertura de porta. Também temos a informação de velocidade do motor. Logo, temos quatro alarmes, descritos a seguir:

1-Perigo! Velocidade Muito Elevada – caso a velocidade do motor ultrapasse X rpm (definido pelo usuário);

2-Atenção! Porta aberta – caso a porta do túnel esteja aberta e o motor esteja sendo acionado;

3-Perigo! Porta aberta – caso a porta do túnel esteja aberta e o motor esteja ligado;

4-Emergência! Botoeira de emergência acionado – caso a botoeira seja acionada.

5.2.2.5 PLANEJAMENTO DA HIERARQUIA DE NAVEGAÇÃO ENTRE TELAS

As telas do Túnel de Vento foram criadas para se ter o acesso mais rápido possível para qualquer tela do supervisório. Dessa forma, a tela foi dividida em 3 partes: cabeçalho, rodapé e corpo.

O cabeçalho ficaria responsável pelas informações do sistema, como a *logo*, informações do usuário (nome, grupo de usuário e nível de segurança, log on), e informações gerais como data e hora. Também daria acesso à abertura do bloco de notas e botão de sair da aplicação. O cabeçalho fica sempre visível e fixo.

O rodapé seria o menu de navegação onde dar-se-ia entrada às demais telas do sistema como sinótico, receita, trend, relatórios, alarmes, eventos e driver. Essas telas entrariam no espaço do corpo onde seriam demonstradas as informações de cada. Vale ressaltar que a tela sinótico também dá acesso às telas com mais informações do equipamento testado (futuramente, visualização da câmara de testes em tempo real).

Abaixo, fluxograma com a hierarquia das telas. As telas em verde serão fixas e mostradas continuamente em suas respectivas posições cada uma. As telas em azul têm sempre uma, e apenas uma dessas telas aberta, ao se abrir outra tela (pelo menu de navegação – rodapé) fecha a tela anterior e é substituída pela nova tela. Já as telas na cor de laranja, são telas do tipo *popup*, onde abrem sobre a aplicação numa outra janela, porém menor e pode ser fechada posteriormente.

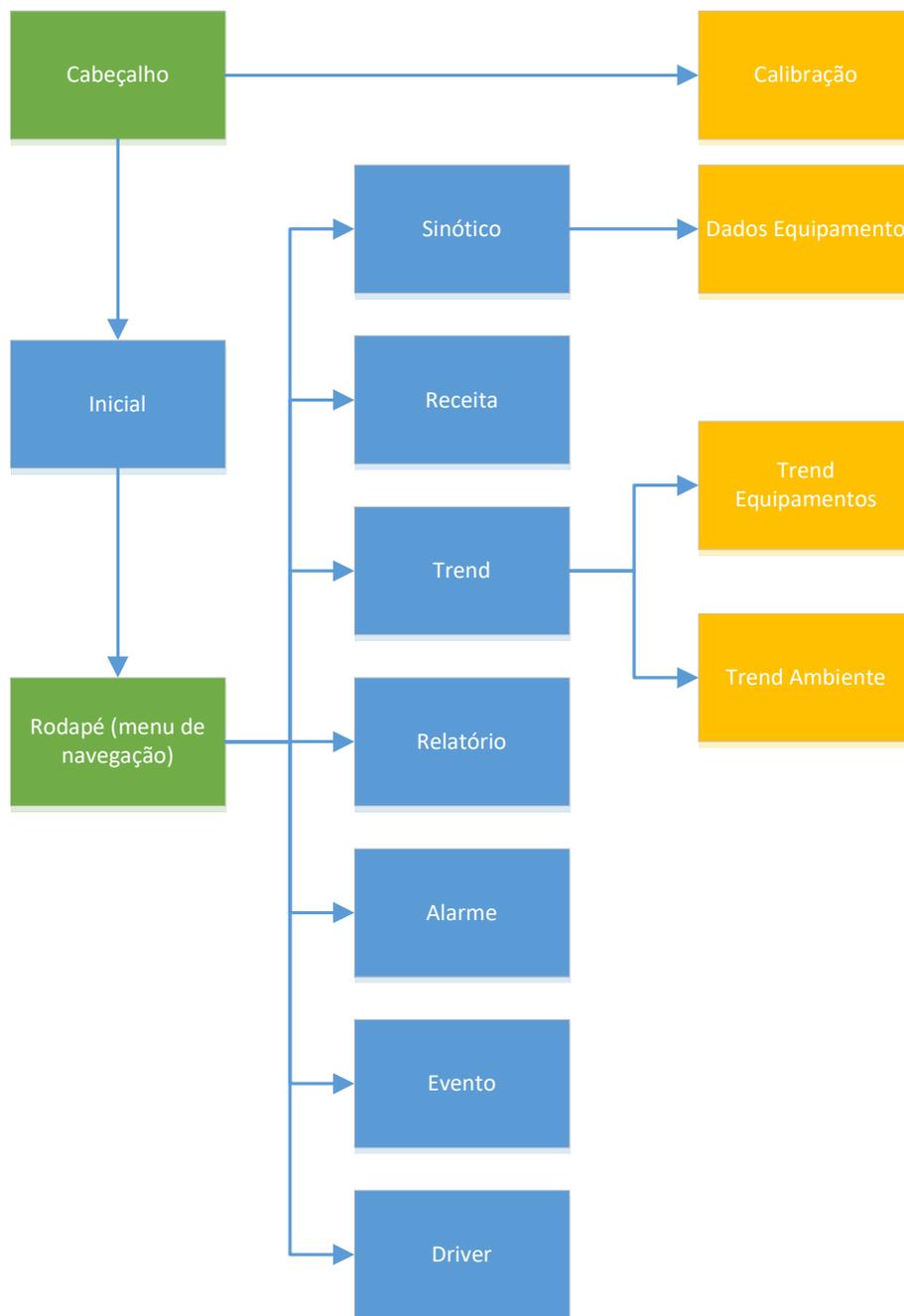


Figura 5.22 – Hierarquia das telas

5.2.2.6 DESENHO DE TELAS

A partir da determinação das telas e a hierarquia de cada uma, começamos, de fato, a criação das telas gráficas. Primeiramente começamos com a base, criando as telas de cabeçalho, rodapé (menu de navegação) e inicial (que serviria de base para as outras telas). Tendo a tela inicial com as dimensões corretas e cor de fundo, a utilizamos de base para as demais telas.

5.2.2.6.1 Tela Cabeçalho



Figura 5.23– tela Cabeçalho

A tela Cabeçalho possui a *logo* do cliente, Universidade de Brasília, informações gerais como data e hora, como também informações do usuário logado (nome, grupo do usuário e nível de segurança do mesmo). A tela também conta com botões para auxiliar na navegação: botão “Anterior”, que retorna para a última tela acessada; botão “Ajuda”, que abre informações sobre como utilizar o supervisor; botão “Notepad”, que abre o bloco de notas do Windows; botão “Log on”, que permite o usuário “deslogar” do sistema e/ou “logar”, podendo ter outros privilégios, dependendo da conta de usuário “logada”(será abordado em detalhes a seguir em Planejamento do sistema de segurança); e o botão “Sair”, que mostra a seguinte frase quando o motor está desligado: “Tem certeza que deseja sair da aplicação do túnel de vento?”. Caso a resposta seja positiva, a aplicação é fechada, caso contrário, nada acontece, e, se o motor estiver ligado, e aperte o botão é mostrada a frase "Antes de sair, desligue o motor!". A seguir, código em VBScript que executa a função descrita (bdesligarMotor é a tag que guarda o status do motor, caso esteja desligado o valor é 1).

```
Dim res
If $bDesligarMotor = 1 Then
res = MsgBox($Ext("Tem certeza que deseja sair da aplicação do túnel de vento?"), vbYesNo
+ vbQuestion, $Ext("Sair da Aplicação"))
If res=vbYes Then $Shutdown()
Else
MsgBox("Antes de sair, desligue o motor!")
End If
```

5.2.2.6.2 Tela Rodapé



Figura 5.24- tela Rodapé

A tela Rodapé é uma tela simples, um menu de navegação com 7 botões em que cada um dá acesso às respectivas telas: Sinótico, Receita, Trend, Relatório, Alarme, Evento e, por último, Driver.

5.2.2.6.3 Tela Inicial



Figura 5.25 – tela inicial

A tela Inicial, da mesma forma, é simples e apenas mostra o nome do equipamento “Túnel de Vento”.

5.2.2.6.4 Sinótico



Figura 5.26– tela Sinótico com o seletor em manual.



Figura 5.27– tela Sinótico com o seletor em automático.

A tela Sinótico é uma tela de visão geral, ou seja, é uma tela que apresenta ao operador uma visão global do processo, sob visualização imediata na operação da planta (Castrucci Plínio, p.147 cap 5).

Na parte superior esquerda, há o botão “Ligar”. Ao pressioná-lo, a tag *bLigarMotor* é setada e o motor passa a seguir a referência de velocidade definida pelo usuário ou ao utilizar alguma receita. Logo abaixo, há dois campos: “DADOS DO AMBIENTE” e “EQUIPAMENTO TESTADO”. Os dois mostram os valores dos sensores instalados na planta como pode ser visto na Figura 5.26 e Figura 5.27. Na parte inferior, há a imagem do túnel de vento, onde, ao se clicar na região da câmara de ensaio, abre-se uma tela, tipo popup, que mostra informações do equipamento testado – em trabalhos futuros, mostrará, em tempo real, a imagem de dentro da câmara ao vivo, bastando conectar uma câmera IP.

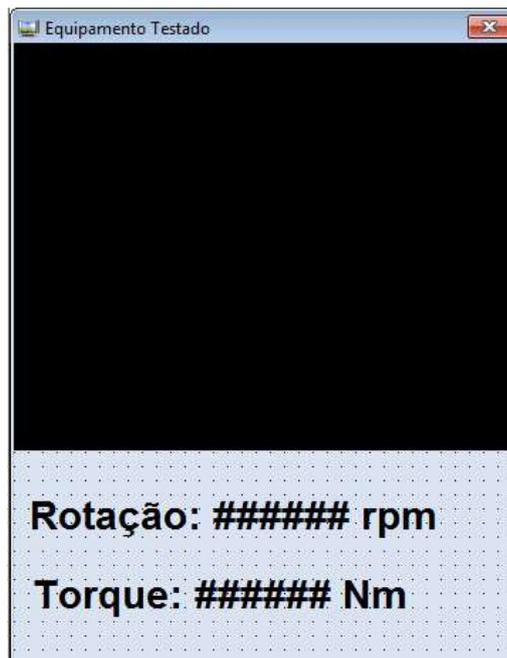


Figura 5.28– tela, tipo popup, informações do equipamento.

Na região do ventilador, pode-se visualizar o desenho de um motor que mostra o status do motor da planta, o qual fica verde quando ligado e vermelho quando desligado.

Há dois modos de operação, o manual e o automático, que podem ser escolhidos pelo usuário a partir do seletor “Manual/Automático”. O modo manual permite que o usuário insira a velocidade do motor de forma escrita (pela caixa de texto ao lado do “Velocidade:”) ou utilizando o *slider*, selecionando a velocidade desejada que respeite os limites máximos e mínimos definidos pela Engenharia (ver figura a seguir), que precisa apenas ajustar os valores das tags *nVelocidadeMinimalInversor* e *nVelocidadeMaximalInversor*.

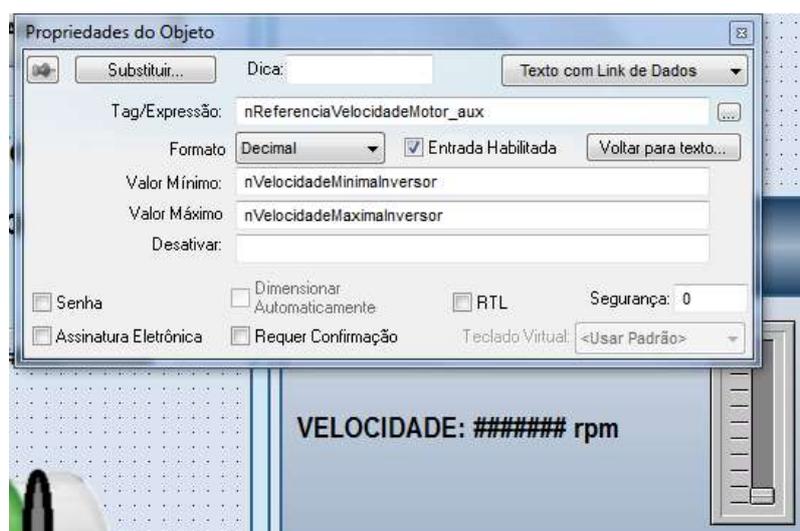


Figura 5.29 – limites de velocidade na entrada de dados.

O valor selecionado (textual ou pelo *slider*), por medidas de segurança, é passado como referências para o CLP apenas se o usuário clicar no botão “CARREGAR” ou apertar a tecla F5.

O modo automático permite que o usuário, ao clicar no botão “CARREGAR”, escolha uma das receitas já salvas e a carregue. Os valores dos tempos e velocidades podem ser visualizados na tabela (a direita da tela) e, visto que a receita está correta, o usuário pode apertar o botão ligar e a receita é encaminhada para o CLP, o qual começa a rodar os valores programados na receita.

O botão “Carregar” verifica se a entrada é automática ou manual, recebe as velocidades de vento escolhidas pelo usuário (em m/s) e transforma em rpm enviando as rotações para o CLP utilizando os Alfas e Betas (parâmetros de calibração) que serão abordados no item 5.2.3 CONTROLE DA VELOCIDADE DO VENTO.

5.2.2.6.5 Tela Receita



Figura 5.30– tela Receita.

Para que seja possível carregar programas que realizem o mesmo experimento, é necessária a tela receita. A receita armazena as velocidades de referência e os tempos que essas deverão ficar. Com isso, é possível melhorar a comparação dos resultados por ter as mesmas condições nos experimentos.

A tela de receita tem uma tabela onde é possível visualizar receitas, editá-las ou criá-las. Para criá-las, basta preencher a tabela com as informações de tempo e velocidade, colocar um nome para receita e apertar o botão “Salvar”. Caso os valores sejam válidos e o nome da receita seja diferente das outras receitas, a receita é salva. Caso já exista o nome,

pergunta-se se o usuário deseja sobrescrever a receita; se a resposta for sim, a receita é sobrescrita; caso contrário, nada acontece e a receita não é salva. Já o botão “Procurar” busca na pasta onde as receitas são salvas todas as receitas e as mostra ao usuário, que seleciona, abre e carrega a receita de seu interesse. Já o botão “Carregar” procura a receita que está escrita no campo “Nome Receita:”. Caso a encontre, a carrega, se não, não faz nada. Já o botão “Deletar” busca todas as receitas, mostra para o usuário a receita que ele seleciona, pergunta se deseja realmente deletá-la; em caso afirmativo, a receita é deletada.

5.2.2.6.6 Telas Trends



Figura 5.31– tela Trend.

A tela Trend possui um gráfico de tendência onde podem ser visualizadas todas as variáveis monitoradas do ambiente e do sistema. Essas informações são salvas e atualizadas online, o que permite visualizar o processo em tempo real quanto voltar e verificar o histórico das variáveis.

A tela também possui dois botões, onde cada um abre uma página popup com apenas as informações do equipamento testado e a outra com os dados do ambiente. Essas páginas estão configuradas para serem abertas no segundo monitor, o que permite abri-las e mudar de tela e continuar acompanhando os gráficos das variáveis simultaneamente.

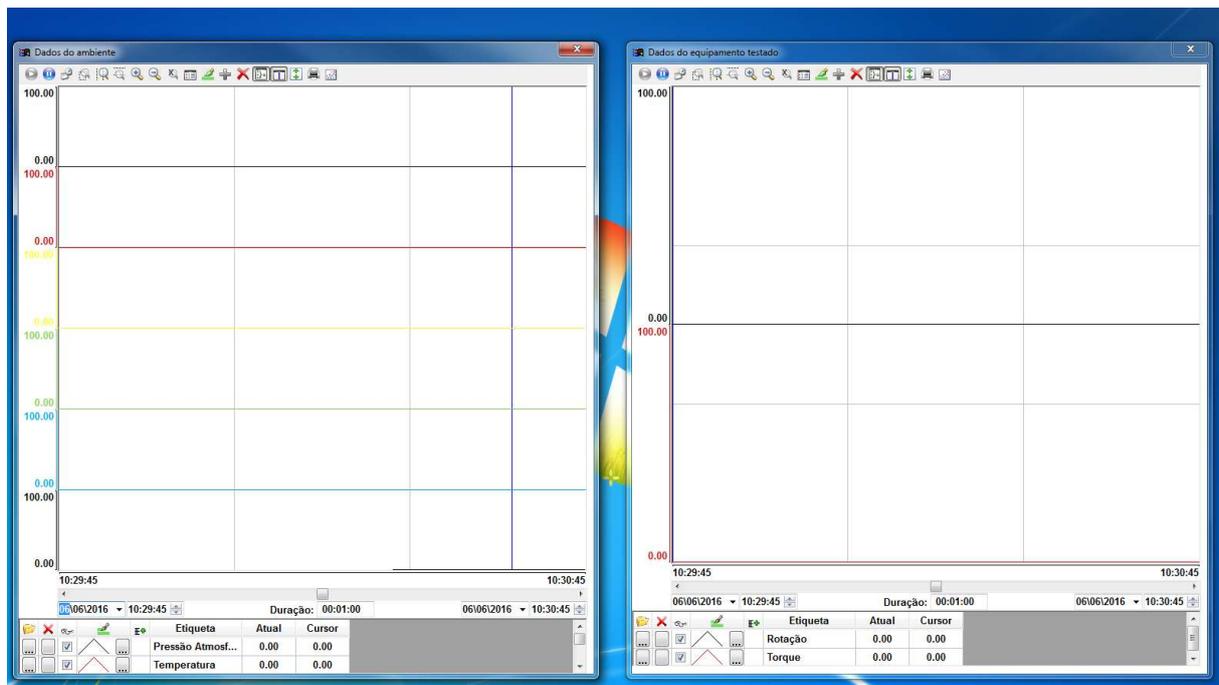


Figura 5.32– telas trend do tipo popup.

5.2.2.6.7 Tela Relatório



Figura 5.33 – tela Relatório.

O relatório é de suma importância para o projeto, pois é o resultado do experimento. A tela é bem simples, composta de dois botões e um campo texto. O campo texto é onde deve ser colocado o nome do relatório a ser salvo. O botão “Gravar Relatório” gera um arquivo texto e começa a gravar os dados; ao mesmo tempo, o botão muda, fica vermelho e com a frase “Parar Gravação”; basta clicar novamente para a gravação parar. O botão “Abrir Relatório” mostra todos os relatórios salvos na pasta a ele destinada; ali o usuário pode selecionar o que

Ihe interessa e assim abrir, no bloco de notas, o relatório salvo. A seguir, um relatório gerado automaticamente.

=====

RELATÓRIO DADOS EQUIPAMENTO - TÚNEL DE VENTO

=====

Usuário: Lucas Entreportes

Dia/Hora: 02/10/2015

=====

Hora	Rotação	Torque
11:58:02	65520.0000	65510.0000
11:58:03	65520.0000	65510.0000
11:58:04	65520.0000	65510.0000
11:58:05	65520.0000	65510.0000
11:58:07	65520.0000	65510.0000
11:58:08	65520.0000	65510.0000
11:58:09	65520.0000	65510.0000
11:58:10	65520.0000	65510.0000
11:58:11	65520.0000	65510.0000

=====

RELATÓRIO DADOS DO AMBIENTE - TÚNEL DE VENTO

=====

Usuário: Lucas Entreportes

Dia/Hora: 02/10/2015

=====

Hora	Temperatura	Umidade do Ar	Pressão Atmosférica	Velocidade do Vento
11:58:02	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:03	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:04	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:05	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:07	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:08	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:09	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:10	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000
11:58:11	7.000000	65512.000000	0.000000	65528.000000

5.2.2.6.8 Alarme



Figura 5.34 – tela Alarme.

Os alarmes são importantes, tanto para verificar o histórico do equipamento quanto para notificar o usuário sobre possíveis problemas, como porta da câmara de ensaio aberta ou botoeira de emergência acionada.

O alarme online mostra os alarmes em tempo real. À medida que acontece algum problema, o usuário é notificado, permitindo que reconheça cada um dos alarmes e tome as medidas necessárias.

O alarme histórico mostra todos os alarmes ocorridos e dá mais detalhes, como hora de normalização, reconhecimento, usuário que estava conectado na hora do alarme. Isso é importante para identificar quando ocorreu, quem estava presente na hora do alarme, quais medidas foram tomadas ou não.

5.2.2.6.9 Evento

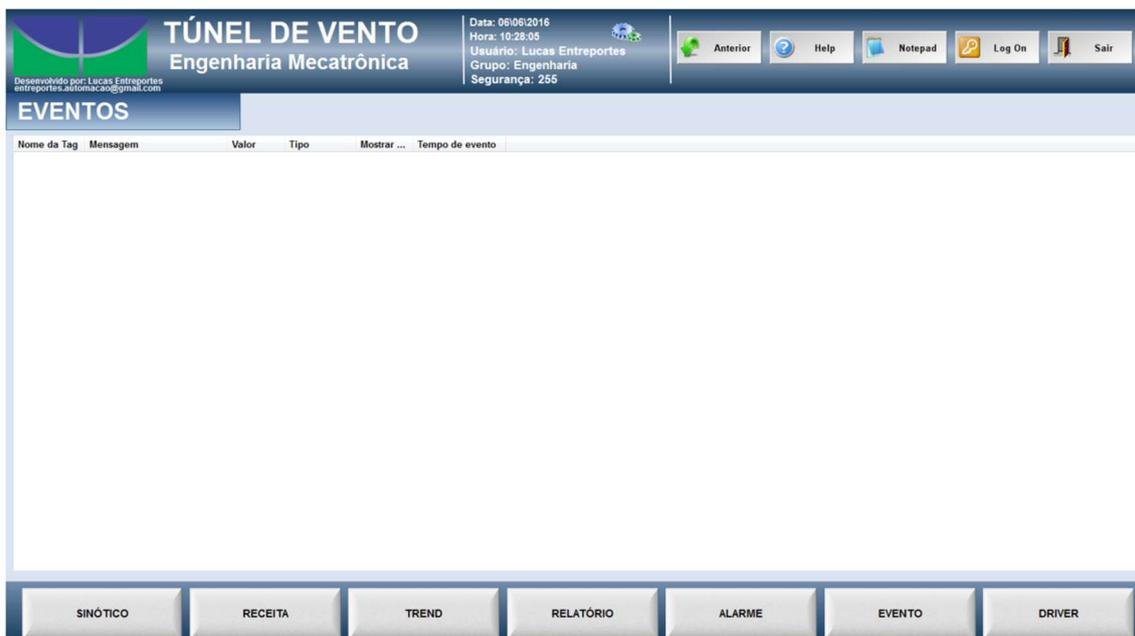


Figura 5.35 – tela Evento.

A tela de evento é similar à tela de alarme, porém ela notifica diversas ações, de perigo ou não, como por exemplo: abrir ou criar uma receita, gerar um relatório, abrir ou fechar tela, horários em que o motor foi ligado e desligado, usuários que “logaram”, falhas de comunicação, entre outros.

5.2.2.6.10 Driver



Figura 5.36 – tela Driver.

A tela Driver foi criada para verificar a comunicação com o CLP da Siemens e o supervisor através do driver de comunicação SIETH. Como se tem 3 folhas padrão (será abordado em mais detalhes quando se discorrer sobre a comunicação), foram criados 3 grupos para verificar se a comunicação tanto para ler quanto para escrever estão sendo realizadas ou não, e, caso contrário, qual o código do erro que pode ser verificado no manual da driver de comunicação SIETH (Anexo X), como pode ser verificado na Figura X – tela Driver a folha principal no Estado Leitura está com o código 2045, que significa *timeout* – o cabo de rede não estava conectado, então, não foi possível fazer as leituras.

5.2.2.6.11 Calibração



Figura 5.37 – tela Calibração.

A tela Calibração foi desenvolvida com o objetivo de calibrar o controle de malha aberta. Com ela é possível modificar a velocidade do motor em rpm ajustando até as velocidades solicitadas, ao encontra-las basta inserir nos campos correspondentes e apertar o botão *Set Alfas e Betas*. Também foi realizado um controle de entrada de velocidades onde colocou-se uma margem de valores para a inserção em cada campo. Por exemplo, com uma turbina pequena de carregamento a velocidade que gera 3m/s de vento é 85rpm, logo este parâmetro nunca passará do intervalo de [70,95] como pode ser visto na Figura 5.38.



Figura 5.38 – Controle de entrada nos parâmetros de calibração

Ao apertar o botão *Set Alfas e Betas* roda um *script* que calcula 3 alfas e 3 betas correspondentes a cada reta de calibração, já atualizando o controle de malha aberta (Figura 5.39).

5.2.2.7 GRÁFICO DE TENDÊNCIAS (TRENDS)

Como mencionado anteriormente, o gráfico de tendências (*trend*) é um ótimo recurso que facilita a visualização e o comportamento das variáveis monitoradas. Com ele é possível visualizar a curva da variável e, assim, saber qual a tendência da curva, se tende a crescer, diminuir ou manter-se estável.

O projeto possui 3 gráficos de tendências. O primeiro foi idealizado com o intuito de o pesquisador/usuário observar as informações apenas do equipamento testado (torque e rotação), tendo a opção de visualizar apenas um, bastando tirar o *tick* presente na barra inferior do trend, que pode ser aberto clicando no botão “EQUIPAMENTO TESTADO” presente na tela “TENDÊNCIAS”. O segundo pode ser acessado clicando no botão “DADOS DO AMBIENTE”, na mesma tela, e apresenta o *trend* com as variáveis temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento. O terceiro e último *trend* é a união

de todas as variáveis monitoradas e são apresentados na própria tela “TENDÊNCIAS” onde é possível visualizar o gráfico em tempo real de todas as variáveis e também com a opção de deixar invisíveis as que não forem de interesse do pesquisador.

5.2.2.8 PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE SEGURANÇA

Outro ponto importante para o projeto foi o sistema de segurança. Era indispensável um controle de acesso à utilização do equipamento, pois o Túnel de Vento, atualmente, está disponível para toda a comunidade e qualquer pessoa pode ligá-lo. Para resolver este problema, foram criados tipos de conta de usuário, a saber:

1. Engenharia: tem acesso a todos os recursos do supervisório desenvolvido e também pode fazer alterações no projeto, como mudança de telas, criação ou exclusão de telas, parametrização de comunicação, entre outros.
2. Supervisão: tem acesso a todos os recursos do supervisório desenvolvido, criar e excluir contas de usuário.
3. Operador: tem acesso a todos os recursos do supervisório desenvolvido;
4. Visitante: Só pode visualizar as telas, mas não consegue ligar, criar ou excluir receitas e relatórios.

5.2.3 CONTROLE DA VELOCIDADE DO VENTO

O controle utilizado no projeto foi o controle em malha aberta por partes. Inicialmente, foi proposto o controle em malha fechada, PID, porém, o fornecimento dos sensores se estendeu impossibilitando a implementação do mesmo. Devido a isto, foi feito o controle em malha aberta.

Primeiramente foram realizados testes utilizando os parâmetros da regressão linear, porém os resultados não foram satisfatórios pois aproximávamos a erros por volta de 3%. Então para diminuir este erro foi proposto o controle em malha aberta por partes. Os intervalos foram definidos nas seguintes velocidades em m/s: {[3,7), [7,11), [11,14]} (foi escolhido 14m/s e não 15 – que manteria a mesma proporção – pois 15m/s gera muito vento no laboratório podendo danificar outros equipamentos). Logo não seria apenas uma regressão, mas 3 regressões, conforme a equação (1).

$$Velocidade\ Refer\ência_{INVERSOR} = Velocidade\ Refer\ência_{VENTO} * Alfa_i + Beta_i \quad (1)$$

O usuário fornece as rotações que cada um dos pontos (3,7,11,14 m/s) através da tela Calibração e com estas informações e ao apertar o botão *Set Alfas e Betas* roda o *script* mostrado na Figura 5.39.

```

$rAlfa[1]      = ($nRpmRef7 - $nRpmRef3) / (7 - 3)
$rBeta[1]     = $nRpmRef7 - ($rAlfa[1] * 7)

$rAlfa[2]     = ($nRpmRef11 - $nRpmRef7) / (11 - 7)
$rBeta[2]     = $nRpmRef11 - ($rAlfa[2] * 11)

$rAlfa[3]     = ($nRpmRef14 - $nRpmRef11) / (14 - 11)
$rBeta[3]     = $nRpmRef14 - ($rAlfa[3] * 14)

```

Figura 5.39 – Script que calcula Alfas e Betas.

O *script* mostra o cálculo dos parâmetros Alfa e Beta de cada parte, uma equação do primeiro grau que altera apenas a inclinação (Alfa) e o ponto de corte (Beta). Logo, o controle de malha aberta por partes escolhe a equação que corresponde ao intervalo que está inserido o *Setpoint*, alterando o valor 'j', como pode ser visto no *script* abaixo.

```

If $nReferenciaVelocidadeMotor_aux < $nVelocidadeMinimalInversor Or $nReferenciaVelocidadeMotor_aux >
$nVelocidadeMaximalInversor Then
    MsgBox("Erro! Velocidade deve estar entre as velocidades configuradas pelo inversor.")
Else
    If $nReferenciaVelocidadeMotor_aux < 7 Then
        j=1
    Else
        If $nReferenciaVelocidadeMotor_aux < 11 Then
            j=2
        Else
            j=3
        End If
    End If
    $nReferenciaVelocidadeMotor = $nReferenciaVelocidadeMotor_aux*$rAlfa[j]*$rAlfa_aux+$rBeta[j]+$rBeta_aux
End If

```

Após feita a calibração (com o sistema carregado com uma turbina) obtivemos os seguintes valores para os parâmetros:

```

Alfa[1] = 27,5;
Beta[1]=2,5;

```

```

Alfa[2] = 25;
Beta[2]=20;

```

```

Alfa[3] = 25,333;
Beta[4]=16,333;

```

Com estes valores de foram realizados testes para encontrar o erro em regime permanente em cada intervalo de controle. A Figura 5.40 mostra a curva de calibração e os resultados obtidos.

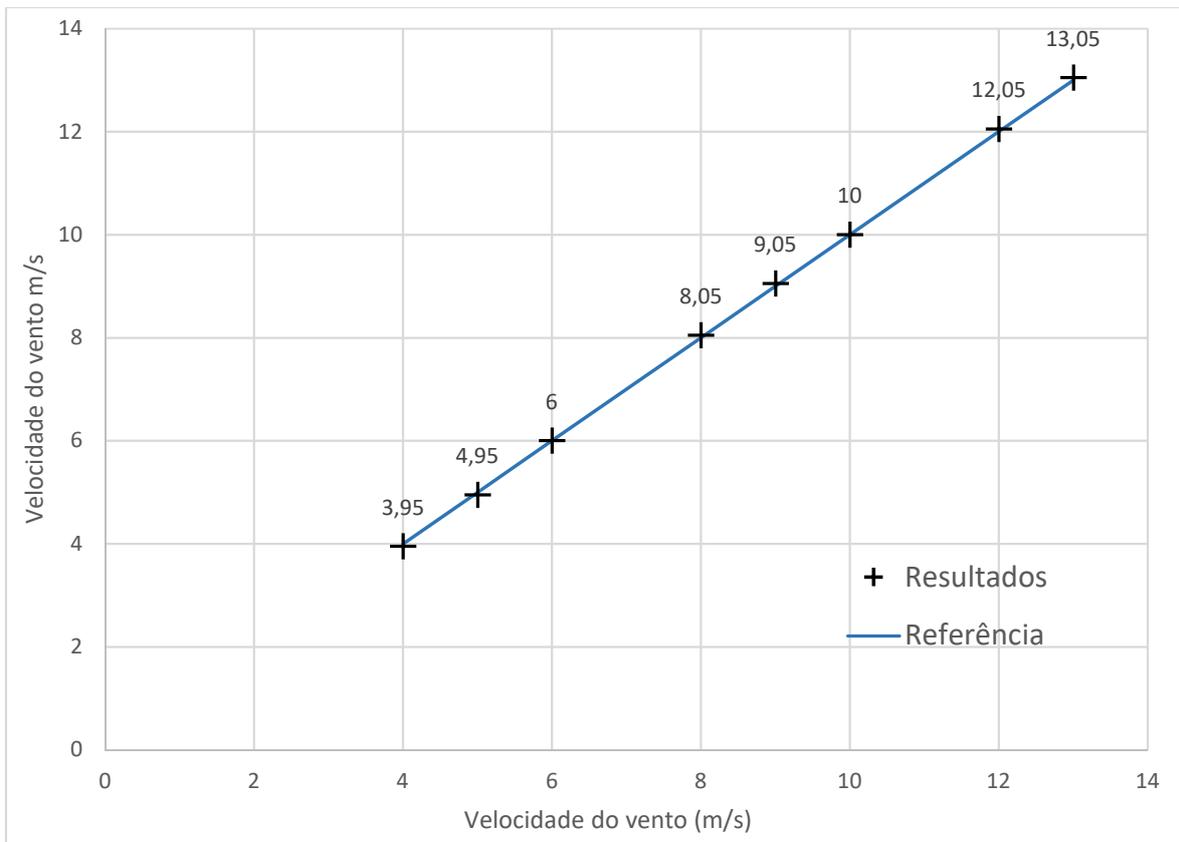


Figura 5.40 – Resultado do controle de malha aberta

Como pode se observar houve um erro máximo de 1,25%, na velocidade de 4m/s (mediu-se 3,95m/s – ver Figura abaixo), porém o erro instrumental é maior, logo o resultado foi satisfatório (ver as figuras abaixo para observar o instrumento de medição para velocidade do vento, um manômetro da SkillTech).



Figura 5.41- Velocidade do vento com referência de 12m/s.



Figura 5.42- Velocidade do vento com referência de 10m/s.



Figura 5.43 - Velocidade do vento com referência de 9m/s.



Figura 5.44- Velocidade do vento com referência de 8m/s.



Figura 5.45- Velocidade do vento com referência de 13m/s.

6. CONCLUSÃO

O sistema foi implementado com sucesso e colocado para testes nos meses de maio a outubro de 2016. Até o momento, os pesquisadores da Universidade de Brasília aprovaram a automação do Túnel de Vento e não tiveram nenhum problema com o sistema supervisor. Houve apenas uma única ocorrência, um problema no Windows, em que foi necessário formatar o computador para rodar os outros programas utilizados pelos pesquisadores.

O controle de malha aberta teve bons resultados com um erro em regime permanente de no máximo 1,25%, quando parametrizado para cada equipamento testado. Porém, a necessidade de parametrização exige um gasto de tempo, logo recomenda-se que seja feita a compra do sensor de velocidade de vento, o controle de malha fechada (PID) seja implementado e a parametrização do inversor de frequência, CFW09, seja revisto, pois parâmetros como rampa de velocidade, banda morta, entre outros, podem atrapalhar a resposta do controle de malha fechada.

Por conseguinte, a solução e todos os objetivos específicos foram aprovados pelos usuários e espera-se que, no próximo trabalho, seja realizado o controle da velocidade do vento com malha fechada e melhorias como integração com câmera IP na câmera de teste e acesso Web.

Este sistema pode ser facilmente replicado em outros túneis de vento, todo o supervisor se repetiria, mudando apenas parâmetros, como velocidades máximas e mínimas, e cadastro de usuários. Já a metodologia da automação também pode ser utilizada em outros sistemas a serem automatizados (definição dos problemas, levantamento de requisitos, especificação de hardware e software, projetos, implementação e comissionamento).

7. BIBLIOGRAFIA

- AEROALCOOL. (11 de 2015). Datasheet Túnel de Vento Subsônico AA-TVSH50. *Túnel de Vento Subsônico AA-TVSH50*.
- EPUSP, ROCKWELL AUTOMATION. (s.d.). *Automação Elétrica de Processos Industriais*.
- FILHO, B. (s.d.). *Curso de Controladores Lógicos Programáveis*.
- INDUSOFT. (2010). *Tech Note - Application Guidelines*.
- MORAES, C. C., & CASTRUCCI, P. D. (2015). *Engenharia de automação industrial (2ª ed.)*. Rio de Janeiro: LTC.
- NAKAGAWA, H. R. (2009). Controle de vazão de líquido utilizando software de programação de CLP. Ouro Preto, MG.
- NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURE ASSOCIATION. (2013). ICS 61131-1 Programmable Controller, part 1 General information. *Norma*.
- PETRUZELLA, F. D. (2014). *Controladores Lógicos Programáveis*. AMGH Editora Ltda.
- REIS, A., & NETO, E. (2015). Projeto e implementação em controlador industrial para posicionamentos de risers com validação experimental. Brasília.
- SIEMENS. (2014). *Simatic Step 7 Professional V13.0 System Manual*.
- SIEMENS. (2015). *Simatic S7-1200 Easy Book Manual*.
- WEG. (2004). *Manual do inversor de frequência CFW09 versão:2.6X*.
- WEG AUTOMAÇÃO. (2004). *Guia de aplicação de inversores de frequência (2ª ed.)*. Jaraguá do Sul.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Projeto quadro de automação

Apêndice 2 – Programação do Controlador S7-1200 SIEMENS

QUADRO DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE DO TÚNEL DE VENTO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – BLOCO G

DOCUMENTOS:

<u>DOCUMENTOS:</u>	<u>Nº DO DESENHO / FOLHA:</u>
CAPA	CAPA
LAYOUT DE QUADRO	LQ-UNB-1
ESQUEMA ELÉTRICO CONEXÃO ENTRE MÓDULOS CLP	EE-UNB-1
ESQUEMA ELÉTRICO CPU	EE-UNB-2
ESQUEMA ELÉTRICO MÓDULO EXTENSÃO 8AI	EE-UNB-3
ESQUEMA ELÉTRICO CARTÃO CONTROLE CFW09	EE-UNB-4
DETALHE DE BORNEIRA 1	DB-UNB-1

REVISÕES

DESCRIPTIVO DE REVISÕES

REVISÃO 0	06/10/2015	LE
REVISÃO 1	24/10/2015	LE
REVISÃO 2	13/12/2015	LE'
REVISÃO 3	24/02/2016	FB

- Sistema de Controle Ambiental
- Sistema de Automação
- Sistemas de Sonorização
- Sistemas de Incêndio
- Sistemas de Segurança
- Serviços de Iluminação
- Instalação de Sistemas de Medição
- Operações de Gerenciamento Predial
- Controle de Conservação de Energia
- Programas de Treinamento
- Resultados de Performance
- Acordos de Serviços

Título do Projeto

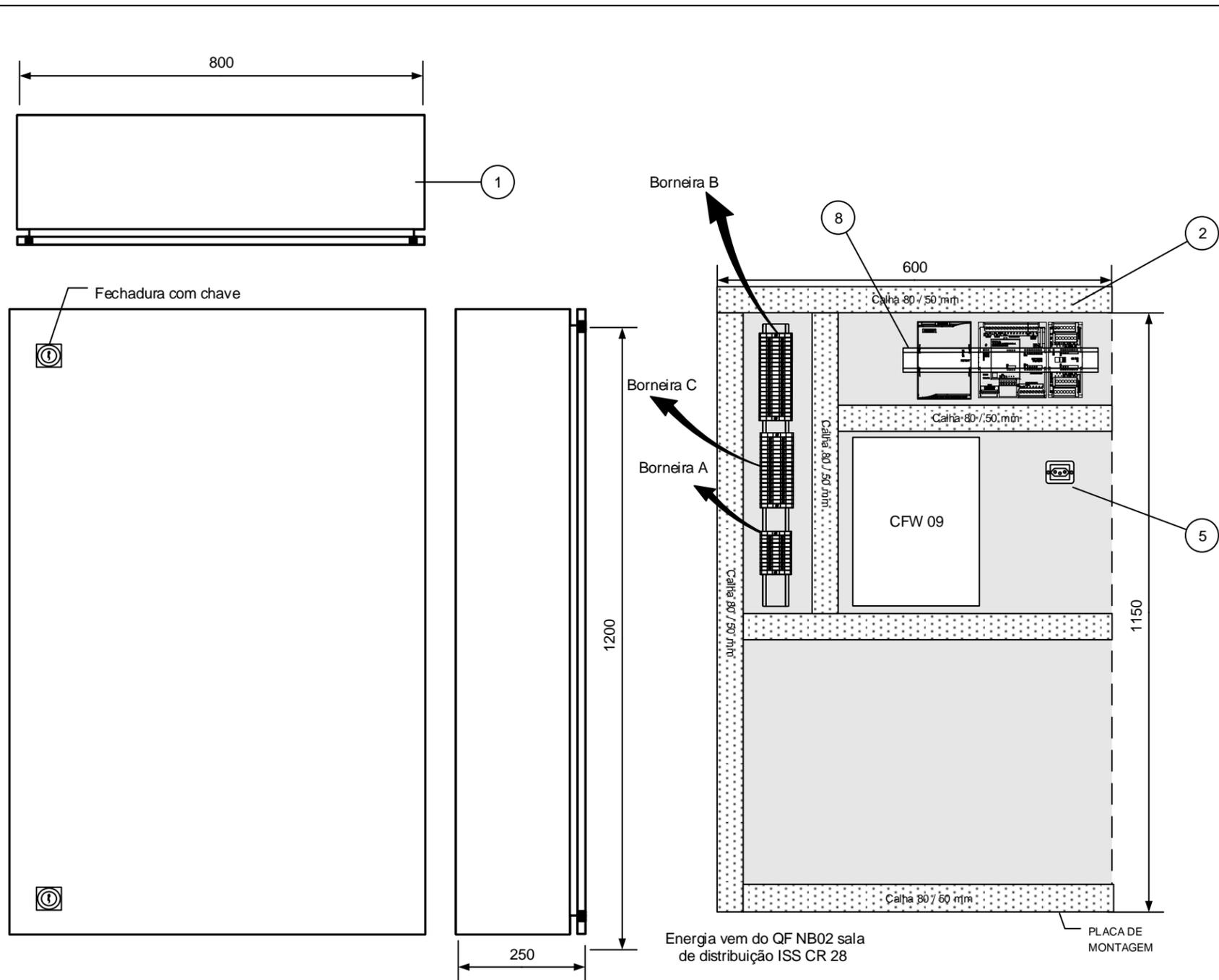
**AUTOMAÇÃO E CONTROLE
TÚNEL DE VENTO - UNB**

Brasília - DF

Engenheiro Resp.:

Lucas de Souza Silva Empreportes
lucasempreportes@hotmail.com
+55 61 8166-4662

DESENHO DE REFERÊNCIA	NO.	LOCAL DE REVISÃO	ECN	DATA	POR
DADOS DA FILIAL					
ENG. DE VENDAS	GERENTE DE PROJETO	ENG. DE APLICAÇÃO	DATA	NUMERO DO CONTRATO	



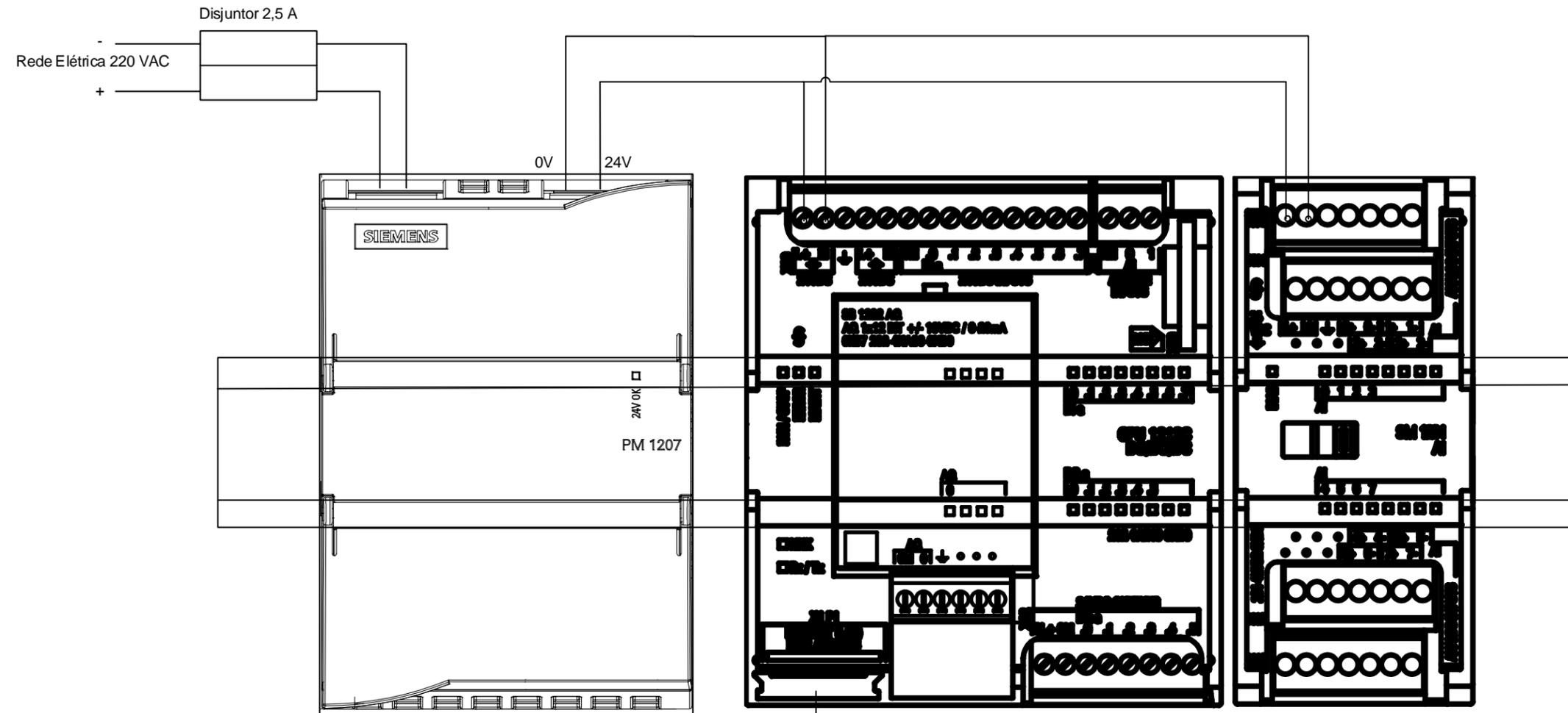
Esc. 1:10
Dimensões em mm.

LISTA DE MATERIAIS			
ITEM	QDE	DESCRIÇÃO	FABRICANTE
1	1	PAINEL 1200 X 800 X 250 mm	CEMAR
2	6	CALHA (m)	
3	1	DISJUNTOR UNIPOLAR 10A	SIEMENS
4	3	TRILHO DIN (m)	
5	1	TOMADA 2P+T 250VAC (Sobrepor)	PIAL
6	3	POSTE FINAL EW 35	CONEXEL
7	42	BORNE SIMPLES 2,5mm ²	CONEXEL
8	1	CONTROLADOR S7-1200 - CPU	SIEMENS
9	1	S7-1200 - Módulo Analógico	SIEMENS
10	4	S7-1200 - Fonte	SIEMENS
11	1	BORNE TERRA	CONEXEL

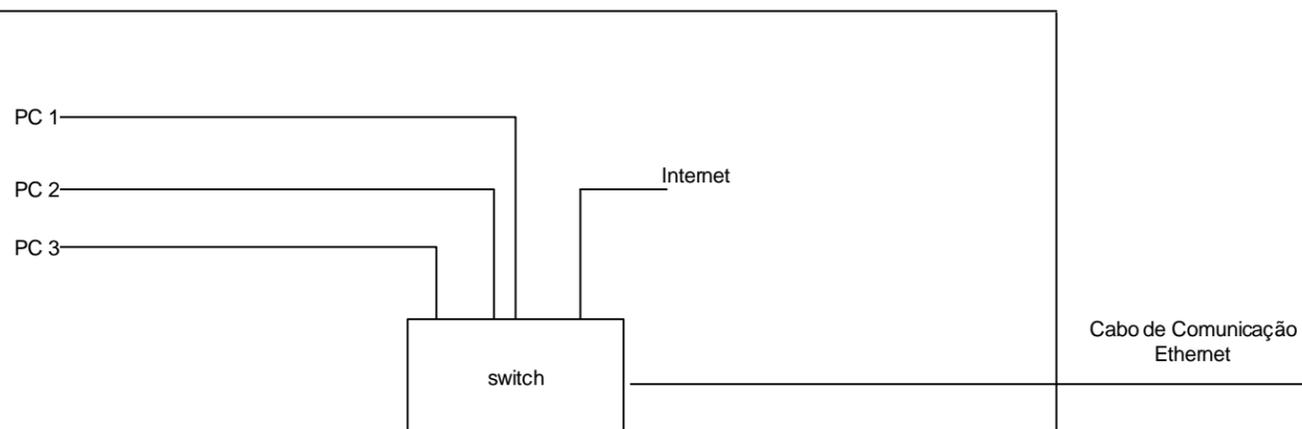
Observações:

1- Parte do quadro já está montada, caso haja alguma modificação no projeto, favor informar para confecção do *As Built*

Título do Desenho									
Layout de Quadro									
DESENHO DE REFERÊNCIA		NO.		LOCAL DA REVISÃO		ECN		DATA	
Eng. Vendas	Gerente De Projeto	Eng. De Aplicação	DESENHO	APROVADO					
			FOR	DATA	FOR	DATA			
Título do Projeto		Dados Da Filial		NÚMERO DO CONTRATO					
Túnel de Vento - UnB									
Brasília - DF				NÚMERO DO DESENHO					
				LQ-UNB-1					



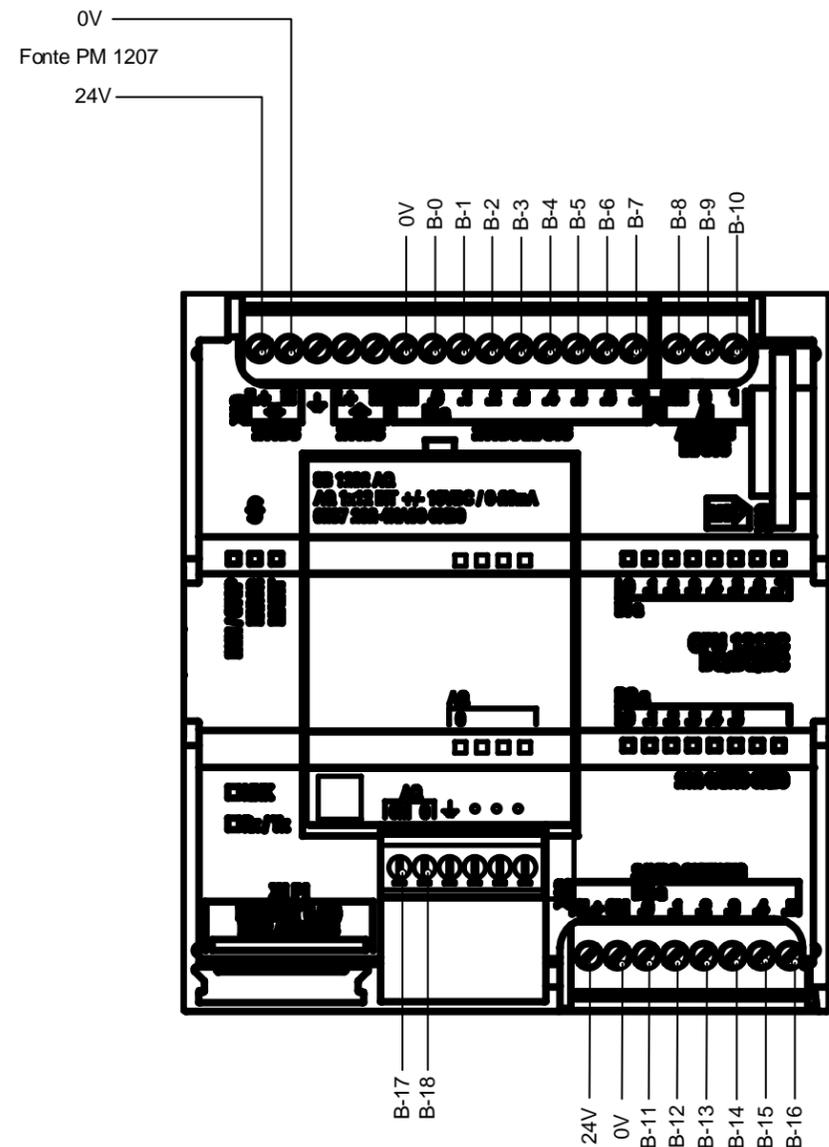
INTERLIGAÇÃO DE REDE



NOTAS :

- * AI-Analogic Input (Entrada Universal);
- * DI-Digital Input (Entrada Digital);
- * AQ-Analog Output (Saída Analógica);
- * DQ-Digital Output (Saída Digital);
- * L+ - 24 V
- * M - 0 V

Título do Desenho									
Esquema Elétrico									
Conexão entre módulos									
DESENHO DE REFERÊNCIA		NO.		LOCAL DA REVISÃO		ECN		DATA	
Eng. Vendas	Gerente De Projeto	Eng. De Aplicação	DESENHO	PO R	DATA	PO R	DATA	NÚMERO DO CONTRATO	
Título do Projeto								NÚMERO DO DESENHO	
Túnel de Vento - UnB								EE-UNB-1	
Brasília - DF									

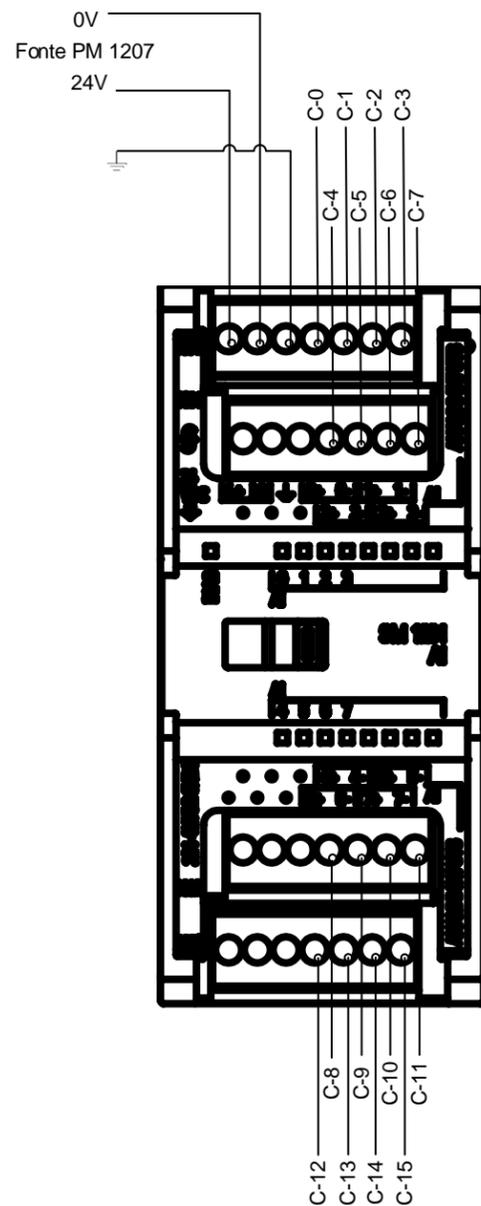


PLANILHA DE PONTOS - S7-1200 CPU1212C DC/DC/DC				
Pontos	Interligação	PLC	Supervisório	Descrição
L+ (in)	24V	-	-	Alimentação 24V
M (in)	0V	-	-	Alimentação 0V
Terra	Terra	-	-	Terra
L+ (out)	-			
M (out)	-			
1M	0V	-	-	Referência 0V
DI-0	B-0	Emergencia	bEmergencia	Estado acionamento de Emergência
DI-1	B-1	Porta_Aberta	bPortaAberta	Estado porta aberta do túnel
DI-2	B-2			
DI-3	B-3			
DI-4	B-4			
DI-5	B-5			
DI-6	B-6			
DI-7	B-7			
2M	B-8	-	Referência CFW09	Referência 0V saída analógica do Inversor
AI-0	B-9		nVelocidadeMotor	Velocidade do motor estimada pelo Inversor
AI-1	B-10		nCorrenteMotor	Corrente do motor estimada pelo Inversor
3L+	24V	-	-	Alimentação 24V saída digital
3M	0V	-	-	Alimentação 0V saída digital
DQ-0	B-11	Ligar	bLigarMotor	Comando para o Inversor Liga/Desliga Motor
DQ-1	B-12			
DQ-2	B-13			
DQ-3	B-14			
DQ-4	B-15			
DQ-5	B-16			
0M	B-17	-	-	Referência 0V para saída analógica AQ-0 do CLP
AQ-0	B-18	Saida_Analogica		Sinal de controle de velocidade do motor (0...10V)

NOTAS :

- A planilha de pontos determina os pontos que estão sendo controlados. A coluna "**Ponto**" indica o tipo do ponto, se é:
 * AI-Analogic Input (Entrada Universal);
 * DI-Digital Input (Entrada Digital);
 * AQ-Analog Output (Saída Analógica);
 * DQ-Digital Output (Saída Digital);
 * L+ 24 V
 * M – 0 V
- A coluna "**Interligação**" indica a correta interligação do controlador com a bomeira.
- A coluna "**PLC**" indica o nome da tag no PLC.
- A coluna "**Supervisório**" indica o nome da tag no Supervisório.
- A coluna "**Descrição**" descreve o TAG.

Título do Desenho									
Esquema Elétrico									
EE - CPU									
DESENHO DE REFERÊNCIA		NO.		LOCAL DA REVISÃO		ECN		DATA	
Eng. Vendas	Gerente De Projeto	Eng. De Aplicação	DESENHO	PROJ	DATA	PROJ	DATA	APROVADO	
Título do Projeto								NÚMERO DO CONTRATO	
Túnel de Vento - UnB								NÚMERO DO DESENHO	
Brasília - DF								EE-UNB-2	

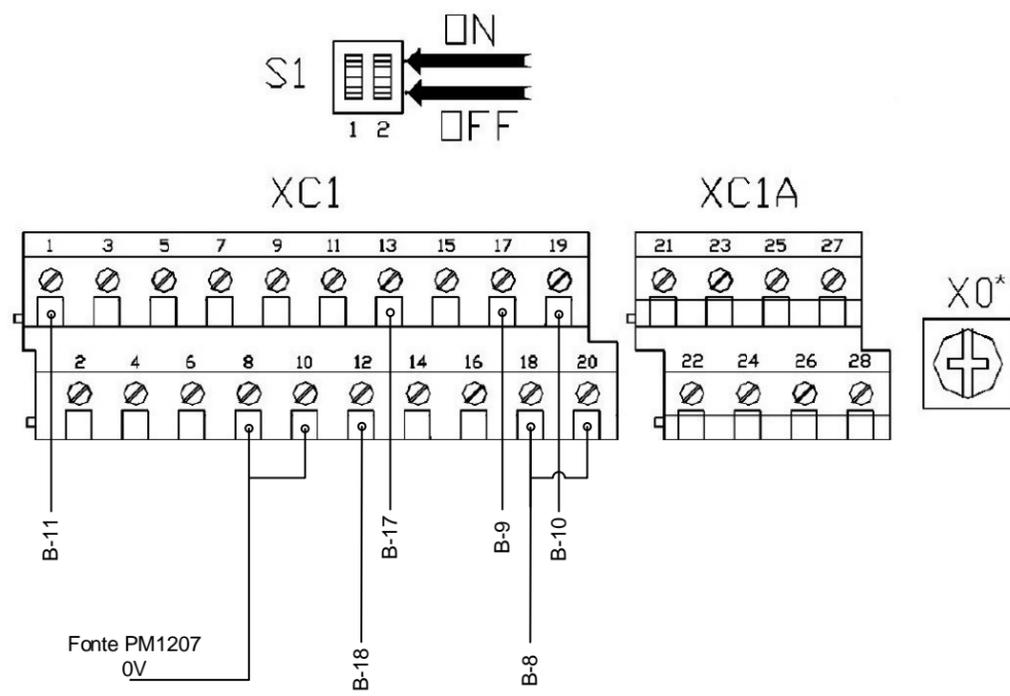


PLANILHA DE PONTOS - Módulo Expansão 8 AI				
Pontos	Interligação	PLC	Supervisório	Descrição
L+ (in)	24V			Alimentação 24 V
M (in)	0V			Alimentação 0 V
Terra	Terra			Terra
AI0+	C-0		rPressao	Sinal Sensor Pressão Atmosférica
AI0-	C-1			Referência 0 V Sensor
AI1+	C-2		rRotacao	Sinal Sensor Rotação
AI1-	C-3			Referência 0 V Sensor
AI2+	C-4		rTemperatura	Sinal Sensor Temperatura
AI2-	C-5			Referência 0 V Sensor
AI3+	C-6		rTorque	Sinal Sensor Torque
AI3-	C-7			Referência 0 V Sensor
AI4+	C-8		rUmidadeDoAr	Sinal Sensor Umidade do Ar
AI4-	C-9			Referência 0 V Sensor
AI5+	C-10		rVelocidadeVento	Sinal Sensor Velocidade do vento
AI5-	C-11			Referência 0 V Sensor
AI6+	C-12		rSensor7	Espaço livre para outros sensores
AI6-	C-13			Referência 0 V Sensor
AI7+	C-14		rSensor8	Espaço livre para outros sensores
AI7-	C-15			Referência 0 V Sensor

NOTAS :

1. A planilha de pontos acima determina os pontos que estão sendo controlados. A coluna "**Ponto**" indica o tipo do ponto, se é:
 * AI-Analogic Input (Entrada Universal);
 * DI-Digital Input (Entrada Digital);
 * AQ-Analog Output (Saída Analógica);
 * DQ-Digital Output (Saída Digital);
 * L+- Alimentação 24 V
 * M -Alimentação 0 V
2. A coluna "**Interligação**" indica a correta interligação do controlador com a bomeira.
3. A coluna "**PLC**" indica o nome da tag no PLC.
4. A coluna "**Supervisório**" indica o nome da tag no Supervisório.
5. A coluna "**Descrição**" descreve o TAG.

Título do Desenho									
Esquema Elétrico									
EE - Módulo de Extensão 8AI									
DESENHO DE REFERÊNCIA		NO.		LOCAL DA REVISÃO		ECN		DATA	
Eng. Vendas	Gerente De Projeto	Eng. De Aplicação	DESENHO	PROJ	DATA	PROJ	DATA	NÚMERO DO CONTRATO	
Título do Projeto								NÚMERO DO DESENHO	
Túnel de Vento - UnB								EE-UNB-3	
Brasília - DF									



PLANILHA DE PONTOS - CARTÃO DE CONTROLE DO INVERSOR CFW09

Pontos	Interligação	PLC	Supervisório	Descrição
S1.1	-			
S1.2	(OFF)	-	-	Chave seletora função da entrada analógica 1 do Inversor
XC1.1	B-11	Ligar	bLigarMotor	Entrada digital Inversor - função Gira/Pára
XC1.2	-			
XC1.3	-			
XC1.4	-			
XC1.5	-			
XC1.6	-			
XC1.7	-			
XC1.8	0V	-	-	Ponto comum das entradas digitais do Inversor
XC1.9	-			
XC1.10	0V	-	-	Referência 0V da saída digital do CLP (24V)
XC1.11	-			
XC1.12	B-18	Saida_Analogica	-	Entrada analógica 1 Inversor: referência de velocidade
XC1.13	B-17	-	-	Referência 0V da entrada analógica 1 do Inversor
XC1.14	-			
XC1.15	-			
XC1.16	-			
XC1.17	B-9		nVelocidadeMotor	Velocidade do motor estimada pelo Inversor
XC1.18	B-8	-	Referência CFW09	Referência 0V saída analógica do Inversor
XC1.19	B-10		nCorrenteMotor	Corrente do motor estimada pelo Inversor
XC1.20	B-8	-	Referência CFW09	Referência 0V saída analógica do Inversor
XC1A.21	-			
XC1A.22	-			
XC1A.23	-			
XC1A.24	-			
XC1A.25	-			
XC1A.26	-			
XC1A.27	-			
XC1A.28	-			

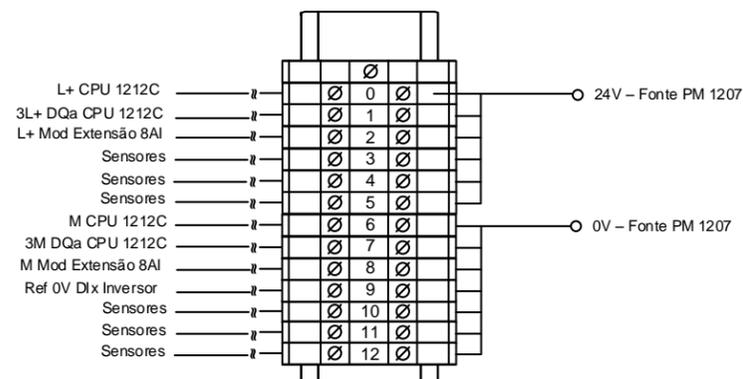
NOTAS :

- A planilha de pontos determina os pontos que estão sendo controlados. A coluna "**Ponto**" indica o tipo do ponto, se é:
 * AI-Analogic Input (Entrada Universal);
 * DI-Digital Input (Entrada Digital);
 * AQ-Analog Output (Saída Analógica);
 * DQ-Digital Output (Saída Digital);
 * L+ - 24 V
 * M - 0 V
- A coluna "**Interligação**" indica a correta interligação do controlador com a bomeira.
- A coluna "**PLC**" indica o nome da tag no PLC.
- A coluna "**Supervisório**" indica o nome da tag no Supervisório.
- A coluna "**Descrição**" descreve o TAG.

Título do Desenho											
Esquema Elétrico											
EE - Cartão Controle CFW09											
DESENHO DE REFERÊNCIA		NO.		LOCAL DA REVISÃO		ECN		DATA		PO R	
Eng. Vendas	Gerente De Projeto	Eng. De Aplicação	DESENHO	APROVADO							
			PO R	DATA	PO R	DATA					
Título do Projeto										NÚMERO DO CONTRATO	
Túnel de Vento - UnB										NÚMERO DO DESENHO	
Brasília - DF										EE-UNB-4	

BORNEIRA A (Alimentação)

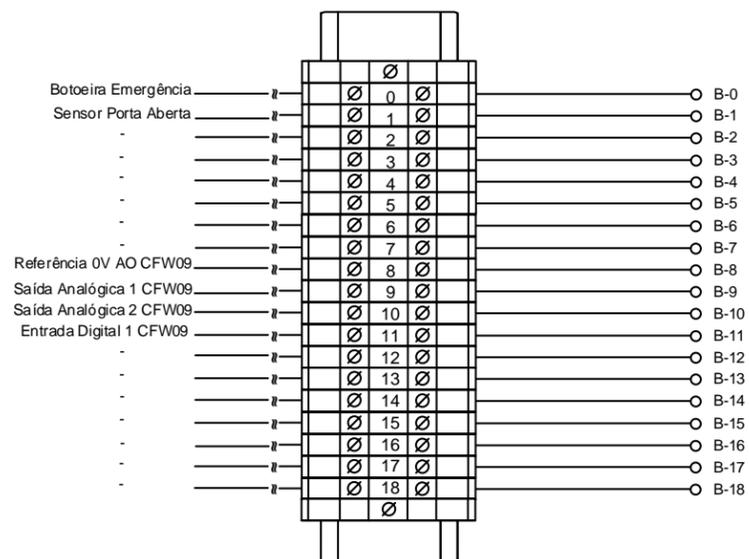
CAMPO/QUADRO



QUADRO

BORNEIRA B

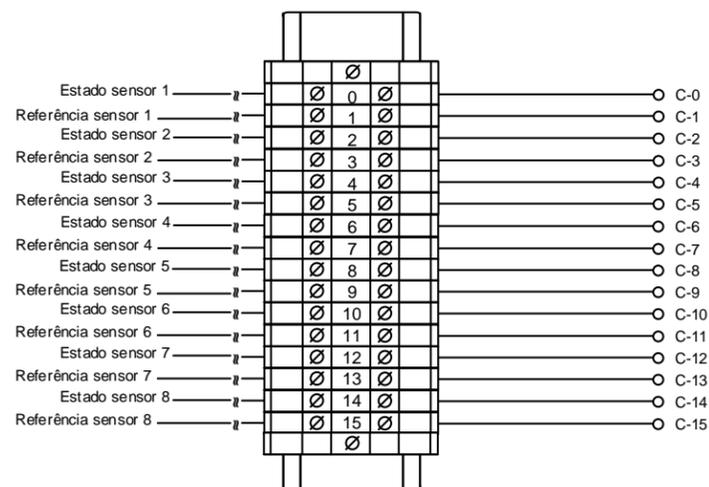
CAMPO



QUADRO

BORNEIRA C

CAMPO



QUADRO

Título do Desenho									
Detalhe de Borneira									
DESENHO DE REFERÊNCIA		NO.		LOCAL DA REVISÃO		ECN		DATA	
Eng. Vendas	Gerente De Projeto	Eng. De Aplicação	DESENHO	PROJ	DATA	PROJ	DATA	APROVADO	
Título do Projeto								NÚMERO DO CONTRATO	
Brasília - DF								NÚMERO DO DESENHO	
								DB-UNB-1	

DETALHE DE BORNEIRA

Tunel_Vento / PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/DC] / Program blocks

Controle Tunel [FB1]

Controle Tunel Properties

General

Name	Controle Tunel	Number	1	Type	FB	Language	LAD
Numbering	automatic						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

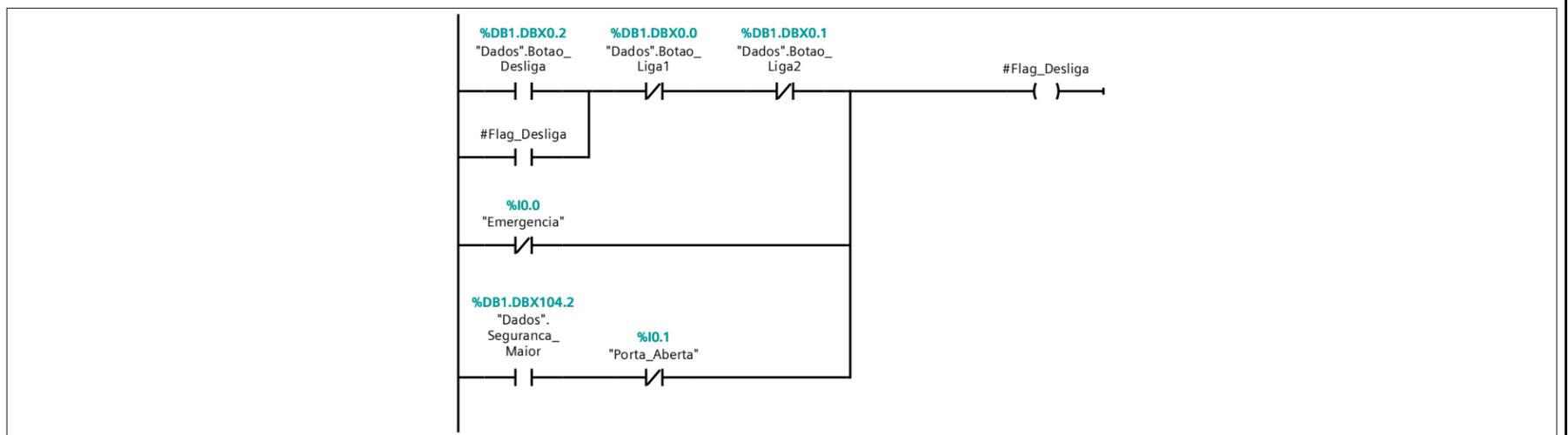
Controle Tunel

Name	Data type	Default value	Retain
Input			
Output			
InOut			
▼ Static			
Flag_Desliga	Bool	false	Non-retain
Flag_Fim2	Bool	false	Non-retain
Temporizador1	Bool	false	Non-retain
▼ Temporizador2	Array[1..25] of Bool		Non-retain
Temporizador2[1]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[2]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[3]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[4]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[5]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[6]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[7]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[8]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[9]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[10]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[11]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[12]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[13]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[14]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[15]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[16]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[17]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[18]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[19]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[20]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[21]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[22]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[23]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[24]	Bool	false	Non-retain
Temporizador2[25]	Bool	false	Non-retain
▼ Pulsos	Array[1..25] of Bool		Non-retain
Pulsos[1]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[2]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[3]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[4]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[5]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[6]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[7]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[8]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[9]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[10]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[11]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[12]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[13]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[14]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[15]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[16]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[17]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[18]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[19]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[20]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[21]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[22]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[23]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[24]	Bool	false	Non-retain
Pulsos[25]	Bool	false	Non-retain
Pulse_Fim2	Bool	false	Non-retain
float_Saida_Analogica	Real	0.0	Non-retain
float_Velocidade	Real	0.0	Non-retain
volts_Velocidade	Real	0.0	Non-retain
int_Saida_Analogica	Int	0	Non-retain
double_Ref_Velocidade	DInt	0	Non-retain
▼ time_Ref_Tempos	Array[1..25] of Time		Non-retain

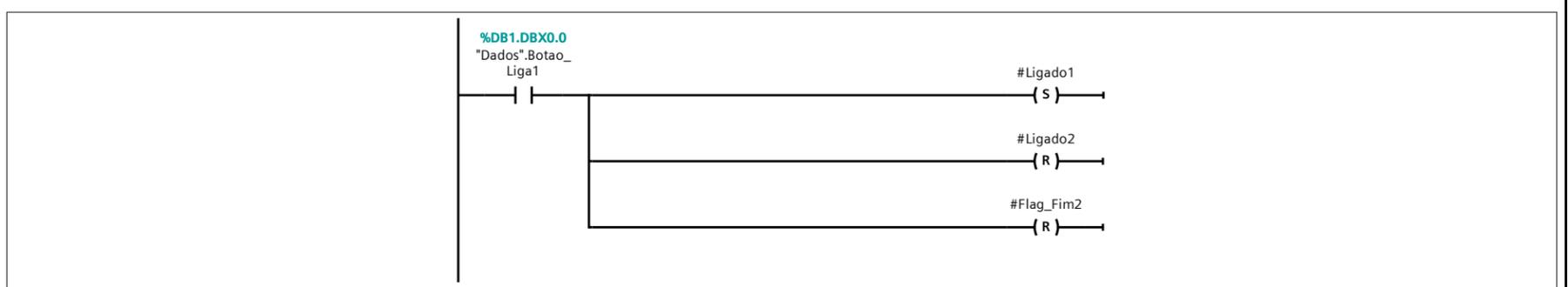
Name	Data type	Default value	Retain
time_Ref_Tempos[1]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[2]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[3]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[4]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[5]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[6]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[7]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[8]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[9]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[10]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[11]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[12]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[13]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[14]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[15]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[16]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[17]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[18]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[19]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[20]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[21]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[22]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[23]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[24]	Time	T#0ms	Non-retain
time_Ref_Tempos[25]	Time	T#0ms	Non-retain
Ligado2	Bool	false	Non-retain
Ligado1	Bool	false	Non-retain
AIO_Normalizada	Real	0.0	Non-retain
AI1_Normalizada	Real	0.0	Non-retain
Temp			
Constant			

Network 1: Desligar Motor

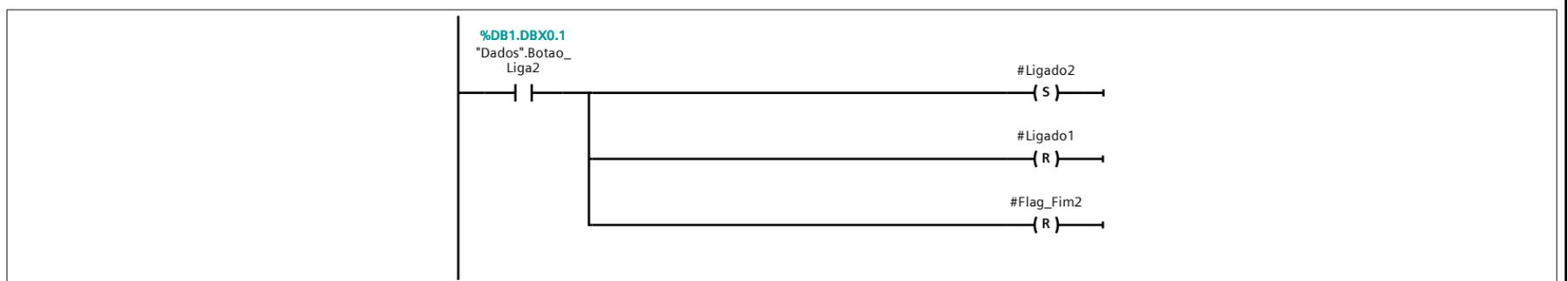
Ligar ou Desligar Motor : saída para ligar motor



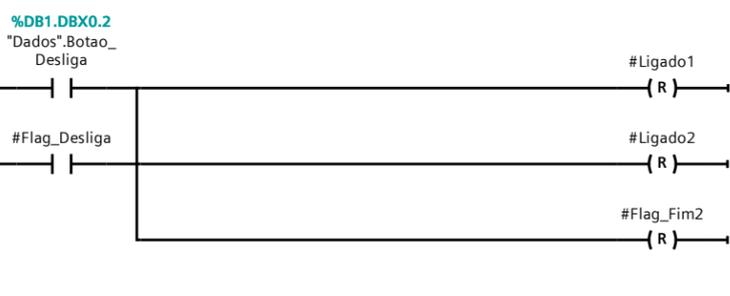
Network 2: Ativação Botão_Liga1



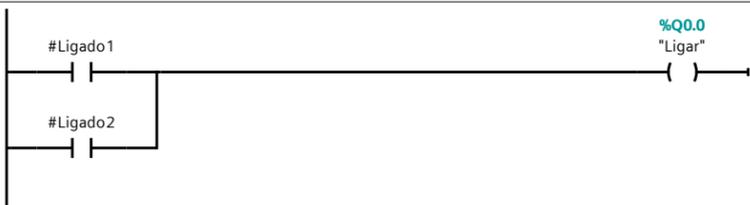
Network 3: Ativação Botao_Liga2



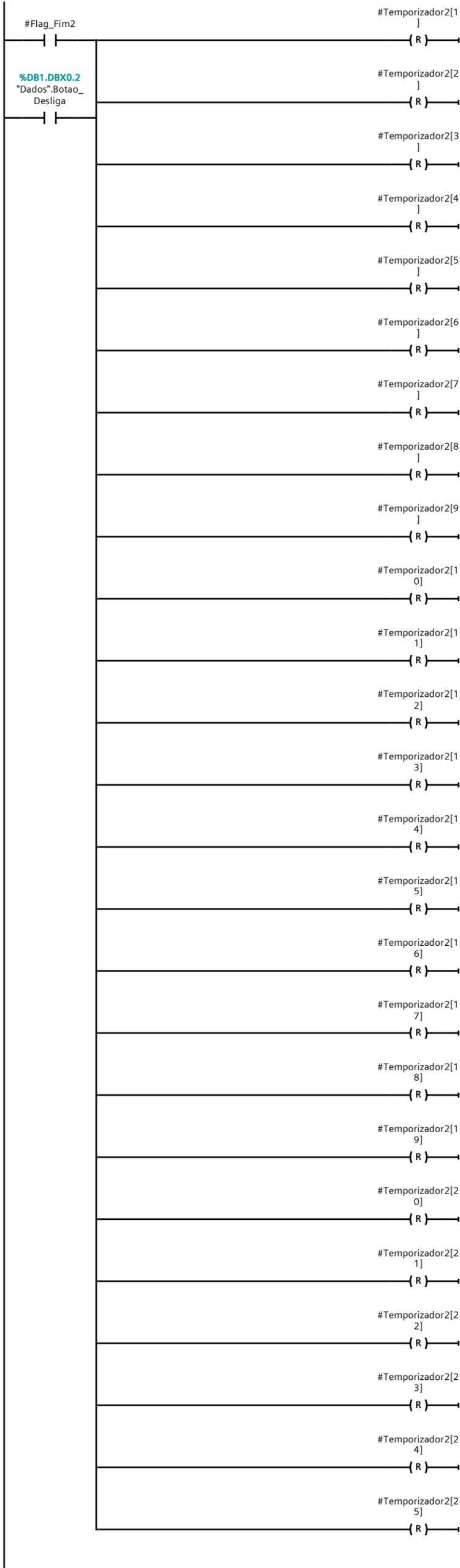
Network 4: Botão Desliga



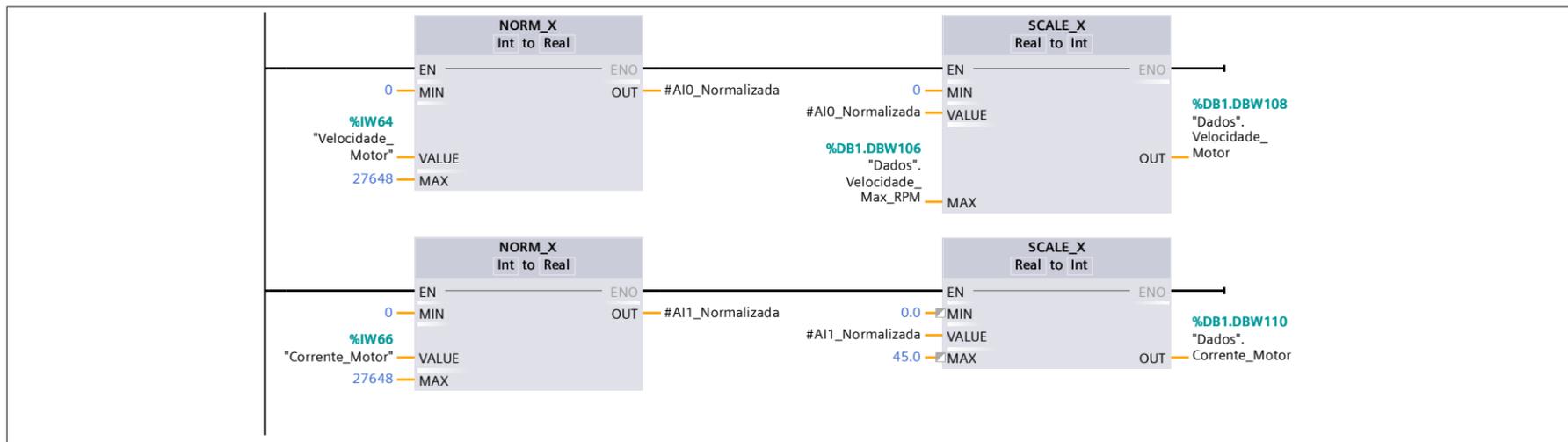
Network 5: Ligar Motor



Network 6: Unlatch Array Temporizador2 com Botao_Desliga ou Flag_Fim2

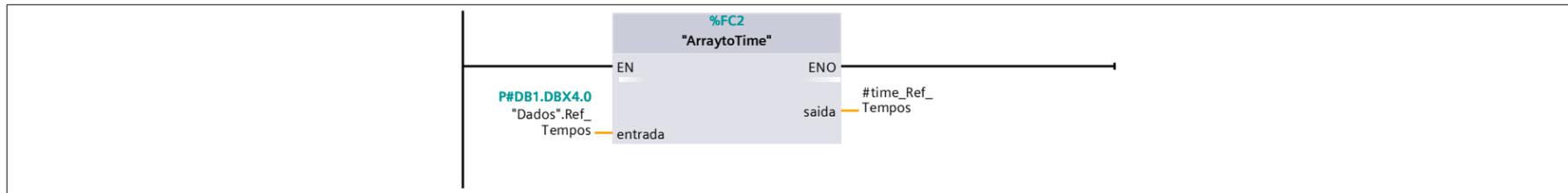


Network 7: Leitura entradas analógicas: corrente e velocidade estimadas pelo CFW09



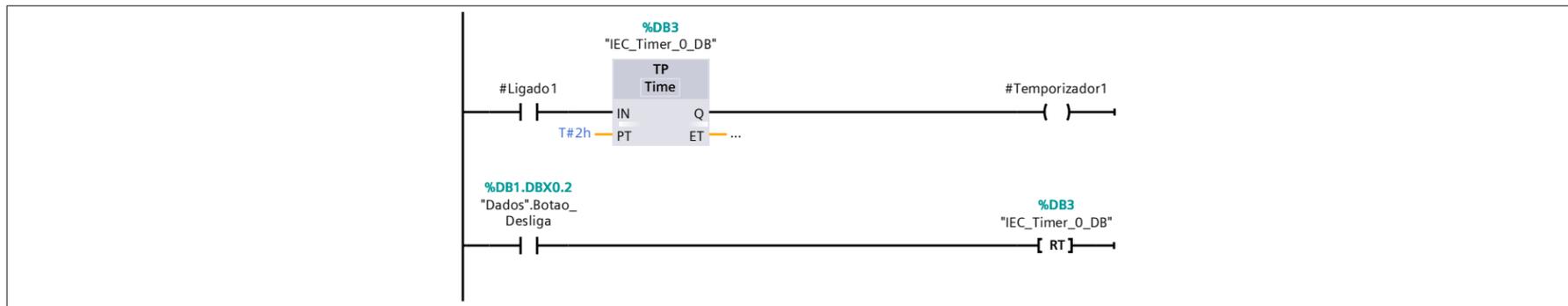
Network 8: Conversão: Array Ref_Tempo de 25 (int) para (time)

Entrada é um array (tamanho 25) de inteiros, e a saída um array de Time (igual tamanho)



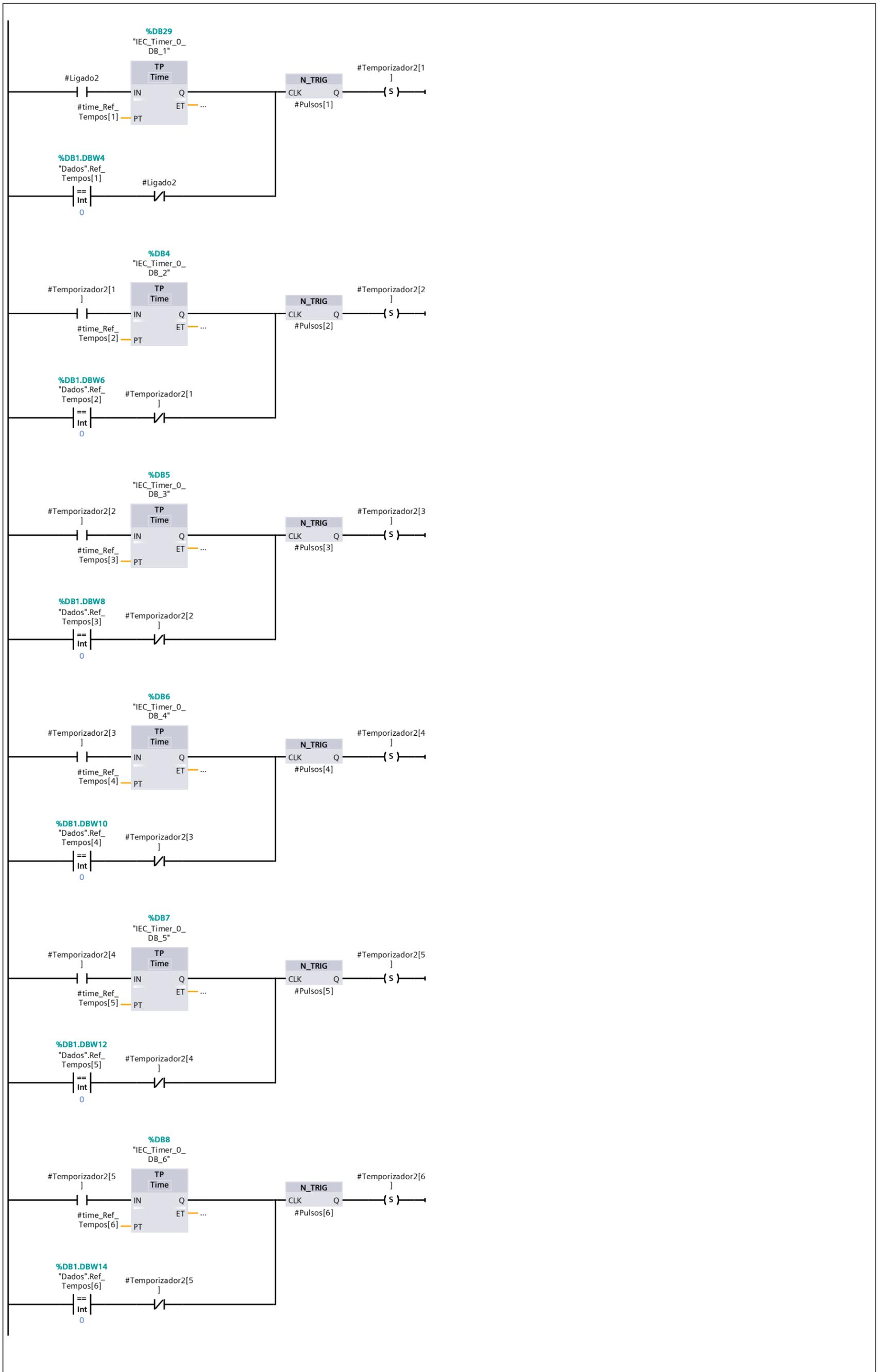
Network 9: Temporizador de segurança para Ligado1

Primeira forma de funcionamento do motor. Há um timer apenas para a segurança do equipamento, caso seja esquecido ligado: o programa desligará o motor em um tempo determinado.

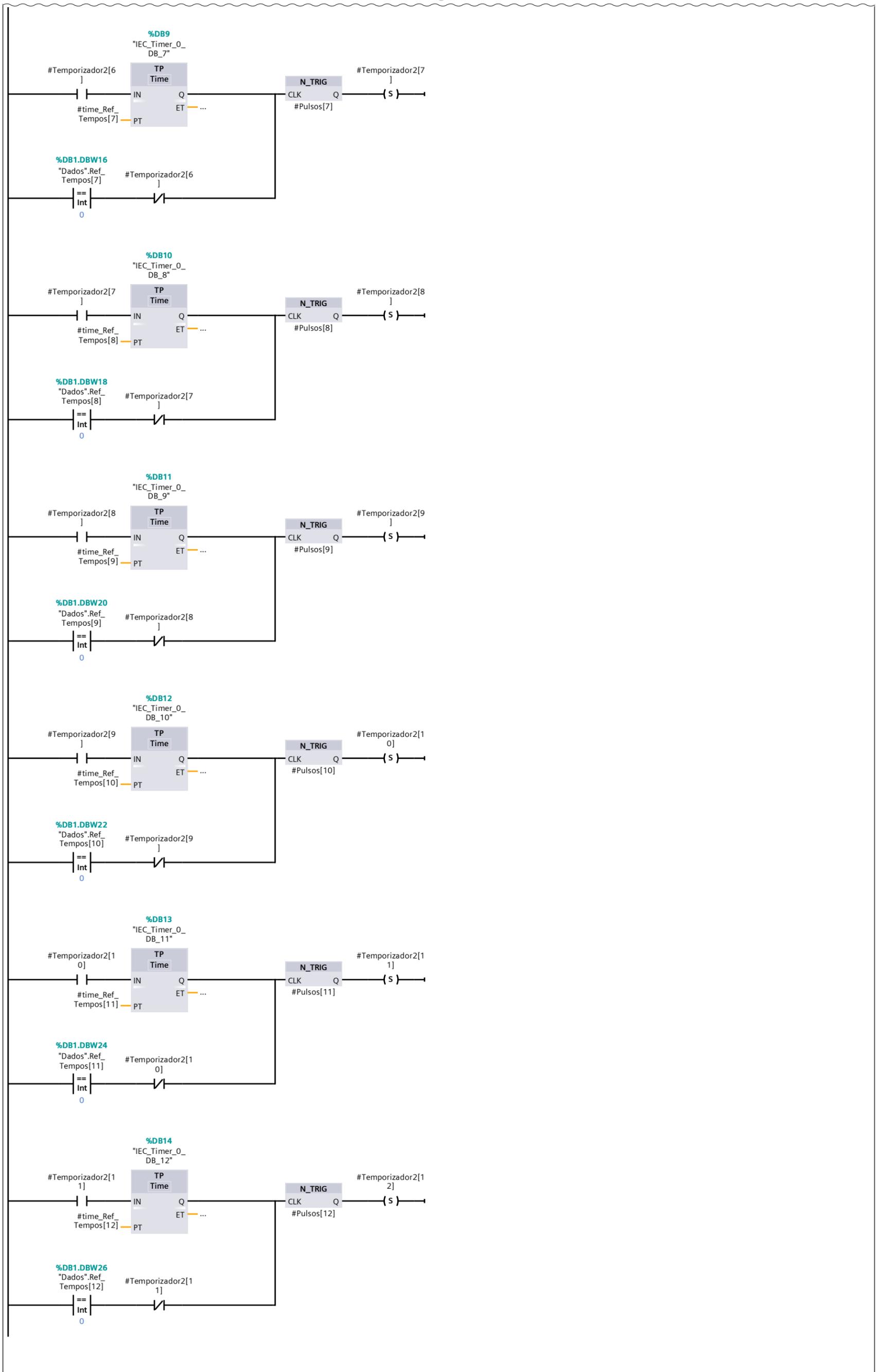


Network 10: Temporizadores para a forma Ligado2

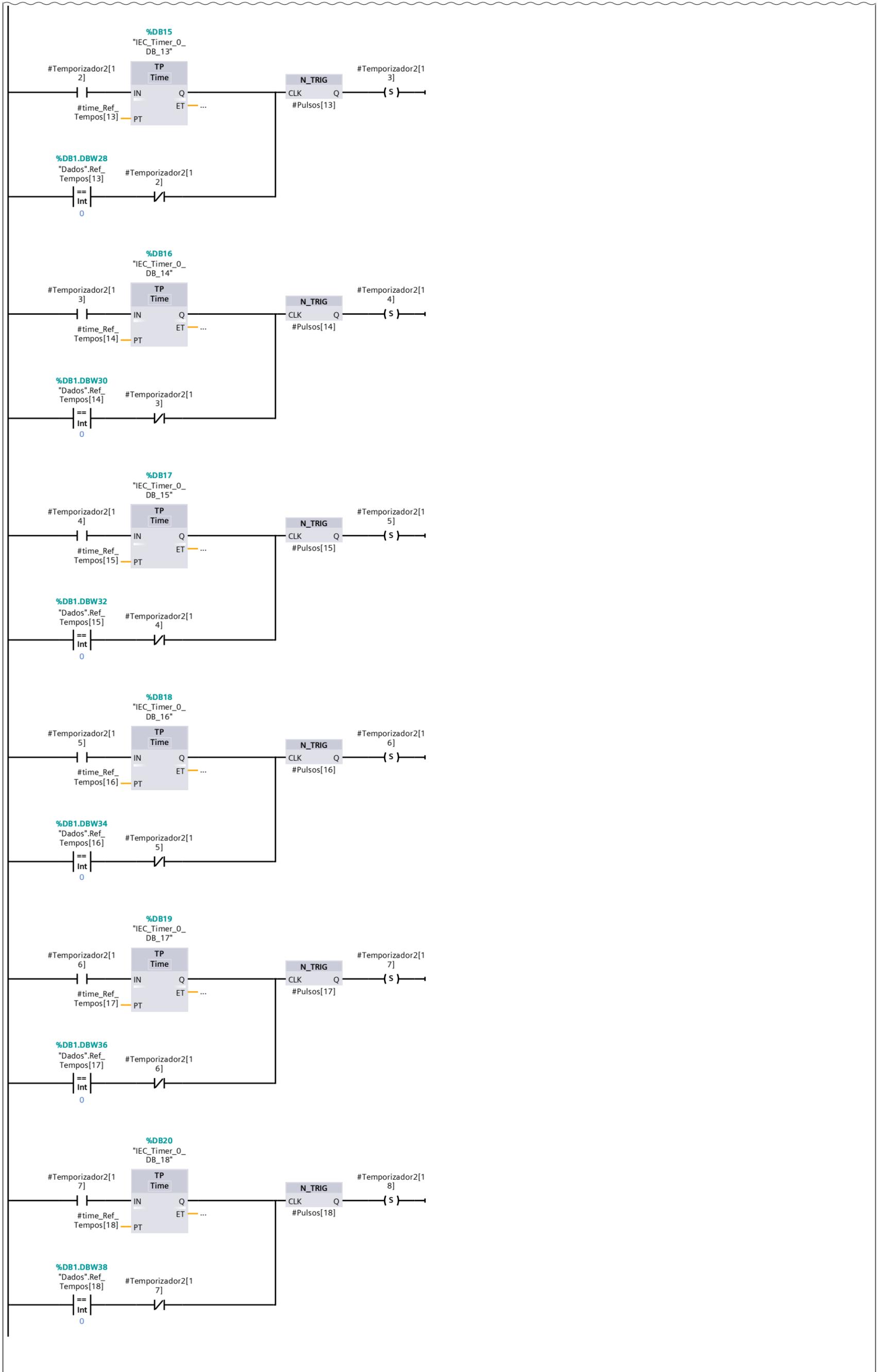
Network 10: Temporizadores para a forma Ligado2 (1.1 / 5.1)



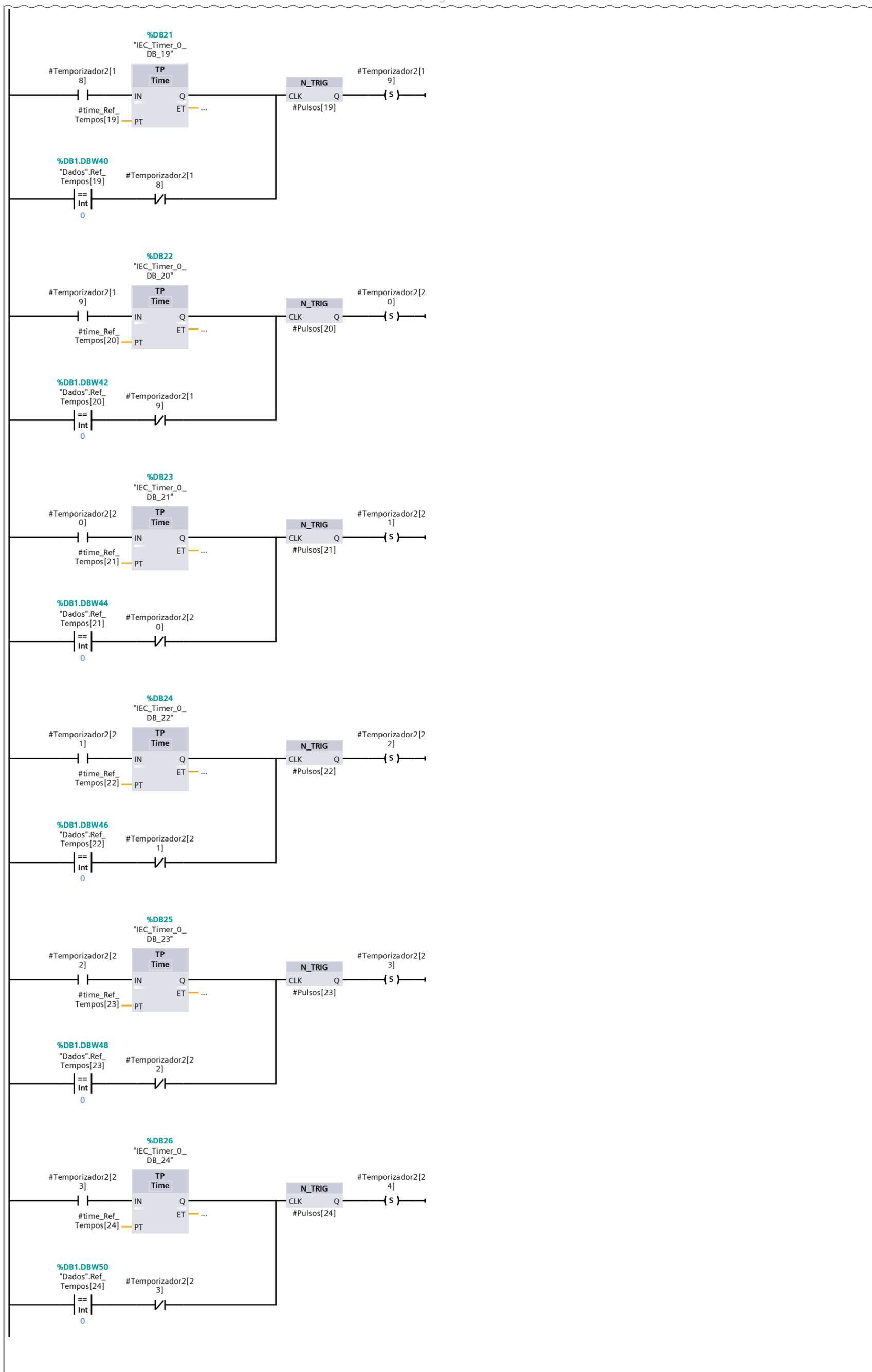
Network 10: Temporizadores para a forma Ligado2 (2.1 / 5.1)



Network 10: Temporizadores para a forma Ligado2 (3.1 / 5.1)

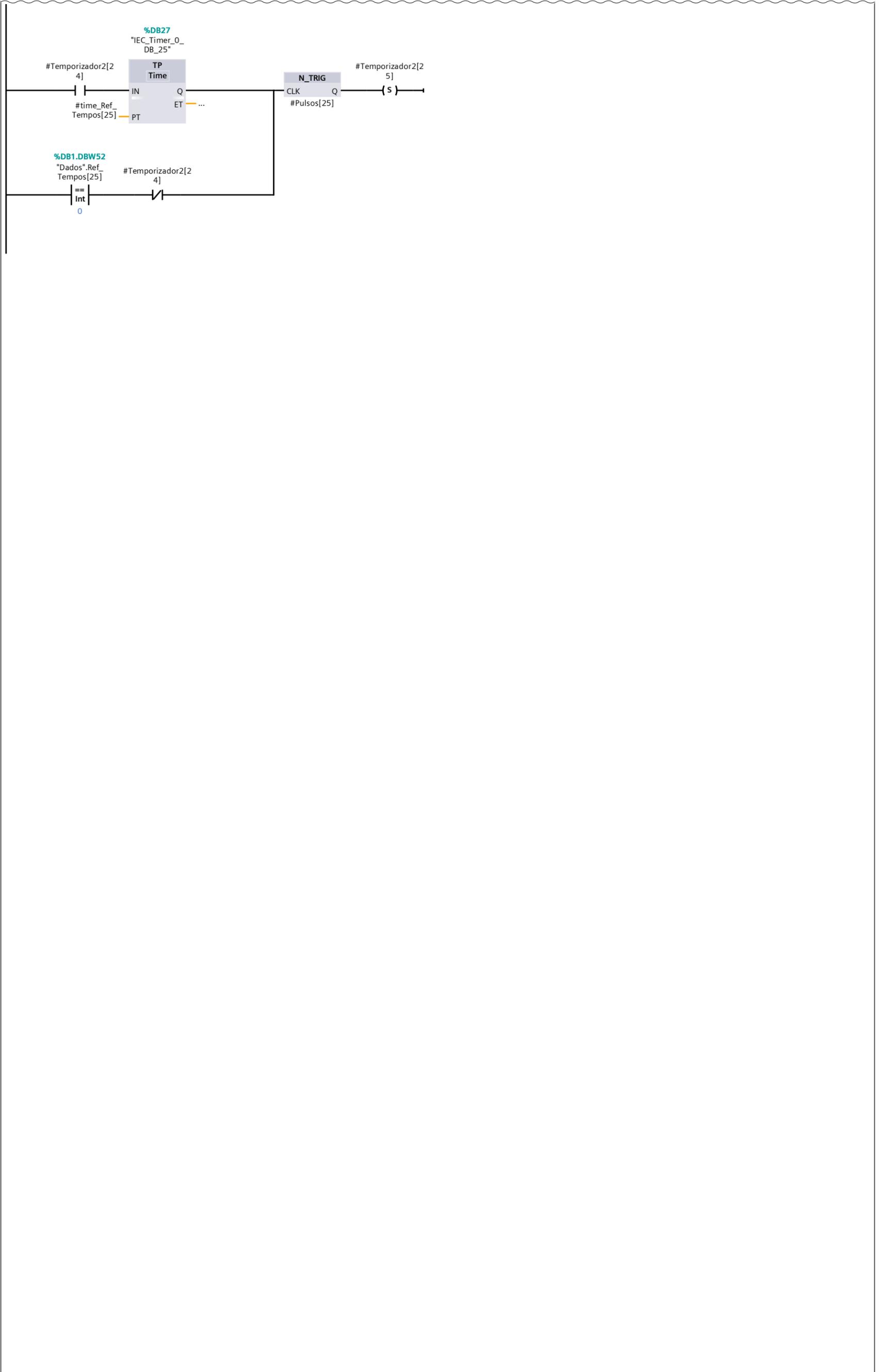


Network 10: Temporizadores para a forma Ligado2 (4.1 / 5.1)



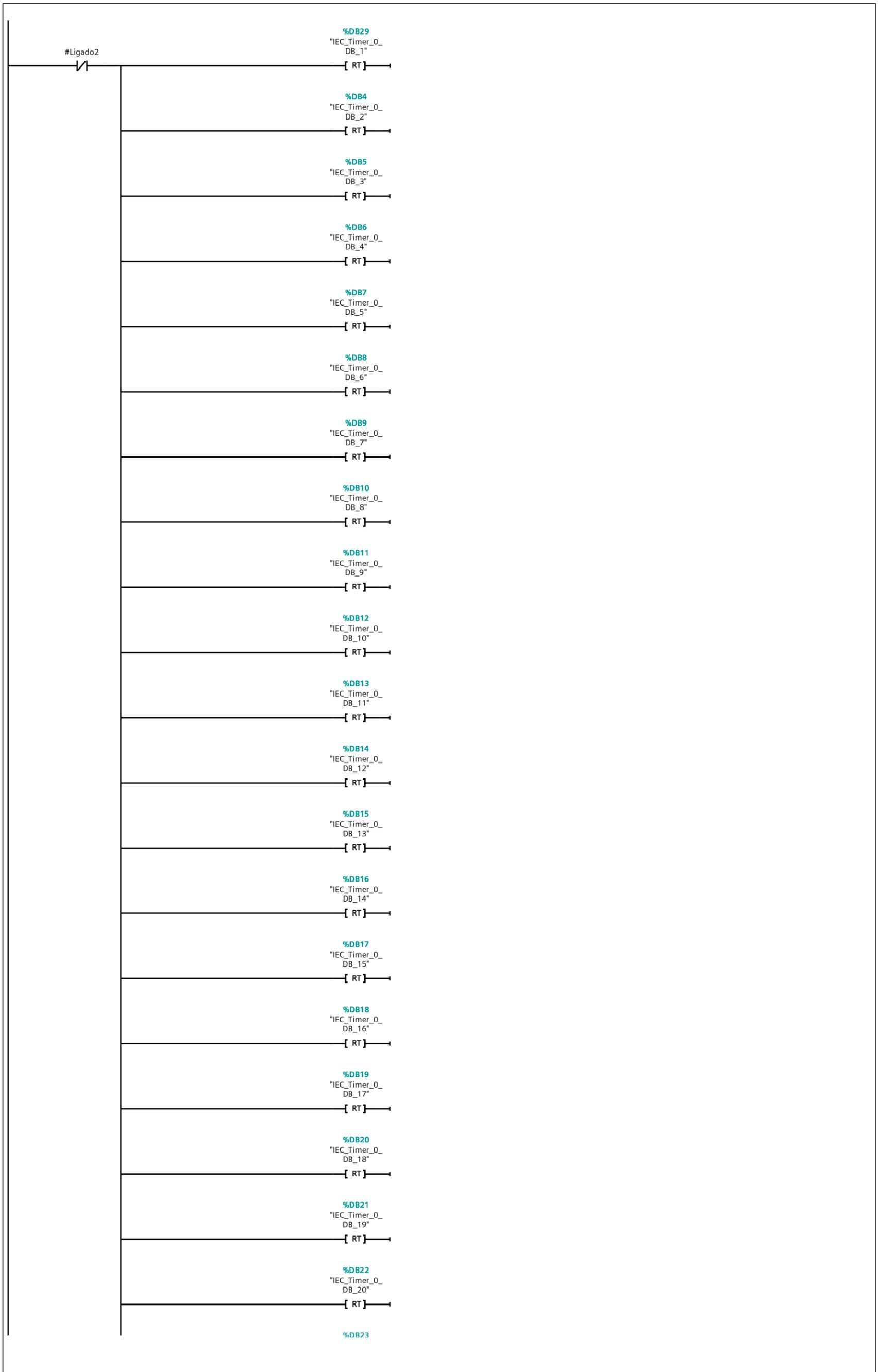
Network 10: Temporizadores para a forma Ligado2 (5.1 / 5.1)

4.1 (Page1 - 9)



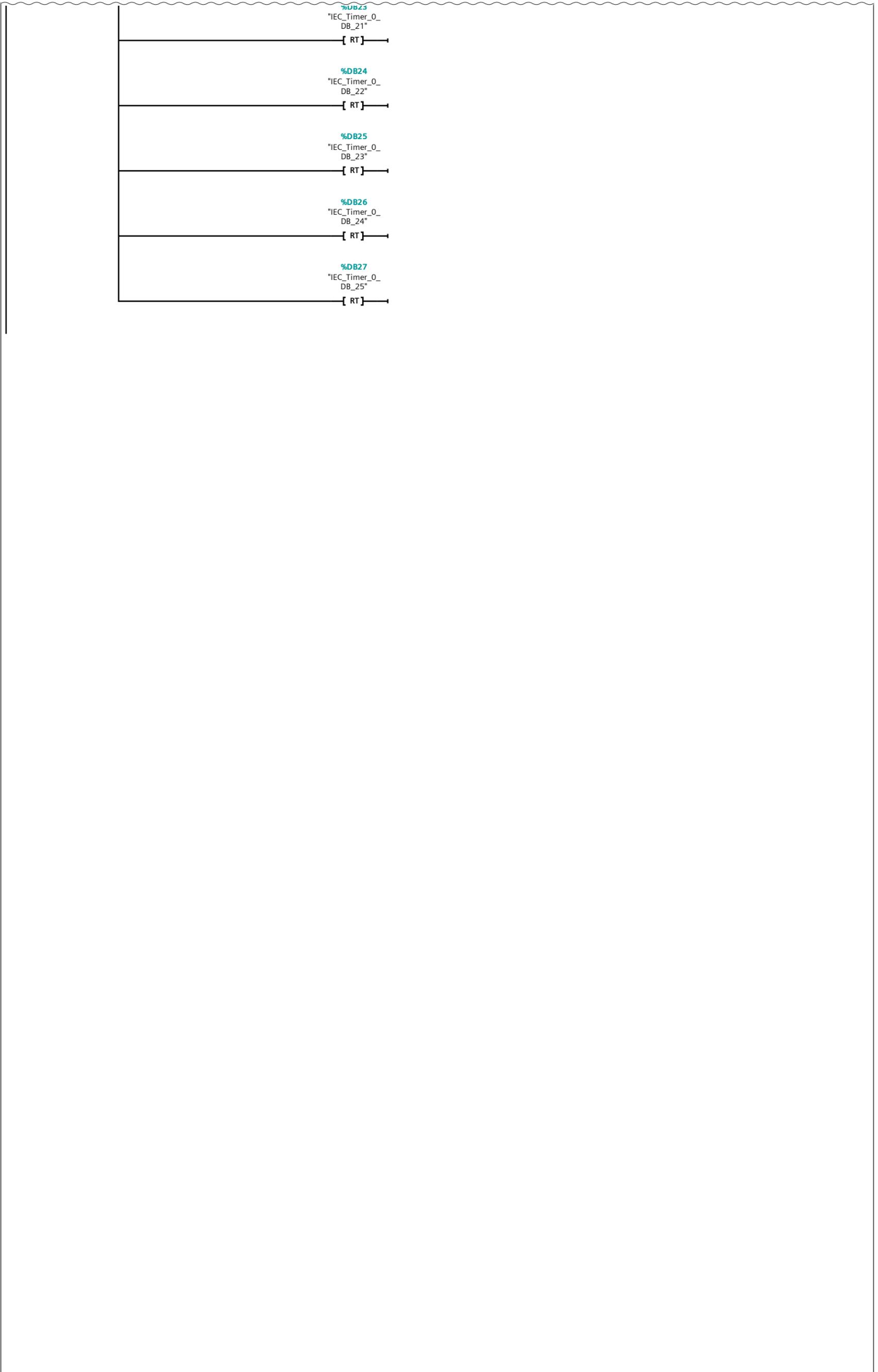
Network 11: Condição de Reset para Temporizadores da forma Ligado2 (Network 8)

Network 11: Condição de Reset para Temporizadores da forma Ligado2 (Network 8) (1.1 / 2.1)



Network 11: Condição de Reset para Temporizadores da forma Ligado2 (Network 8) (2.1 / 2.1)

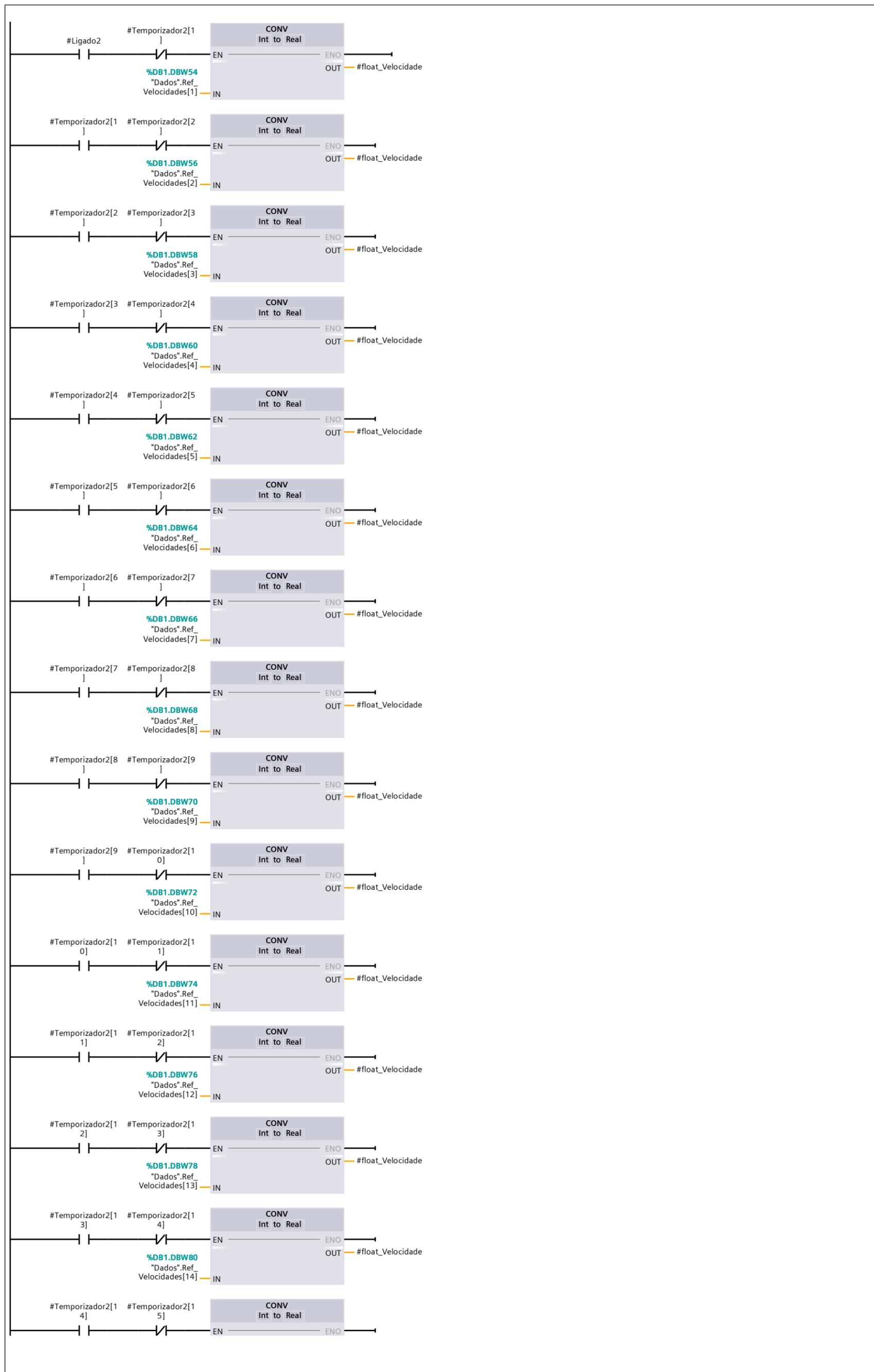
1.1 (Page1 - 12)



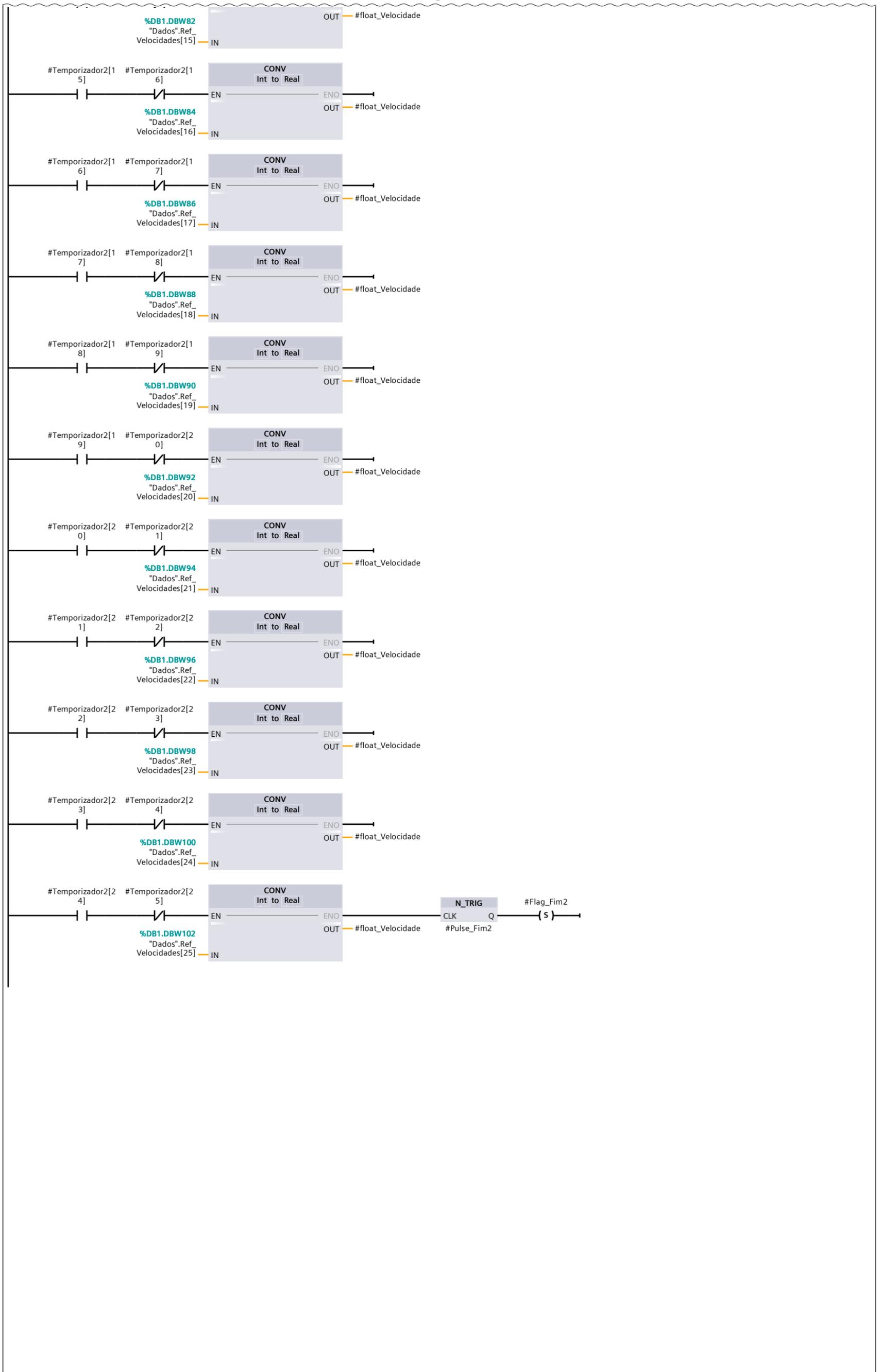
Network 12: Conversão: Array-Ref_Velocidades (int) para (float) [Controlada pelos temporizadores do Modo Ligado2]

Conforme a saída dos temporizadores, a variável float_Velocidade recebe o valor apropriado (será depois transformada para Volts e para 16Bits da saída analógica).

Network 12: Conversão: Array-Ref_Velocidades (int) para (float) [Controlada pelos temporizadores do Modo Ligado2] (1.1 / 2.1)

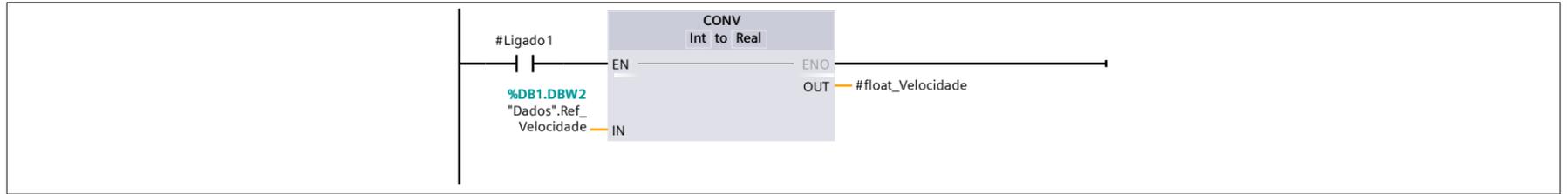


Network 12: Conversão: Array-Ref_Velocidades (int) para (float) [Controlada pelos temporizadores do Modo Ligado2] (2.1 / 2.1)



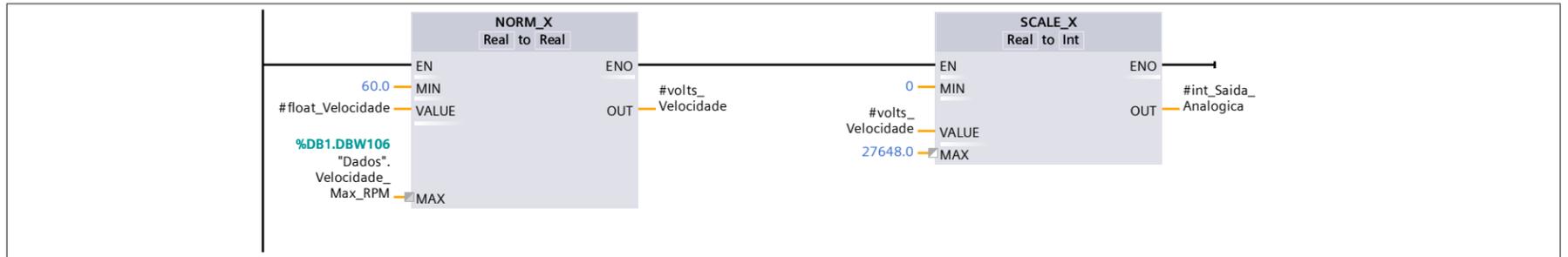
Network 13: Conversão: Ref_Velocidade (int - RPM) para (float - RPM) [Modo Ligado1]

Note que esta conversão está desativada quando Ligado2 está ativo (pois Botao_Liga2 dá Release em Ligado1)



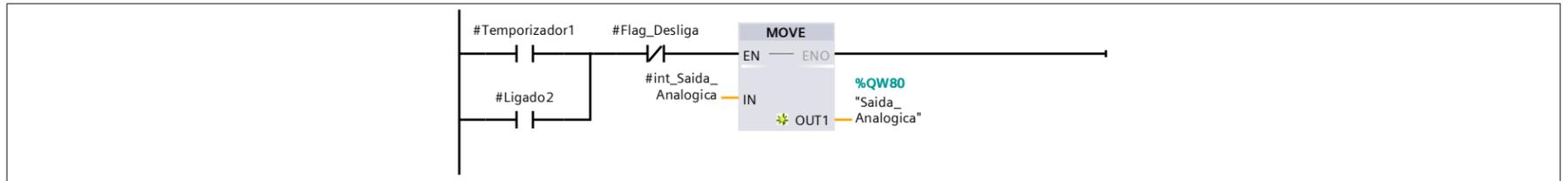
Network 14: Conversão: Velocidade (float - RPM) para Volts (0-10V) para Saída Analógica (16 bits)

Realiza a conversão conforme a escala (assumindo 1200 RPM - variável Dados.Velocidade_Max_RPM - como velocidade máxima, de acordo com a especificação do parâmetro P134 do inversor de frequência CFW-09)



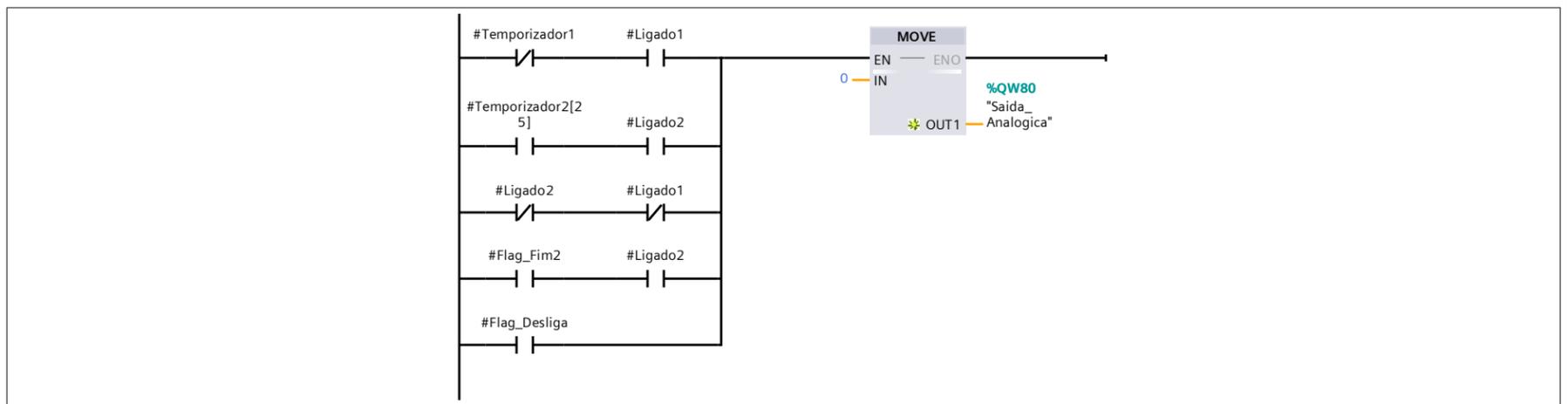
Network 15: Atribuição à saída analógica

A Saida_Analogica recebe o valor de saída para a velocidade desejada..



Network 16: Atribuição de ZERO à saída analógica (Desligar sistema (colocar em P133))

Zera a saída analógica caso passe o tempo máximo ligado, ou chegue na condição de parada do vetor (posição 25), ou o botão desliga for apertado.



ANEXOS

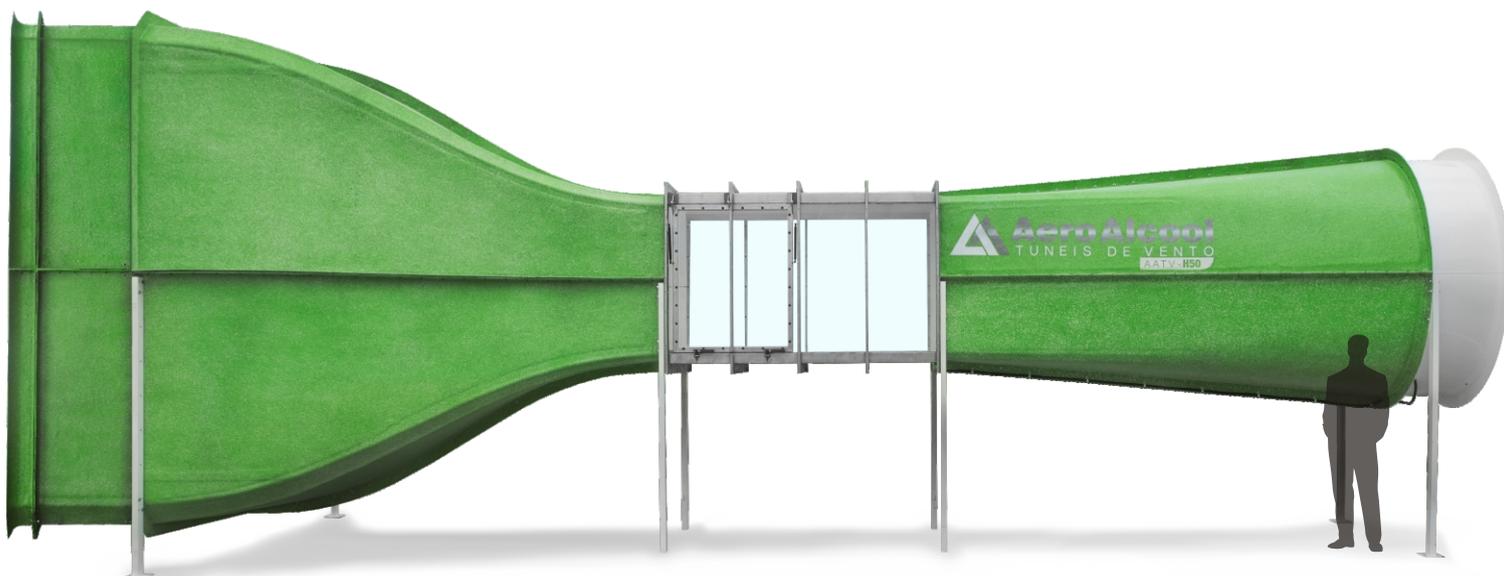
Anexo 1 – Datasheet Túnel de Vento

Anexo 2 – Datasheet CPU S7-1200 1212C DC/DC/DC

Anexo 3 – Datasheet Módulo de Entrada Analógica –SM1231 AI x13BIT

Anexo 4 – Datasheet Módulo de Saída Analógica - SB 1232 AQ 1x12 BIT

Anexo 5 – Datasheet Fonte – PM 1207



H50: Túnel de Vento de circuito aberto

Descrição

Túnel de vento subsônico de circuito aberto, com baixo nível de turbulência e excelente estabilidade de fluxo. O projeto aerodinâmico do túnel AA-TVSH50 segue as premissas, hipóteses e conhecimentos adquiridos pela experiência na operação de túneis de vento de pesquisadores e instituições renomadas da área de experimentação aerodinâmica.

Desta forma, o dimensionamento de todos os seus componentes obedece a recomendações estabelecidas por estudos conceituados para atingir a máxima eficiência e reduzir o nível de turbulência na seção de testes.

Devido às dimensões generosas de sua câmara de ensaios é possível a instalação de uma variedade de acessórios como tubos pitot-estáticos, balança aerodinâmica, gerador de fumaça, modelos de arrasto, modelos de aerofólios, modelos de aeronaves, modelos de geradores eólicos, medidores de pressão entre outros, e fazer ainda medições de camada limite, forças aerodinâmicas e ensaios de campos de pressão.

As dimensões da seção de testes permitem ensaios de corpos aerodinâmicos em números de Reynolds equivalentes a muitas aplicações reais, possibilitando assim obtenção de dados experimentais consistentes com corpos em tamanho real.

Placas laterais em acrílico e madeira facilmente substituíveis, facilitam a fixação e visualização dos experimentos.

Adicionalmente ao túnel H50 estão disponíveis equipamentos e modelos adicionais de forma a permitir o desenvolvimento dos estudos em aerodinâmica assim como literatura técnica de operação. Todos os acessórios eletrônicos podem ser monitorados simultaneamente através do sistema de controle e aquisição de dados AA-DAS.

Especificações

O túnel é composto por; câmara de entrada, contração, seção de testes, difusor e seção da hélice.

Sua geometria quadrada com cantos chanfrados evita a formação de vórtices secundários, a construção de cada seção através de 4 subcomponentes idênticos facilita a logística e montagem no local.

Além do mais, uma câmara corretora de fluxo com telas e colmeias cuidadosamente projetadas garante uma excelente qualidade do escoamento com índices de turbulência supremamente baixos.

A estrutura principal é fabricada em materiais compósitos, utilizando fibra de vidro e resina termo fixa. Uma configuração com núcleo, tipo sanduíche, resulta numa peça com grande rigidez de forma a garantir a estabilidade estrutural. Tal construção propicia baixa manutenção e grande atenuação de vibrações, principalmente harmônicas, os quais podem gerar interferências danosas aos experimentos.

Bocal de Entrada

A câmara de entrada logo antes da contração possui uma colmeia e duas telas. A primeira tem a função de alinhar e direcionar o escoamento, enquanto as segundas reduzem a turbulência. Ainda, logo no início dessa câmara ha uma estrutura chamada de lábio cuja função é a de facilitar a entrada do ar impedindo a formação de vórtices indesejáveis nas quinas.

Contração

Alinha e acelera o escoamento mantendo-o laminar para a seção de testes. A sua elevada razão de contração reduz as perdas de carga na câmara de entrada.

Seção de Testes

Seção quadrada com quinas inclinadas em 45° de forma a evitar a formação de turbulência nessas regiões e uniformizar o escoamento. Confeccionada em estrutura de aço inox, soldado com processo TIG, com revestimento em chapas espessas de acrílico nas duas laterais e chapas de madeira laminada na parte inferior e superior, podendo estas ser reposicionadas caso seja solicitado.

As paredes laterais possibilitam a visualização no interior da seção de testes pelos usuários, de forma que será possível ajustar o corpo a ser testado no interior do túnel e observar o comportamento do mesmo sujeito às forças aerodinâmicas. O acesso à câmara de testes é feito através de uma porta na lateral sustentada por pistões pneumáticos que mantém esta na posição aberta.

Difusor

A geometria do difusor foi projetada cuidadosamente para evitar a separação da camada limite nas paredes internas e promover a recuperação da pressão, reduzindo a carga na hélice e melhorando a eficiência do sistema.

Seção da Hélice

A seção possui pás de passo ajustável, um motor proporciona potência à hélice para atingir a vazão de ar estipulada.

O controle da vazão e, portanto da velocidade na câmara de ensaio é feito variando a rotação do motor usando um inversor de frequência.

O conjunto é controlado por um painel de instrumentos que permite o ajuste da velocidade, a parada do motor e o monitoramento dos valores de rotação, temperatura, humidade e pressão. Inclui também a conexão USB para uso do software de controle e aquisição de dados AA-DAS (Não incluído)

Caraterísticas técnicas

- Dimensões: 3 m x 10,3m x 3m
- Dimensões Câmara de ensaios: 2m x 1,2m x 1,2m

- Velocidade do ar: 0 a 19,5 m/s.
- Contração de 8:1
- Difusor 1,85:1
- Corretor com duas telas uniformizadoras e colmeia

- Motor ventilador: 12,5 HP, e 1,84m de diâmetro
- Rotação: 1360 RPM
- Hélice: 12 pás passo ajustável
- Alimentação: 220 VAC

- Peso: 1150 kg
- Cor: Verde

Aplicações industriais e linhas de pesquisa

A ampla linha de equipamentos adicionais fabricados pela Aeroalcool permite o aproveitamento em diversas aplicações industriais e linhas de pesquisa, dentre as quais se podem listar:

Estudos quantitativos

- Diversas aplicações em mecânica dos fluidos incluindo determinação de campos e gradientes de pressão, perfil de velocidades e camada limite.
- Determinação de coeficientes e forças aerodinâmicas.

Estudos qualitativos

- Visualização do escoamento mediante diversos mecanismos em torno de diferentes modelos.

Áreas da indústria

- Engenharia Eólica
- Engenharia Civil
- Calibração de instrumentos.
- Entre outros

Aplicações específicas?

Aeroalcool Tecnologia Soluções Customizadas, tem a capacidade de adaptar projetar ou modificar modelos e equipamentos para sua aplicação específica. Comunique-se com a nossa equipe técnica e presente-nos sua necessidade, com satisfação iremos preparar uma proposta.

Propriedade intelectual e fabril deste material pertencente a Aeroalcool Tecnologia Ltda, com direitos autorais registrados
Divulgação, reprodução parcial ou total vedada sem autorização da Aeroalcool Tecnologia Ltda

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, COMPACT CPU, DC/DC/DC,
ONBOARD I/O: 8 DI 24V DC; 6 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC,
POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA
MEMORY: 75 KB



General information	
Product type designation	CPU 1212C DC/DC/DC
Firmware version	V4.1
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> Programming package 	STEP 7 V13 SP1 or higher
Display	
with display	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 	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"> Rated value (DC) 	24 V
<ul style="list-style-type: none"> permissible range, lower limit (DC) 	20.4 V
<ul style="list-style-type: none"> permissible range, upper limit (DC) 	28.8 V

Input current	
Current consumption (rated value)	400 mA; CPU only
Current consumption, max.	1 200 mA; CPU with all expansion modules
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V DC
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 000 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	
Power loss, typ.	9 W
Memory	
Work memory	
• integrated	75 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	1 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes; maintenance-free
• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.085 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
CPU-blocks	
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
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	4 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
Address area	

Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 2 signal modules
Time of day	
Clock	
• Backup time	480 h; Typical
• Deviation per day, max.	60 s/month at 25 °C
Digital inputs	
Number of digital inputs	8; Integrated
• of which inputs usable for technological functions	4; HSC (High Speed Counting)
integrated channels (DI)	8
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	8
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
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 counter/technological functions	
— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 1 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 1 @ 30 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
• unshielded, max.	300 m; For technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	6
• of which high-speed outputs	4; 100 kHz Pulse Train Output
integrated channels (DO)	6
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
Switching capacity of the outputs	

• with resistive load, max.	0.5 A
• on lamp load, max.	5 W
Output voltage	
• for signal "0", max.	0.1 V; with 10 kOhm load
• for signal "1", min.	20 V
Output current	
• for signal "1" rated value	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	0.1 mA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	1 µs
• "1" to "0", max.	5 µs
Switching frequency	
• of the pulse outputs, with resistive load, max.	100 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m

Analog inputs	
Number of analog inputs	2
integrated channels (AI)	2; 0 to 10V
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
• Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded

Analog outputs	
Number of analog outputs	0

Analog value generation	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
• Integration time, parameterizable	Yes
• Conversion time (per channel)	625 µs

Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes

1. Interface	
Interface type	PROFINET
Physics	Ethernet

Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Functionality	
• PROFINET IO Controller	Yes
• PROFINET IO Device	Yes
• Open IE communication	Yes
• Web server	Yes
PROFINET IO Controller	
• Transmission rate, max.	100 Mbit/s
Services	
— Number of connectable IO Devices, max.	16
PROFINET IO Device	
Services	
— Shared device	Yes
— Number of IO Controllers with shared device, max.	2
Protocols	
Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes; CM 1243-5 required
AS-Interface	Yes
Protocols (Ethernet)	
• TCP/IP	Yes
Further protocols	
• MODBUS	Yes
Communication functions	
S7 communication	
• supported	Yes
• as server	Yes
• as client	Yes
Open IE communication	
• TCP/IP	Yes
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
• UDP	Yes
Web server	
• supported	Yes
• User-defined websites	Yes
Number of connections	
• overall	16; dynamically
Test commissioning functions	

Status/control	
• Status/control variable	Yes
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
• Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
• present	Yes
Traces	
• Number of configurable Traces	2; Up to 512 KB of data per trace are possible
Integrated Functions	
Number of counters	4
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency meter	Yes
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	8
Number of positioning axes via pulse-direction interface	4; With integrated DO
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4
Number of pulse outputs	4
Limit frequency (pulse)	100 kHz
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
• Potential separation digital inputs	500V AC for 1 minute
• between the channels, in groups of	1
Potential separation digital outputs	
• Potential separation digital outputs	Yes
• between the channels	No
• between the channels, in groups of	1
EMC	
Interference immunity against discharge of static electricity	
• 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
Interference immunity to cable-borne interference	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity against voltage surge	

• on the supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields	
• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• 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
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
Marine approval	
• 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; Number of simultaneously activated inputs or outputs 4 or 3 (no adjacent points) at 60 °C horizontal or 50 °C vertical, 8 or 6 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
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
• permissible operating height	-1000 to 2000 m
Relative humidity	
• permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %
Vibrations	

• Vibrations	2 g (m/s ²) wall mounting, 1 g (m/s ²) DIN rail
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
Shock test	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes; IEC 68, Part 2-27 half-sine: strength of the shock 15 g (peak value), duration 11 ms
Extended ambient conditions	
Pollutant concentrations	
— SO ₂ at RH < 60% without condensation	SO ₂ : < 0.5 ppm; H ₂ S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Configuration	
Programming	
Programming language	
— LAD	Yes
— FBD	Yes
— SCL	Yes
Cycle time monitoring	
• adjustable	Yes
Dimensions	
Width	90 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	370 g
last modified:	28.06.2016

SIMATIC S7-1200, ANALOG INPUT, SM 1231, 8 AI, +/-10V, +/-5V, +/-2.5V, OR 0-20MA/4-20 MA, 12 BIT + SIGN OR (13 BIT ADC)



Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC 	Yes
Input current	
Current consumption, typ.	45 mA
from backplane bus 5 V DC, typ.	90 mA
Power loss	
Power loss, typ.	1.5 W
Analog inputs	
Number of analog inputs	8; Current or voltage differential inputs
permissible input voltage for current input (destruction limit), max.	± 35 V
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	35 V
permissible input current for voltage input (destruction limit), max.	40 mA
permissible input current for current input (destruction limit), max.	40 mA

Cycle time (all channels) max.	625 μ s
Input ranges	
• Voltage	Yes; ± 10 V, ± 5 V, ± 2.5 V
• Current	Yes; 4 to 20 mA, 0 to 20 mA
• Thermocouple	No
• Resistance thermometer	No
• Resistance	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• -10 V to +10 V	Yes
• Input resistance (-10 V to +10 V)	≥ 9 MOhm
• -2.5 V to +2.5 V	Yes
• Input resistance (-2.5 V to +2.5 V)	≥ 9 MOhm
• -5 V to +5 V	Yes
• Input resistance (-5 V to +5 V)	≥ 9 MOhm
Input ranges (rated values), currents	
• 0 to 20 mA	Yes
• Input resistance (0 to 20 mA)	280 Ω
• 4 mA to 20 mA	Yes
• Input resistance (4 mA to 20 mA)	280 Ω
Thermocouple (TC)	
Temperature compensation	
— parameterizable	No
Analog value generation	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	12 bit; + sign
• Integration time, parameterizable	Yes
• Interference voltage suppression for interference frequency f1 in Hz	40 dB, DC to 60 V for interference frequency 50 / 60 Hz
Smoothing of measured values	
• parameterizable	Yes
• Step: None	Yes
• Step: low	Yes
• Step: Medium	Yes
• Step: High	Yes
Errors/accuracies	
Temperature error (relative to input range), (+/-)	25 $^{\circ}$ C $\pm 0.1\%$, to 55 $^{\circ}$ C $\pm 0.2\%$ total measurement range
Basic error limit (operational limit at 25 $^{\circ}$ C)	
• Voltage, relative to input range, (+/-)	0.1 %
• Current, relative to input range, (+/-)	0.1 %
Interference voltage suppression for $f = n \times (f_1 \pm 1 \%)$, $f_1 =$ interference frequency	

- Common mode voltage, max. 12 V

Interrupts/diagnostics/status information

Alarms	Yes
Diagnostic functions	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnostic messages	
• Monitoring the supply voltage	Yes
• Wire-break	Yes
Diagnostics indication LED	
• for status of the inputs	Yes
• for maintenance	Yes

Degree and class of protection

Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes

Standards, approvals, certificates

CE mark	Yes
CSA approval	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
Marine approval	
• Marine approval	Yes

Ambient conditions

Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• permissible temperature range	-20 °C to +60 °C horizontal mounting, -20 °C to 50 °C vertical mounting, 95% humidity, non-condensing
• min.	-20 °C
• max.	60 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Operation, min.	795 hPa
• Operation, max.	1 080 hPa
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
Relative humidity	
• permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %

Extended ambient conditions	
Pollutant concentrations	
— SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
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.	180 g
last modified:	28.06.2016

SIMATIC S7-1200, ANALOG OUTPUT SB 1232, 1 AO, +/- 10VDC (12 BIT RES.) OR 0 - 20 MA (11 BIT RES)



Input current	
from backplane bus 5 V DC, typ.	15 mA
Output voltage	
Power supply to the transmitters	
• Supply current, max.	25 mA
Power loss	
Power loss, typ.	1.5 W
Analog inputs	
Number of analog inputs	0
Analog outputs	
Number of analog outputs	1
Cycle time (all channels) max.	Voltage: 300 μ S (R), 750 μ S (1 μ F) Current: 600 ms (1 mH); 2 ms (10 mH)
Output ranges, voltage	
• -10 V to +10 V	Yes
Output ranges, current	
• 0 to 20 mA	Yes

Load impedance (in rated range of output)	
• with voltage outputs, min.	1 000 Ω
• with current outputs, max.	600 Ω
Cable length	
• shielded, max.	10 m; shielded, twisted pair
Analog value generation	
Measurement principle	Differential
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution (incl. overrange)	V/12 bit, I/11 bit
Smoothing of measured values	
• parameterizable	Yes
Errors/accuracies	
Temperature error (relative to output range), (+/-)	25 °C ±0.5%, to 55 °C ±1%
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	Yes
Diagnostic functions	Yes
Diagnostics indication LED	
• for status of the outputs	Yes
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• permissible temperature range	0 °C to 55 °C horizontal installation, 0 °C to 45 °C vertical installation
• min.	0 °C
• max.	55 °C
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	
• permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %
Extended ambient conditions	
Pollutant concentrations	
— SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Mechanics/material	
Enclosure material (front)	
• Plastic	Yes
Dimensions	
Width	38 mm
Height	62 mm
Depth	21 mm
Weights	
Weight, approx.	40 g
last modified:	28.06.2016



SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM1207 STABILIZED
POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: 24 V DC/2.5 A

Technical specifications

Product	S7-1200 PM1207
Power supply, type	24 V/2.5 A

Input

Input	1-phase AC
Supply voltage 1 with AC Rated value	120 V
Supply voltage 2 with AC Rated value	230 V
• Note	Automatic range selection
Input voltage 1 with AC	85 ... 132 V
Input voltage 2 with AC	176 ... 264 V
Wide-range input	No
Overvoltage resistance	$2.3 \times V_{in}$ rated, 1.3 ms
Mains buffering at lout rated, min.	20 ms; at $V_{in} = 93/187$ V
Rated line frequency	50 ... 60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current at rated input voltage 120 V Rated value	1.2 A
Input current at rated input voltage 230 V Rated value	0.67 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	13 A
Duration of inrush current limiting at 25 °C maximum	3 ms
I^2t , max.	0.5 A ² ·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: 16 A characteristic B or 10 A characteristic C

Output	
Output	Controlled, isolated DC voltage
Rated voltage Vout DC	24 V
Total tolerance, static ±	3 %
Static mains compensation, approx.	0.1 %
Static load balancing, approx.	0.2 %
Residual ripple peak-peak, max.	150 mV
Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)	240 mV
Product function Output voltage adjustable	No
Output voltage setting	-
Status display	Green LED for 24 V OK
On/off behavior	No overshoot of Vout (soft start)
Startup delay, max.	6 s; 2 s at 230 V, 6 s at 120 V
Voltage rise, typ.	10 ms
Rated current value Iout rated	2.5 A
Current range	0 ... 2.5 A
Active power supplied typical	60 W
Short-term overload current on short-circuiting during the start-up typical	6 A
Duration of overloading capability for excess current on short-circuiting during the start-up	100 ms
Short-term overload current at short-circuit during operation typical	6 A
Duration of overloading capability for excess current at short-circuit during operation	100 ms
Parallel switching for enhanced performance	Yes
Numbers of parallel switchable units for enhanced performance	2

Efficiency	
Efficiency at Vout rated, Iout rated, approx.	83 %
Power loss at Vout rated, Iout rated, approx.	12 W

Closed-loop control	
Dynamic mains compensation (Vin rated ±15 %), max.	0.3 %
Dynamic load smoothing (Iout: 50/100/50 %), Uout ± typ.	3 %
Load step setting time 50 to 100%, typ.	5 ms
Load step setting time 100 to 50%, typ.	5 ms
Setting time maximum	5 ms

Protection and monitoring	
Output overvoltage protection	< 33 V
Current limitation, typ.	2.65 A
Property of the output Short-circuit proof	Yes

Short-circuit protection	Constant current characteristic
Enduring short circuit current RMS value typical	2.7 A
Overload/short-circuit indicator	-

Safety

Primary/secondary isolation	Yes
Galvanic isolation	Safety extra-low output voltage U _{out} acc. to EN 60950-1 and EN 50178
Protection class	Class I
Leakage current maximum	3.5 mA
CE mark	Yes
UL/CSA approval	Yes
UL/cUL (CSA) approval	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 107.1), File E197259; cURus-Recognized (UL 60950-1, CSA C22.2 No. 60950-1) File E151273
Explosion protection	ATEX (EX) II 3G Ex nA II T4; cULus (ISA 12.12.01, CSA C22.2 No.213) Class I, Div. 2, Group ABCD, T4, File E330455
Certificate of suitability IECEx	No
Certificate of suitability NEC Class 2	No
FM approval	Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
CB approval	Yes
Marine approval	GL, ABS, BV, DNV, LRS, NK
Degree of protection (EN 60529)	IP20

EMC

Emitted interference	EN 55022 Class B
Supply harmonics limitation	not applicable
Noise immunity	EN 61000-6-2

Operating data

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

Mechanics

Connection technology	screw-type terminals
Connections Supply input	L, N, PE: 1 screw terminal each for 0.5 ... 2.5 mm ²
Connections Output	L+, M: 2 screw terminals each for 0.5 ... 2.5 mm ²
Connections Auxiliary	-
Width of the enclosure	70 mm
Height of the enclosure	100 mm
Depth of the enclosure	75 mm
Weight, approx.	0.3 kg

Product property of the enclosure housing for side-by-side mounting	Yes
Installation	Snaps onto DIN rail EN 60715 35x7.5/15, wall mounting
Other information	Specifications at rated input voltage and ambient temperature +25 °C (unless otherwise specified)