



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA
Núcleo de Sistemas Electrotécnicos

Proc. 1102/011/17805

AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO REMOTA DE RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALIMETRIA

Aplicação ao Pavilhão de Ensaios de Hidráulica de Estruturas

Desenvolvimento de Sistemas de Instrumentação
e de Controlo para Hidráulica e Ambiente

Lisboa • Setembro de 2011

I&D INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 317/2011 – NSE

AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO REMOTA DE RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALIMETRIA

Aplicação ao Pavilhão de Ensaio de Hidráulica de Estruturas

RESUMO

Os laboratórios de ensaios hidráulicos com modelos físicos necessitam de diversos tipos de recursos infraestruturais para assegurar o abastecimento de água aos modelos em ensaio, medindo caudais e níveis, controlando grupos bombagem e ajustando válvulas de regulação. A automação destes recursos pretende melhorar o seu desempenho, possibilitar a utilização simultânea de vários modelos, minimizando interferências, para além de facilitar a gestão da operação por parte dos utilizadores. Para além das funções de automação propriamente ditas, a supervisão em computador proporciona meios avançados de interface humano-máquina, arquivo de dados, diagnóstico de falhas e gestão de alarmes. O maior problema para conseguir realizar a automação e a supervisão de tais sistemas decorre frequentemente da diversidade de equipamentos existentes, de diferentes tecnologias e sem compatibilidade inerente, apresentando muitas dificuldades de integração sistémica.

Na aplicação aqui descrita exploraram-se soluções para automatizar o sistema de abastecimento de água aos modelos físicos de hidráulica de estruturas do Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas do Departamento de Hidráulica e Ambiente. A infra-estrutura de automação e supervisão foi concebida por forma a integrar grupos de bombagem com variadores electrónicos de velocidade, válvulas motorizadas, medidores de nível e de caudal, aglutinando ainda um subsistema de controlo de nível já existente, mas mais restrito, e proporcionando um recurso central de supervisão a partir de um computador.

AUTOMATION AND REMOTE SUPERVISION OF PUMPING AND FLOWMETRIC RESOURCES

Application to the Hydraulics Structures Test Plant

AUTOMATISATION ET SUPERVISION A DISTANCE DES RESSOURCES DE POMPAGE ET DE MESURE DE DEBIT

Application aux Installations d'Essais d'Hydraulique de Structures

AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO REMOTA DE RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALIMETRIA

Aplicação ao Pavilhão de Ensaios de Hidráulica de Estruturas

ÍNDICE

1	Introdução	1
2	Objectivo	5
3	Descrição dos recursos de bombagem e caudalimetria.....	5
3.1	Sistema de bombagem.....	5
3.2	Sensores de nível de água.....	7
3.3	Caudalímetros	7
3.4	Válvulas motorizadas.....	8
4	Solução adoptada para integração dos diversos recursos.....	9
5	Concepção do sistema de automação e supervisão.....	12
5.1	Supervisão dos caudalímetros e válvulas	12
5.1.1	Integração dos caudalímetros.....	12
5.1.2	Integração das válvulas motorizadas.....	12
5.2	Automação e controlo de nível dos tanques de abastecimento	15
5.3	Supervisão remota dos grupos de bombagem.....	16
6	Instalação e programação	16
6.1	Ligação de caudalímetros.....	17

6.2	Armário de instrumentação para o autómato (<i>Twido</i>)	18
6.3	Ligação da rede RS485 aos variadores de velocidade	19
6.4	Ligação das válvulas motorizadas	21
6.5	Ligação ao computador	22
6.6	Programa do autómato	24
6.7	Recursos de supervisão	24
7	Colocação em serviço	26
8	Conclusão	27
	Bibliografia.....	30
Anexo A	Esquemas de Montagem do Armário de Instrumentação do Autómato	31
Anexo B	Esquemas Eléctricos do Sistema de Automação	41
Anexo C	Configuração e Programa do Autómato (<i>Twido</i>)	73
Anexo D	Listagem dos Registos para Comunicações na Rede de Campo	101
Anexo E	Listagem da Configuração dos Secundários dos Caudalímetros.....	111
Anexo F	Lista de material	117

AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO REMOTA DE RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALIMETRIA

Aplicação ao Pavilhão de Ensaios de Hidráulica de Estruturas

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Ilustração esquemática da parte de bombagem do sistema de abastecimento de água para os modelos físicos do NRE (adaptado de [1]), exibindo a antiga numeração dos grupos.	2
Fig. 2 Esquema geral do primeiro sistema de bombagem para controlo automático de níveis através de um autómato programável (adaptado de [1]), apresentando a nova numeração dos grupos.	3
Fig. 3 Esquema das condutas de abastecimento de água para os modelos físicos, mostrando os primeiros caudalímetros instalados (Q1, Q2, Q3) e as válvulas motorizadas (V1, V2, V3).....	4
Fig. 4 Aspecto da sala de bombas mostrando (a) os actuais grupos de bombagem e os (b) respectivos variadores electrónicos de velocidade.	6
Fig. 5 Aspecto dos mais recentes caudalímetros instalados: (a) Primário e (b) Secundário.....	8
Fig. 6 Disposição actual dos 6 caudalímetros na nave do NRE.	8
Fig. 7 Centralização dos recursos necessários aos ensaios físicos.	10
Fig. 8 Abordagem para centralização dos recursos.....	11
Fig. 9 Detalhe do circuito eléctrico para comando de uma válvula.	13
Fig. 10 Detalhe da solução adoptada para o comando de uma válvula pelo sistema de supervisão.	14

Fig. 11 Sensor de nível do reservatório de alimentação instalado na sala de bombas.....	15
Fig. 12 Esquema simplificado da planta de instalação do equipamento e cablagens.	17
Fig. 13 Secundários dos caudalímetros instalados na Sala de Supervisão.....	18
Fig. 14 Armário de instrumentação para a supervisão dos caudalímetros e válvulas instalado na sala de supervisão.	19
Fig. 15 Rede RS-485 que implementa a Rede de Campo <i>Modbus</i>	20
Fig. 16 Implementação do comando “Local/Remoto”: (a) Pormenor do esquema eléctrico; (b) comutador “Local/Remoto” instalado num dos comandos locais do variador de velocidade.....	21
Fig. 17 Interior do armário de Instrumentação das válvulas.	22
Fig. 18 Pormenor da caixa que implementa o “Nó de comutação do protocolo RS485, instalada na sala de supervisão.	23
Fig. 19 Esquemático de implementação do nó de comutação do protocolo RS-485.....	23
Fig. 20 (a) Aparato do Sistema de Supervisão instalado na Sala de Supervisão; (b) Pormenor da programa de supervisão em funcionamento.....	25

AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO REMOTA DE RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALIMETRIA

Aplicação ao Pavilhão de Ensaios de Hidráulica de Estruturas

1 INTRODUÇÃO

O pavilhão de ensaios de hidráulica de estruturas do Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas (NRE) do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) dispõe de um sistema destinado ao abastecimento de água para os modelos físicos. Este sistema está concebido para fornecer a cada modelo o caudal adequado de água, normalmente em regime estacionário, usando para o efeito o método gravítico de descarga de água contida num tanque mais elevado permanentemente cheio.

A regulação do caudal para um dado modelo é feita por manobra de uma ou mais válvulas interpostas na respectiva conduta de abastecimento. A água utilizada é recolhida novamente à saída do modelo e encaminhada graviticamente, em canais, para um reservatório subterrâneo. Para manter cheio (com nível fixo) qualquer um dos dois tanques existentes existe um sistema de bombagem a partir do reservatório subterrâneo. A fig. 1 (adaptada de [1]) mostra esquematicamente a configuração do sistema.

Na concepção original um dado tanque era mantido cheio através de bombas centrífugas a velocidade constante, sendo a água sobranete do depósito recolhida através de um sistema de canaletas, distribuídas na superfície do mesmo, e descarregada para o reservatório através de uma conduta de *bypass*.

Numa renovação realizada no princípio dos anos 90 [1] foi realizada uma primeira automatização e controlo de nível no tanque inferior, com a colaboração do Centro de Instrumentação Científica (CIC), instalando-se um primeiro grupo de bombagem munido de variador electrónico de velocidade, um autómato programável, duas válvulas motorizadas e sensores de nível nos dois tanques e no reservatório subterrâneo (cf. fig. 2). Com esta solução procurou realizar-se o controlo de nível num ou noutro dos tanques praticamente sem derrame de água.

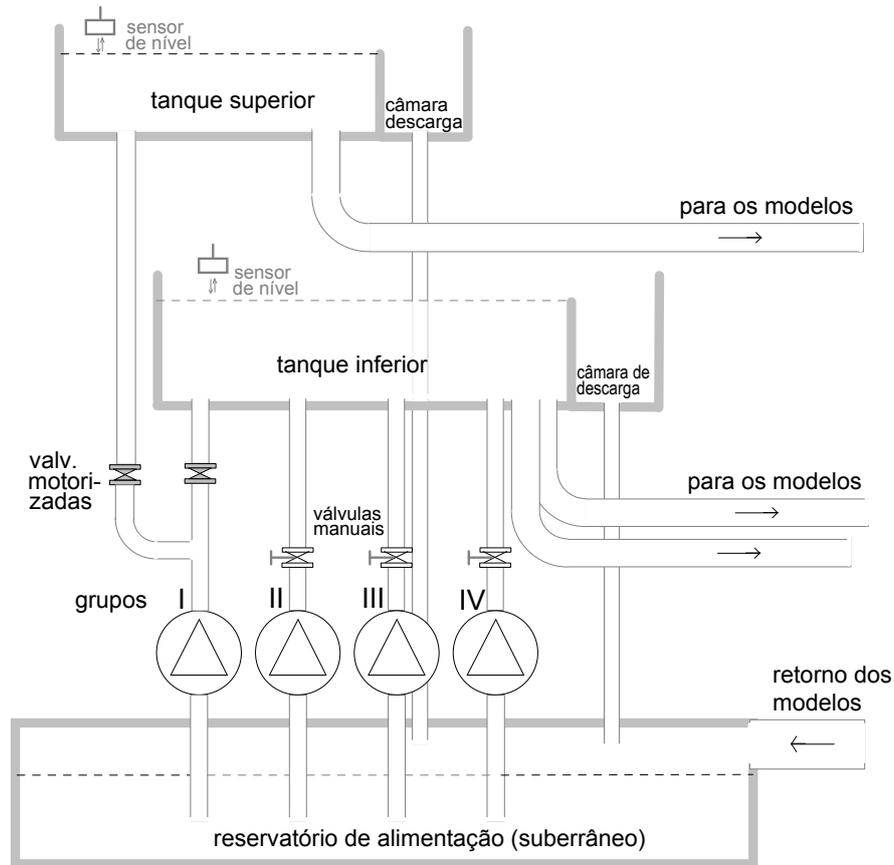


Fig. 1 Ilustração esquemática da parte de bombagem do sistema de abastecimento de água para os modelos físicos do NRE (adaptado de [1]), exibindo a antiga numeração dos grupos.

Na mesma altura foi também desenvolvido pelo CIC um primeiro programa de supervisão e comando remoto a partir de um computador colocado na Sala de Supervisão do pavilhão [2]. Por obsolescência do software de supervisão (desenvolvido para ambiente *MS-DOS*), face às sucessivas gerações de sistemas operativos, há muito que o mesmo deixou de ser utilizável.

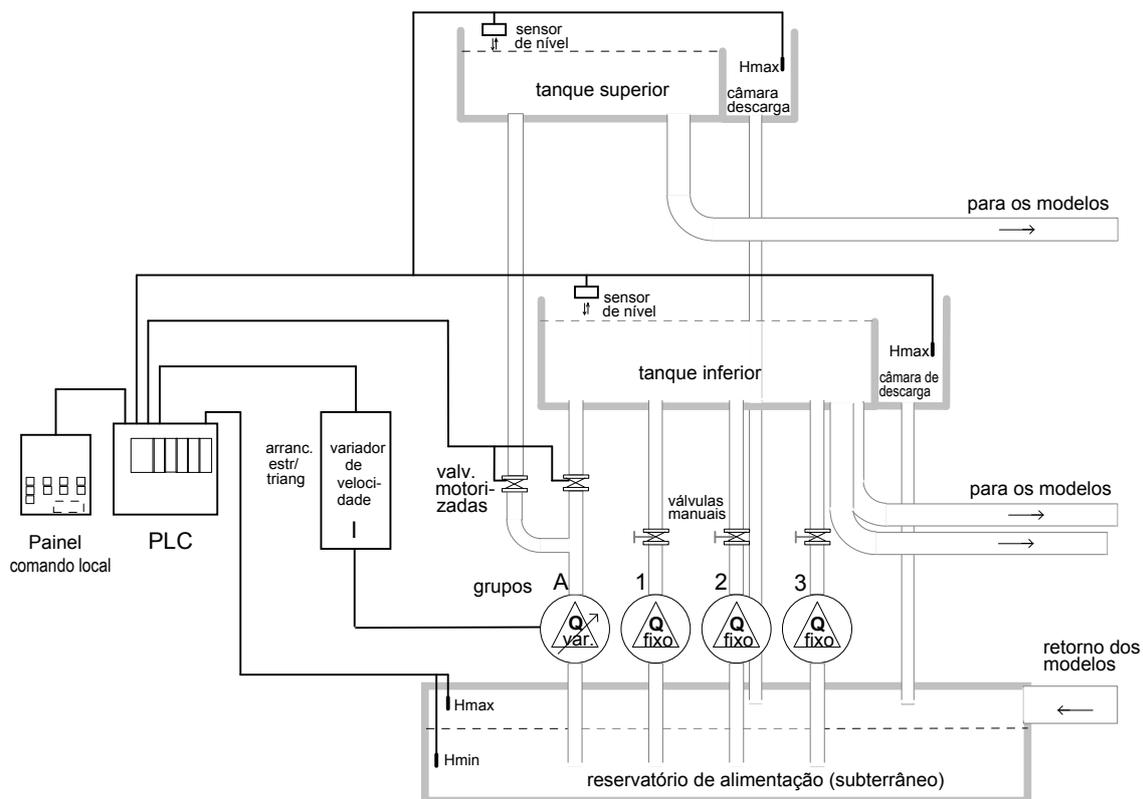


Fig. 2 Esquema geral do primeiro sistema de bombeamento para controlo automático de níveis através de um autómato programável (adaptado de [1]), apresentando a nova numeração dos grupos.

Ficaram também instalados três conjuntos constituídos por uma válvula motorizada a montante de um caudalímetro nas duas condutas principais de abastecimento de água para os modelos: dois na conduta da esquerda e um na conduta da direita, conforme fica ilustrado no esquema da fig. 3. As ordens de abertura e fecho das válvulas eram realizadas manualmente, por botões, num quadro instalado na Sala de Supervisão.

A passagem da água de uma conduta de abastecimento para um modelo é feita através de um válvula manual situada junto do mesmo, a qual serve igualmente para ajustar o caudal de regime estacionário entregue ao modelo. O mesmo é medido por um caudalímetro que esteja a montante. A presença de dois caudalímetros electromagnéticos (Q1 e Q2) permite servir simultaneamente mais do que um modelo em regime estacionário: um com tomada de água situada entre Q1 e Q2 (caudal obtido pela diferença entre as leituras de Q1 e de Q2) e outro a jusante de Q2 (caudal obtido pela leitura de Q2). Alternativamente poderão utilizar-se as válvulas motorizadas para efectuar a regulação dos caudais.

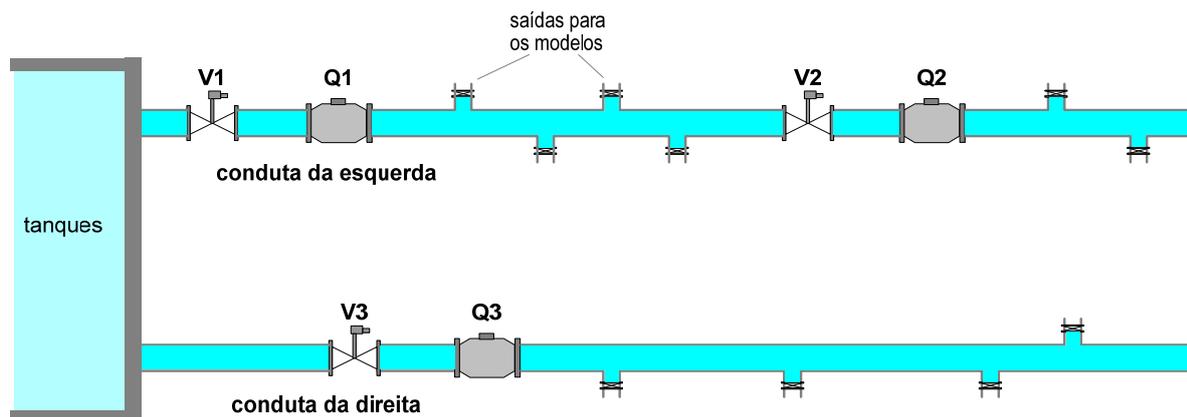


Fig. 3 Esquema das condutas de abastecimento de água para os modelos físicos, mostrando os primeiros caudalímetros instalados (Q1, Q2, Q3) e as válvulas motorizadas (V1, V2, V3).

Em 2002 foi desenvolvido no CIC um sistema sem fios para telemetria de caudais e comando remoto de válvulas, através de comunicação digital por rádio, a partir de uma pequena consola amovível [3]. Com este dispositivo tornou-se possível, em qualquer ponto do pavilhão, monitorizar as leituras dos caudalímetros e os estados das válvulas motorizadas, bem como comandar o movimento destas últimas.

Recentemente viriam a ser instalados, embora sem acompanhamento do CIC, variadores de velocidade nos restantes três grupos de bombagem. Como os grupos não foram integrados no sistema de automação anteriormente criado, ficaram exclusivamente comandáveis em modo local na sala de bombas. Foram também instaladas mais três unidades primárias de caudalímetros electromagnéticos em várias condutas do sistema de abastecimento de água para os modelos, que conviriam integrar num novo sistema de automação e supervisão global. Foi também colocado um sensor de nível no reservatório de alimentação de água (subterrâneo).

No presente relatório descreve-se a concepção, o desenvolvimento e a colocação em serviço de um sistema que permita a integração de todo este conjunto de equipamentos actualmente existentes no pavilhão de modelos físicos do NRE (grupos de bombagem com velocidade variável, autómatos, caudalímetros, válvulas motorizadas, sensores de nível, painéis de comando manual), bem como a supervisão a partir de um computador.

2 OBJECTIVO

Pretende-se criar um novo sistema de automação dedicado ao conjunto global de equipamentos de medição e de actuação actualmente existentes para realizar o abastecimento de água aos modelos físicos de hidráulica no DHA/NRE. O novo sistema incluirá funções de supervisão visando agilizar o acesso do pessoal operador aos recursos essenciais para a realização de ensaios.

É conveniente que o novo sistema de automação e supervisão implemente também um modelo de monitorização do estado do equipamento, fazendo uma recolha selectiva e sistematizada de parâmetros dos vários aparelhos ligados ao sistema, de forma a proceder à detecção de anomalias e à avaliação das condições de funcionamento do equipamento. A introdução deste tipo de funções para sinalizar eventuais anomalias também contribui para salvaguardar a integridade do equipamento e para prolongar sua vida útil.

A solução a adoptar deve adequar-se à diversidade de tipos e marcas de equipamentos, com diferentes formas de comunicação e de interface externa, facto que dificulta a respectiva integração em sistemas de automação globais. Essa solução deve ainda possuir adequação às condições ambientais da aplicação e imunidade às perturbações electromagnéticas previsíveis em virtude da existência de conversores estáticos de potência.

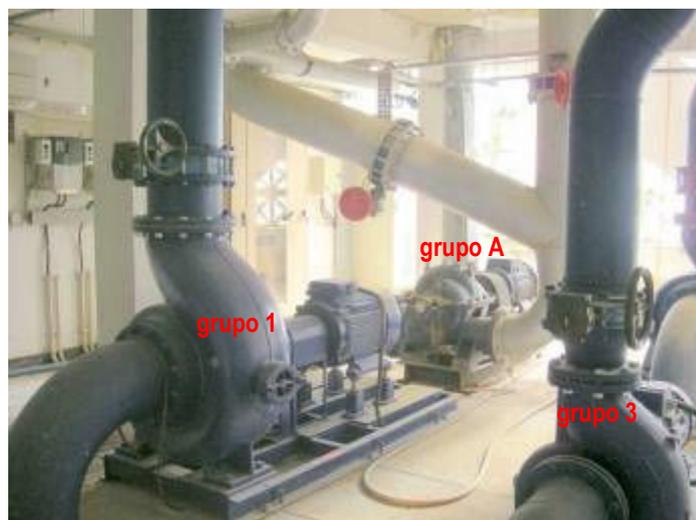
3 DESCRIÇÃO DOS RECURSOS DE BOMBAGEM E CAUDALIMETRIA

Neste capítulo será feita uma descrição detalhada dos recursos existentes e que foram integrados no sistema de automação e supervisão desenvolvido.

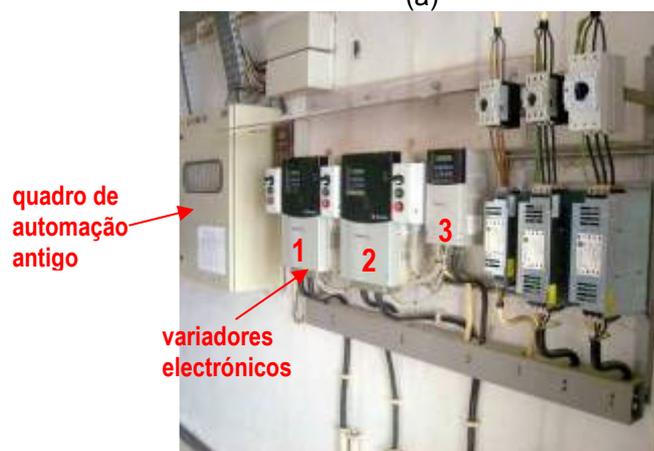
3.1 Sistema de bombagem

O actual sistema de bombagem de água para abastecimento dos modelos físicos, constituído por quatro grupos bombas centrífugas actuadas por motores de indução trifásicos, possuindo variadores electrónicos de velocidade, pode observar-se na fig. 4. Os grupos A, 1, 2 e 3 (segundo a nova numeração) têm, respectivamente, as seguintes potências motrizes: 37,5 kW, 29,5 kW, 20 kW e 14,7 kW.

A variação de velocidade do grupo A era assegurada por um *conversor electrónico de potência*, constituído por uma associação rectificador-ondulador, modelo *AEG MINIVERTER D 73/380* de 73 kVA. Na sequência de uma avaria, este conversor electrónico foi, mais tarde, substituído por outro da marca Telemecanique-SquareD, modelo *Altivar 58*, ref. *ATV58HD46N4*. O comando desta unidade é feito através de um autómato programável *AEG-Modicon 984-145*, em cadeia fechada, de modo a manter um nível constante no tanque seleccionado, praticamente sem derrame de água para a conduta de retorno. A interface de ligação entre estes equipamentos é de tipo clássico: sinal analógico em corrente 0-20mA para *referência de frequência*, sinais binários para *ligar e desligar* o variador, e sinais de estado (binários: *manual/automático, pronto para serviço e avaria*; analógico: *frequência aplicada ao motor*) [1].



(a)



(b)

Fig. 4 Aspecto da sala de bombas mostrando (a) os actuais grupos de bombagem e os (b) respectivos variadores electrónicos de velocidade.

A variação de velocidade dos grupos 1 a 3 é efectuada por variadores com o mesmo princípio de conversão de energia que o anterior, modelos da *Allen-Bradley PowerFlex400* [4] alimentados a partir da rede de 400V, 50Hz: 22C-D060A130 de 53,3kVA (com uma corrente máxima de saída de 60A, suporta motores eléctricos até 30kW); 22C-D038A130 de 33,3kVA (com uma corrente máxima de saída de 38A, suporta motores eléctricos até 18,5kW); 22C-D030N130 de 25,8kVA (com uma corrente máxima de saída de 30A, suporta motores eléctricos até 15kW).

3.2 Sensores de nível de água

Os sensores de nível dos tanques são de tipo ultrassónico, modelo *KDG MOBREY MSP 90* com: distância máxima programável entre 0,2 m e 13,5 m; resolução de 1 mm numa gama de medida de 0,2 m; saída em corrente, isolada, de 0 a 20 mA; tempo mínimo de 1 s entre leituras [1].

O sensor de nível do reservatório subterrâneo é de tipo ultrassónico, marca *Hycontrol*, modelo *Liquiflex*, com: alcance máximo de 10 m, resolução máxima de 2mm; saída em corrente de 4 a 20 mA opticamente isolada, 5 relés programáveis de 8A/250Vac/30Vdc [5].

3.3 Caudalímetros

Todos os caudalímetros instalados na nave do NRE são de tipo electromagnético, da marca KRONE. São constituídos por uma unidade primária – o sensor de caudal – instalada nas condutas de água e uma unidade secundária, para conversão e condicionamento de sinal, instalada na Sala de Supervisão, com excepção do caudalímetro E3 cuja unidade secundária está instalada junto do primário, na parede norte do pavilhão.

Os três modelos mais antigos têm unidades primárias e secundárias, respectivamente, M900 e SC100AS. Os restantes três caudalímetros, recentemente instalados, correspondem aos modelos OPTIFLUX 200F (fig. 5 (a)) e IFC300W (fig. 5 (b)) para as unidades primárias e secundárias, respectivamente.



Fig. 5 Aspecto dos mais recentes caudalímetros instalados: (a) Primário e (b) Secundário.

Na fig. 6 é ilustrada a disposição e nomenclatura actual dos primários dos 6 caudalímetros instalados na nave do NRE. Os caudalímetros são numerados sequencialmente e de acordo com a conduta a que pertencem: E1 corresponde ao primeiro caudalímetro da conduta da esquerda, D1 corresponde ao primeiro caudalímetro da conduta da direita, e assim sucessivamente.

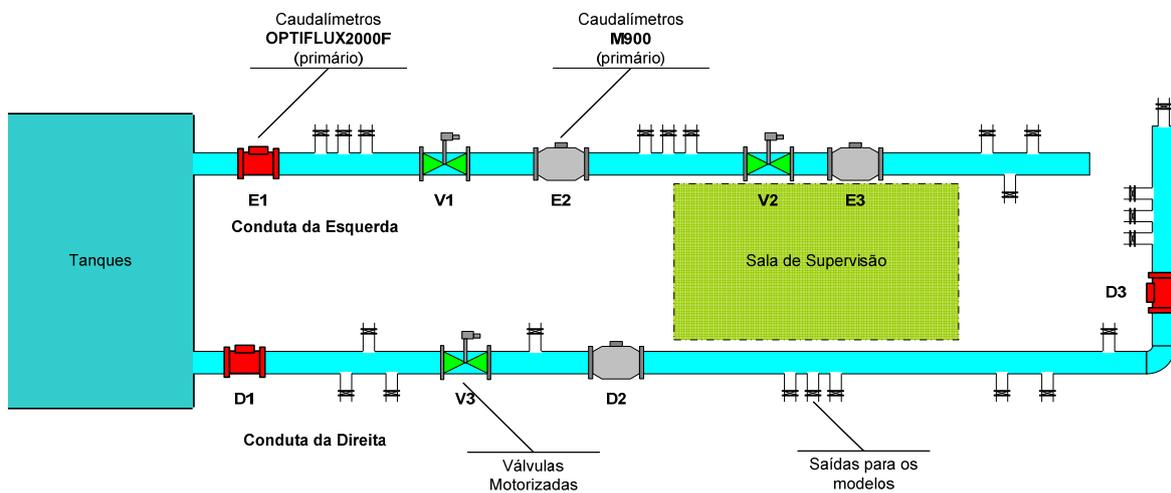


Fig. 6 Disposição actual dos 6 caudalímetros na nave do NRE.

3.4 Válvulas motorizadas

As válvulas motorizadas interpostas nas condutas de abastecimento têm motorização *BERNARD*, modelo *SD AS 50*, utilizando motor de indução trifásico de 30W,

380V, 50Hz e dispendo de contactos de fim de curso trabalhando ao fecho para indicar VÁLVULA ABERTA e VÁLVULA FECHADA e contactos trabalhando à abertura para assinalar LIMITE DE ESFORÇO (em qualquer dos sentidos). Na fig. 6 é ilustrada a disposição destas 3 válvulas instaladas no pavilhão do NRE.

O arranque e a inversão de sentido de marcha de cada válvula ficam a cargo de um par de contactores trifásicos alojados num quadro da Sala de Supervisão, em cujo painel se encontram as botoneiras de comando manual local. O tempo total de manobra automática de uma válvula, em qualquer dos sentidos, é de cerca de 30 segundos. Os detalhes esquemáticos do comando das válvulas a partir de botões constam da ref. [3]. As válvulas possuem também transdutores¹ de posição analógicos, em corrente, de 4 a 20 mA.

Existem também duas válvulas motorizadas, situadas na sala de bombas, imediatamente a jusante do grupo A, as quais permitem seleccionar o tanque para o qual este grupo de bombagem envia a água e no qual regula o nível.

4 SOLUÇÃO ADOPTADA PARA INTEGRAÇÃO DOS DIVERSOS RECURSOS

Pretende-se centralizar os recursos descritos anteriormente em local apropriado, de forma a proporcionar aos utilizadores a supervisão expedita do sistema de automação e dos recursos necessários aos ensaios físicos.

O primeiro desafio encontrado foi o de integrar um extenso leque de equipamento, com diversas características e distribuído no campus de ensaios, numa rede de campo que centralizasse num único local, a operação de todos os recursos (cf. fig. 7).

¹ A este tipo de dispositivos com saída de sinal já condicionado (neste caso, 4-20mA) também se chama *transmissores* de posição.

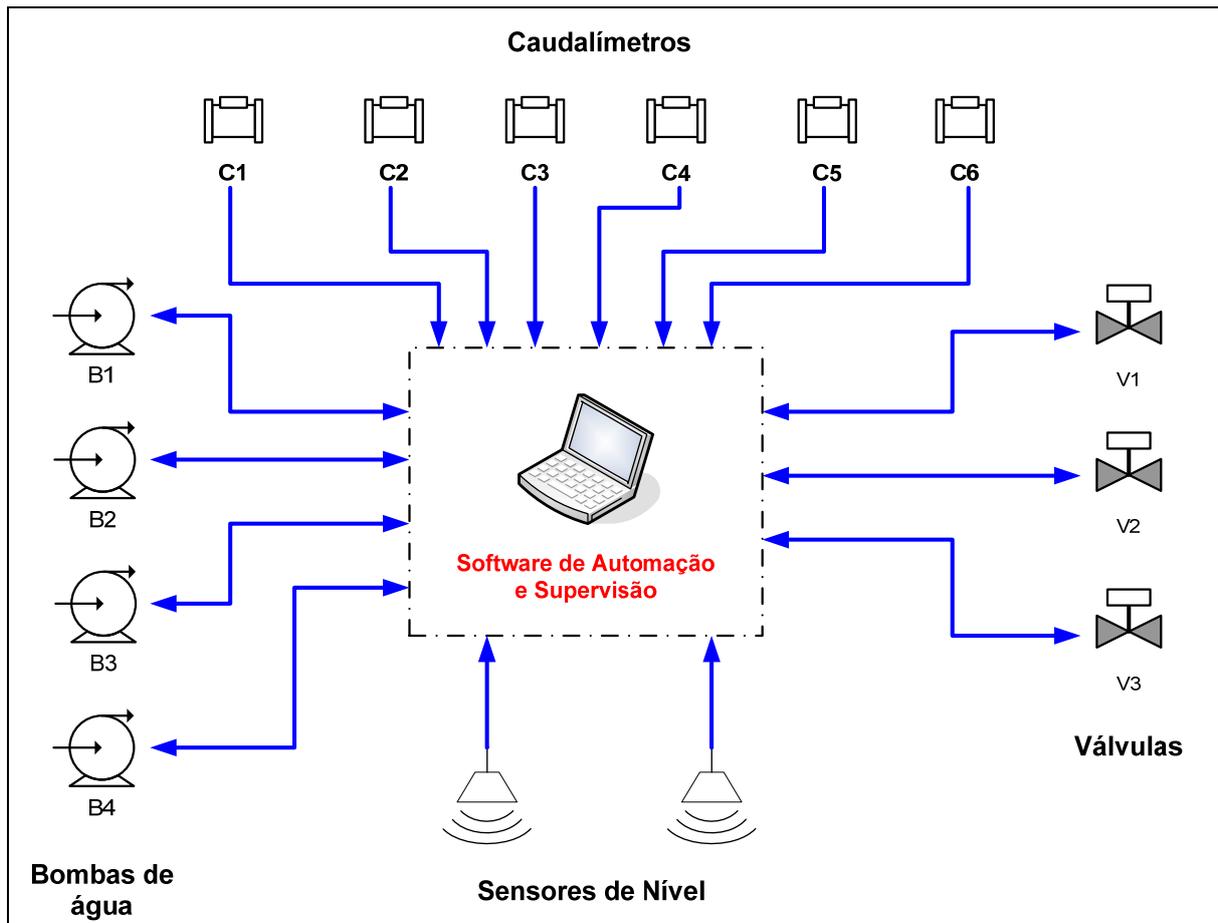


Fig. 7 Centralização dos recursos necessários aos ensaios físicos.

A variabilidade das características dos equipamentos e, mais especificamente, das suas interfaces com o exterior, constitui um obstáculo à utilização de uma única rede de campo como veículo de interligação dos recursos através de comunicação digital.

Os variadores de velocidade dos grupos de bombagem possuem interfaces de comunicação RS-485 e podem ser integrados em rede de campo. Contudo, os restantes equipamentos só possuem interfaces para sinais analógicos, binários ou pulsantes, e, por esse facto, requerem a presença de um sistema central, ou de vários distribuídos, possuindo interfaces convencionais, para realizar a sua integração sistémica. Esta última tarefa pode ficar a cargo de um novo controlador lógico – ou *autómato* – programável, uma vez que aquele que já existe na sala de bombas não dispõe de capacidade para toda a expansão que seria necessária.

Com esta concepção no sistema considerado passam a existir três subsistemas de automação (cf. fig. 8):

- O primeiro tem a seu cargo a automação e o controlo de nível dos reservatórios através do grupo A de bombagem e do autómato já existente [1];
- O segundo interliga o equipamento de automação de caudalimetria e comando de válvulas, utilizando um novo autómato a definir;
- O terceiro consiste numa rede de comunicação RS-485, com protocolo *Modbus*, que integra os variadores de velocidade do sistema de bombagem.

O conjunto é centralizado num computador que possui interfaces para comunicar com cada um dos subsistemas acima descritos e no qual irão residir os recursos de supervisão e aquisição de dados.

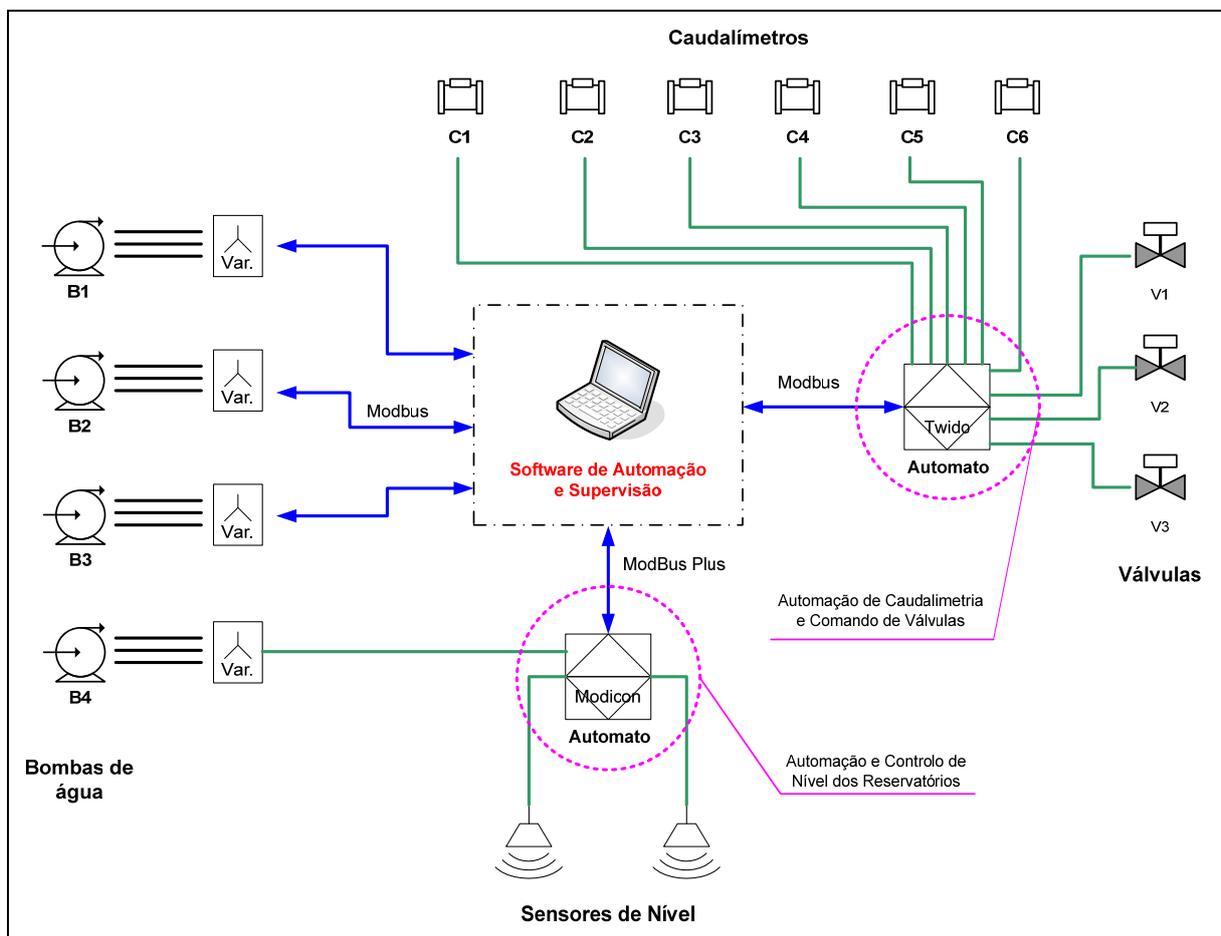


Fig. 8 Abordagem para centralização dos recursos.

5 CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO

Neste capítulo será descrita, de forma detalhada, a implementação das soluções adoptadas para a realização do sistema de automação e supervisão desenvolvido.

5.1 Supervisão dos caudalímetros e válvulas

Como mencionado anteriormente, os recursos afectos à caudalimetria e às válvulas motorizadas (já existentes e em funcionamento) foram integrados num sistema de automação desenhado de raiz, de forma a possibilitar a sua centralização. Para concretizar esse objectivo foi seleccionado um autómato adequado para estabelecer a ligação física com os vários de caudalímetros e válvulas.

Para satisfazer os requisitos de interface dos caudalímetros e válvulas motorizadas, com sinais analógicos, binários e pulsantes (em frequência), foi adoptado um autómato modelo *Twido* TWDL-CAE-40DRF, da marca Schneider Electric.

5.1.1 Integração dos caudalímetros

Existem actualmente dois modelos diferentes de caudalímetros em uso nas instalações do NRE: o SC100AS e o IFC300, da marca *Krohne*. Ambos os modelos possuem uma saída de sinal pulsante, que permite determinar o valor de caudal actual por medição da frequência do sinal. Este método de interface é preferível ao método de medição do sinal analógico (por exemplo em corrente), uma vez que é menos sensível às interferências externas e também por necessitar apenas da contagem de impulsos e da medição do tempo, processo que é normalmente mais exacto do que a conversão de sinais analógicos. Esta opção deriva do facto de os caudalímetros se encontrarem distribuídos pelo pavilhão do NRE, a distâncias consideráveis (de dezenas de metros), sendo necessário utilizar meios de interface robustos a interferências electromagnéticas.

5.1.2 Integração das válvulas motorizadas

Para a supervisão remota das válvulas motorizadas foram utilizados grupos de saídas binários do autómato para as ordens de *abertura* e *fecho*. Para a monitorização remota do estado actual das válvulas foi utilizado um conjunto de entradas binárias e

analógicas do autómato: as primeiras para recolha de estados de abertura, fecho e limites de binário e as segundas para a leitura da posição da válvula.

Na fig. 9 é apresentado um detalhe do esquema da lógica do comando de uma válvula motorizada (a 230Vac). Os botões “FECHAR” e “ABRIR”, instalados no armário de instrumentação, possibilitam comandar a válvula só enquanto premidos. Note-se ainda a presença de um encravamento eléctrico, para evitar o comando simultâneo de ordens opostas e impedir curto-circuitos entre fases pelo par de contactores-inversores.

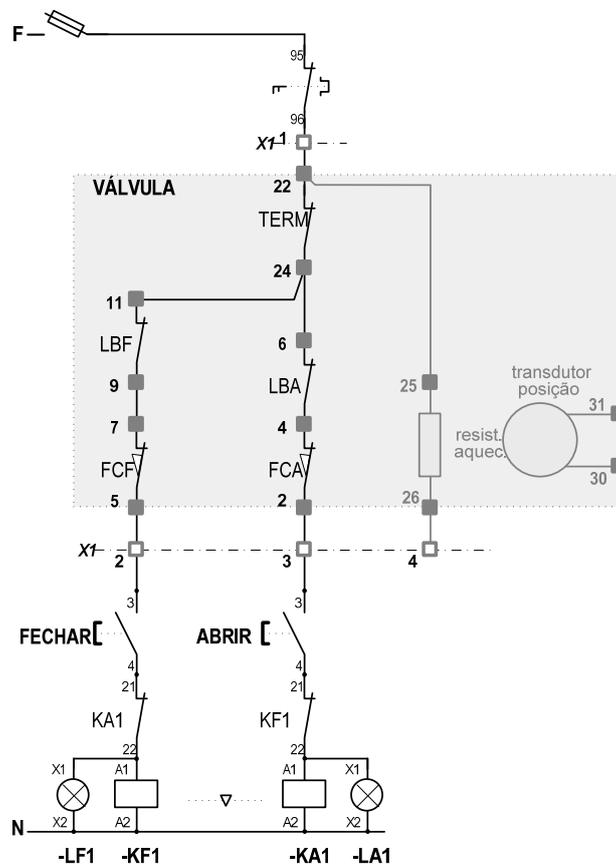


Fig. 9 Detalhe do circuito eléctrico para comando de uma válvula.

Na fig. 10 é apresentado um detalhe da solução adoptada para interface do comando do sistema de supervisão desenvolvido. Esta solução foi adaptada de [3], entretanto colocada fora de serviço por obsolescência do equipamento, e permitiu usar os blocos de relés com bobina de 12Vdc já instalados. Nesta solução são usados quatro desses relés electromagnéticos na interface entre o autómato e circuitos eléctricos de comando (a 230Vac) para cada válvula. Os comandos de “FECHAR” e “ABRIR” do autómato são veiculados pelas bobinas -KY1 e -KZ1 (a 12Vdc), que comutam os respectivos contactores

auxiliares KY1 e KZ1 (a 230Vac); os restantes relés destinam-se a recolher o estado de “Fim de Curso Fechado” (FCF) e “Fim de Curso Aberto” (FCA) de cada válvula.

A solução adoptada permite colocar o sistema de supervisão remota a comandar as válvulas, mas sem se sobrepor ao comando manual destas. Desta forma, coexistem os dois tipos de comando: um manual, por accionamento dos botões do armário de instrumentação, e um remoto por computador, através do sistema de supervisão.

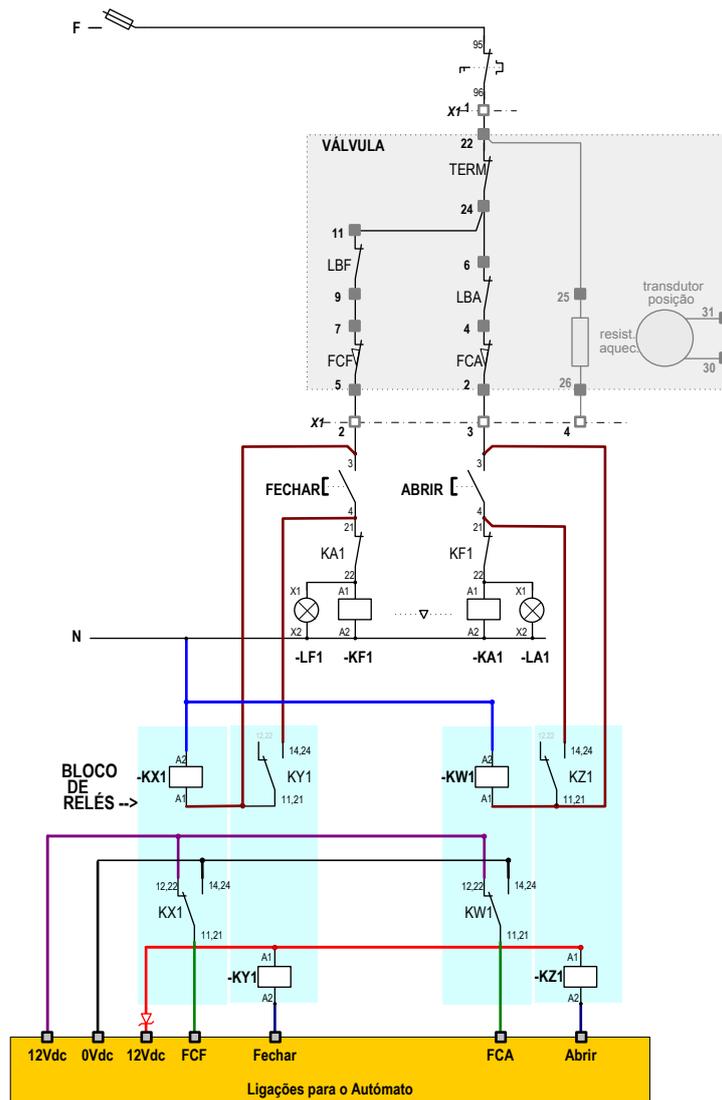


Fig. 10 Detalhe da solução adoptada para o comando de uma válvula pelo sistema de supervisão.

Nas figs. 9 e 10 apenas são apresentados, a título de exemplo, os esquemas eléctricos para o comando de “ABRIR” e “FECHAR” e estado binário de FCF e FCA, para uma válvula. No Anexo B são apresentados os esquemas eléctricos em detalhe da solução preconizada para a interface das válvulas ao sistema de automação.

5.2 Automação e controlo de nível dos tanques de abastecimento

O sistema de automação que controla os níveis de água nos tanques de alimentação dos modelos foi implementado em 1995 [1] e a sua supervisão remota foi também realizada através de uma rede de campo *ModBus Plus*. Com já foi referido, este sistema de automação permite controlar um dos 4 grupos de bombagem de água que alimentam os tanques (grupo A). Este sistema foi implementado usando um autómato *Modicon 984-145*, da AEG-Modicon, que está instalado na Sala de Bombagem. O programa de supervisão então criado permitia, embora de uma forma um pouco rudimentar, a monitorização dos níveis de água nos mesmos e o lançamento e paragem do grupo de bombagem a partir da Sala de Supervisão.



Fig. 11 Sensor de nível do reservatório de alimentação instalado na sala de bombas.

Aproveitando os recursos já instalados, nomeadamente o autómato atrás referido, procedeu-se à ligação do novo sensor de nível do reservatório de alimentação (*Liquiflex*) [5] ilustrado na fig. 11: a saída em corrente (4 a 20 mA) deste sensor foi ligada a uma entrada analógica do autómato *Modicon 984-145*, ficando assim o nível do reservatório acessível pela rede de campo *ModBus Plus*.

Desta forma, foi possível integrar a supervisão do nível deste reservatório no sistema global, sem prejuízo de este subsistema de automação continuar em funcionamento e sem a necessidade de adquirir novos equipamentos para interface do sensor de nível ao sistema de automação e supervisão agora criado.

5.3 Supervisão remota dos grupos de bombagem

Como referido anteriormente, os grupos de bombagem de água são comandados pelos respectivos variadores. No caso dos grupos 1 a 3 (*i.e.* as restantes 3 bombas que não estão afectas ao sistema de Automação e Controlo de Níveis criado em 1995) os respectivos variadores (*PowerFlex 400*) [6] têm capacidade de comunicação digital com vários protocolos, nomeadamente o protocolo *Modbus* através de uma interface física RS485.

Foi criada uma rede de comunicação digital, assíncrona, com suporte físico RS485, e com protocolo *Modbus*, que integra os três variadores como nós *escravos* e um computador como *mestre*. A cada nó escravo é atribuído um endereço único.

6 INSTALAÇÃO E PROGRAMAÇÃO

A montagem de equipamento e respectiva cablagem revelou-se mais difícil do que o planeado, devido à deficiência das instalações técnicas já existentes e à falta de recursos materiais e humanos. Refere-se, nomeadamente, a inexistência de caminhos de cabos nas caleiras onde estão alojadas as condutas de distribuição de água pelo pavilhão do NRE, com as válvulas e caudalímetros intercalados, o que obrigou à colocação das várias cablagens utilizando soluções de recurso. O sub dimensionamento das calhas técnicas no interior da Sala de Supervisão, também dificultou o processo de colocação de todas as cablagens, bem como a passagem de cabos para dentro e para fora desta sala.

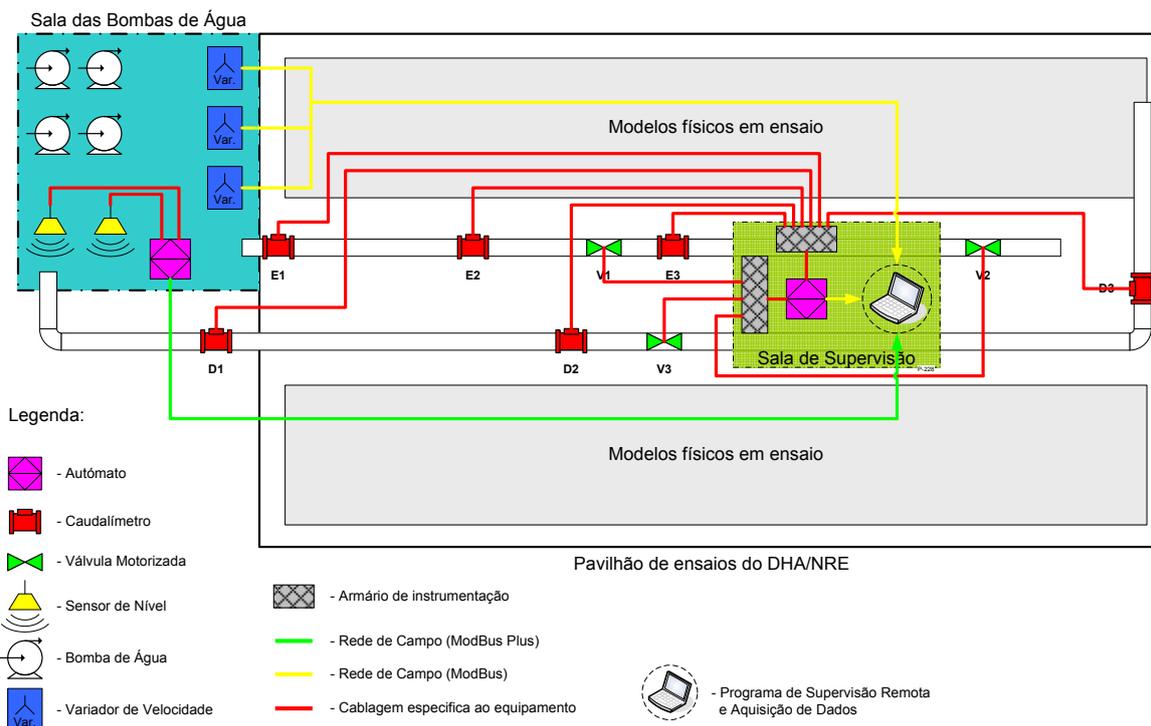


Fig. 12 Esquema simplificado da planta de instalação do equipamento e cablagens.

6.1 Ligação de caudalímetros

Foi necessário proceder à montagem dos secundários dos caudalímetros na Sala de Supervisão (cf. fig. 13) e à instalação e distribuição das cablagens que ligam aos primários respectivos (cf. esquema da fig. 12). Foram necessários cerca de 200m de cabo do tipo LAPP UNITRONIC Li2YCY PiMF 2x2x0,5 da *Lapp Kabel* e de 100m de cabo do tipo harmonizado H07 VV-U 3G2,5. Estes cabos têm como função a alimentação eléctrica dos primários dos caudalímetros, a sua excitação e a ligação de sinais de transdução à electrónica de acondicionamento do secundário.

Todas as unidades secundárias dos caudalímetros foram configuradas de forma a fornecerem um sinal em frequência de acordo com as especificações do autómato (*Twido*), nomeadamente a frequência máxima admissível de cada contador de impulsos. No Anexo E estão listadas as parametrizações de configuração de todos os caudalímetros.

As saídas em frequência dos caudalímetros ficam ligadas a entradas binárias específicas do autómato, com capacidade de contagem rápida de impulsos, de acordo com

os esquemas eléctricos no Anexo B, para se obterem as respectivas leituras de caudal através do sistema de supervisão.



Fig. 13 Secundários dos caudalímetros instalados na Sala de Supervisão

6.2 Armário de instrumentação para o autómato (Twido)

Como já referido anteriormente, foi desenhado de raiz um sistema de automação para implementar a supervisão dos caudalímetros e válvulas. Com esse objectivo foi instalado um novo armário de instrumentação na sala de supervisão destinado a albergar o autómato *Twido* TWDL-CAE-40DRF e todos os acessórios de alimentação, protecção e ligação.

Na fig. 14 é ilustrado o armário de instrumentação instalado com identificação dos elementos constituintes mais relevantes. Este armário permite organizar não só todas as ligações de entre o autómato e os vários caudalímetros e válvulas, mas também a alimentação eléctrica do equipamento a supervisionar: alimentação do próprio autómato (230Vac); alimentação dos secundários dos caudalímetros SC100AS (230Vac), que outrora era feito com cabos ligados a tomadas na parede; alimentação dos secundários dos caudalímetros IFC 300 (24Vdc), recentemente instalados; alimentação dos transdutores de

posição das válvulas motorizadas; alimentação dos circuitos de comando e recolha de estados binários (24Vdc) afectos às válvulas.

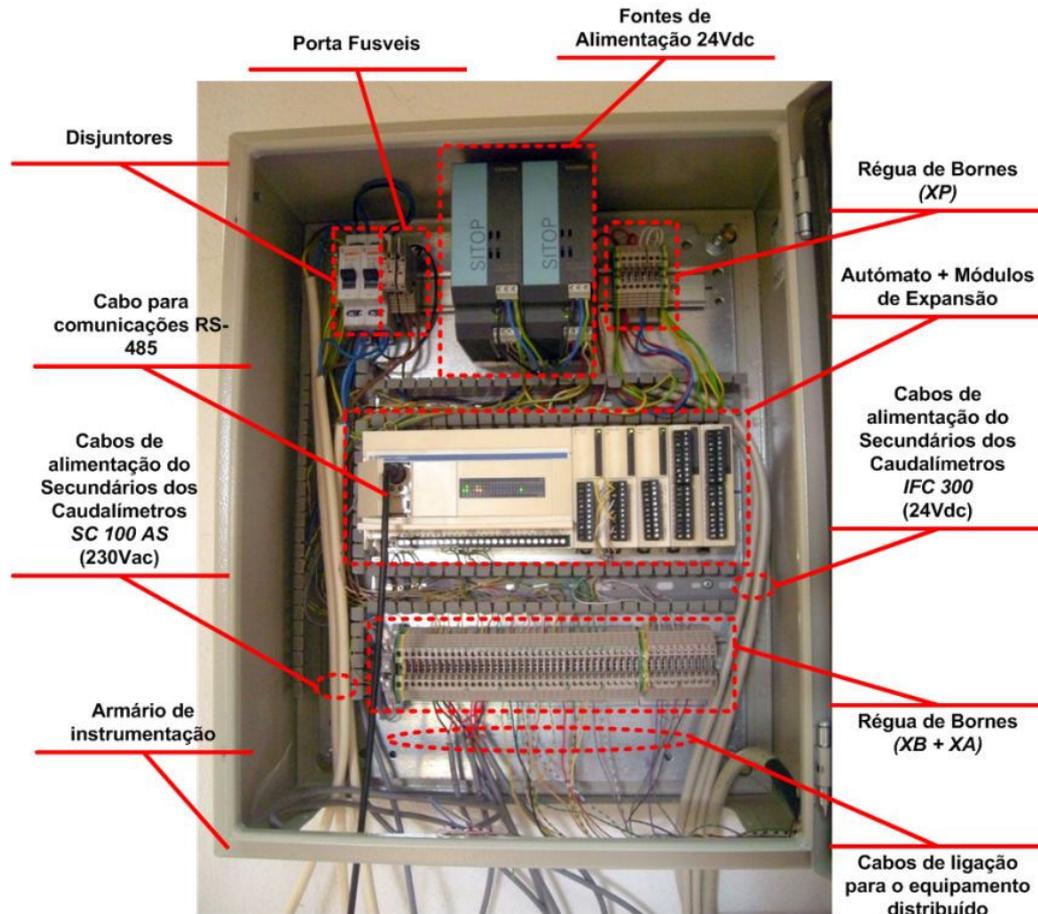


Fig. 14 Armário de instrumentação para a supervisão dos caudalímetros e válvulas instalado na sala de supervisão.

Os esquemas de montagem com a disposição de componentes no armário de instrumentação constam no Anexo A.

6.3 Ligação da rede RS485 aos variadores de velocidade

O comando e a monitorização remota dos grupos de bombagem de água são executados por intermédio dos respectivos variadores de velocidade. Cada variador está munido de uma interface de comunicação digital RS485 e permite implementar o protocolo *Modbus*. De acordo com o esquema simplificado da fig. 15, cada um dos variadores é ligado por intermédio de um “chicote” com ficha RJ45 a uma caixa instalada no local. A caixa

instalada serve para acondicionar as ligações entre os cabos dos variadores e o cabo que segue até a sala de supervisão, e também para instalar a resistência terminadora (uma vez que os referidos “chicotes” são muito curtos). A ligação entre esta caixa e a sala de supervisão é realizada com um cabo com cerca de 30m, do tipo TVHV3x(2x0,5).

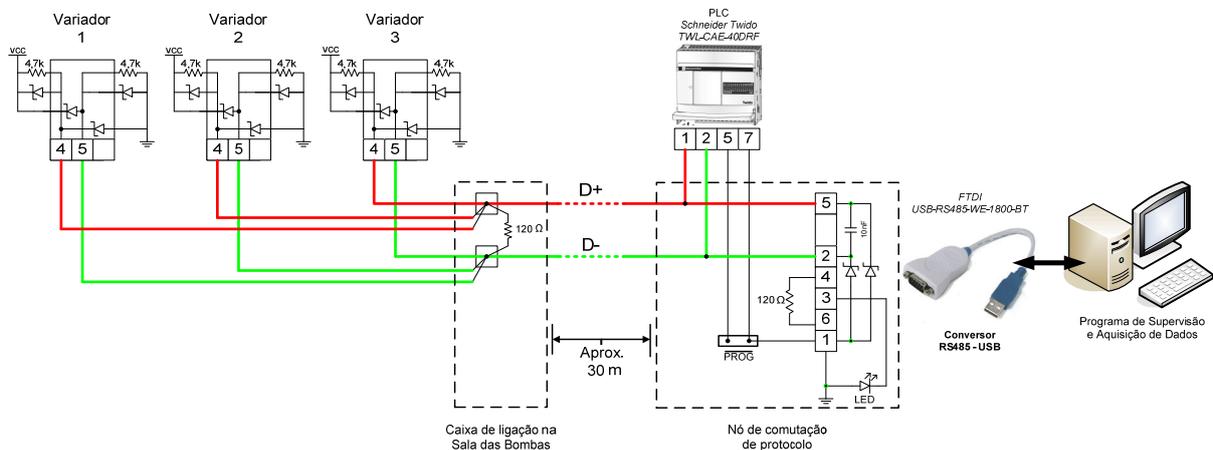
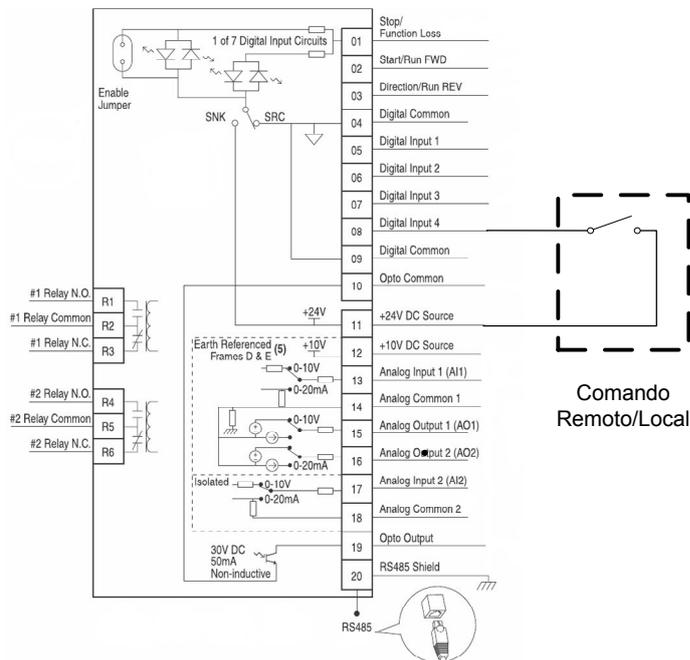


Fig. 15 Rede RS-485 que implementa a Rede de Campo *Modbus*.

Por razões de segurança e operacionalidade do comando dos grupos de bombagem, foi instalado, junto de cada um dos variadores, um comutador “Local/Remoto”. Este comutador permite estabelecer, localmente, a hierarquia de comando de cada bomba: quando o comutador está na posição “Local”, a respectiva bomba obedece apenas aos comandos do painel sinóptico (no local) inibindo comandos da sala de supervisão (particularmente útil em situações de manutenção do equipamento); quando o comutador está na posição “Remota”, a bomba obedece apenas aos comandos executados na sala de supervisão remota. Existe uma exceção para o comando de paragem da marcha dos grupos (“STOP”) que, por razões de segurança, tem prioridade qualquer que seja a origem do comando (local ou remota).

Uma vez que os painéis de comando dos variadores não contemplavam esta solução, foi acrescentado um comutador “Local/Remoto” junto de cada variador, na caixa da respectiva botoneira de comando local, conforme fica ilustrado na fig. 16 (b).



Esquema de comando do variador

(a)



(b)

Fig. 16 Implementação do comando "Local/Remoto": (a) Pormenor do esquema eléctrico; (b) comutador "Local/Remoto" instalado num dos comandos locais do variador de velocidade.

Na fig. 16 (a) é ilustrado um pormenor do esquema eléctrico da solução preconizada para o variador: a entrada binária "Digital Input 4" quando energizada a 24Vdc altera a origem das ordens de comando do variador para modo "Remoto". Os esquemas eléctricos completos da instalação encontram-se no Anexo B.

6.4 Ligação das válvulas motorizadas

Foram adicionados novos terminais em calha DIN 5 no armário de instrumentação das válvulas (instalado na Sala de Supervisão): este grupo de ligadores, denominado XC, serve de interface para recolha e comando de estado binários entre os relés electromagnéticos (que actuam o circuito eléctrico das válvulas) e o autómato (*Twido*). Existe ainda uma segunda régua de bornes, denominada XD, para interface de sinais analógicos entre os transdutores de posição das válvulas e o autómato. As ligações destes terminais ao autómato são executadas por intermédio de um cabo de múltiplos pares torcidos. (cf. ilustrado na fig. 17)

Os esquemas pormenorizados da ligação da interface das válvulas no quadro de instrumentação encontram-se no Anexo B

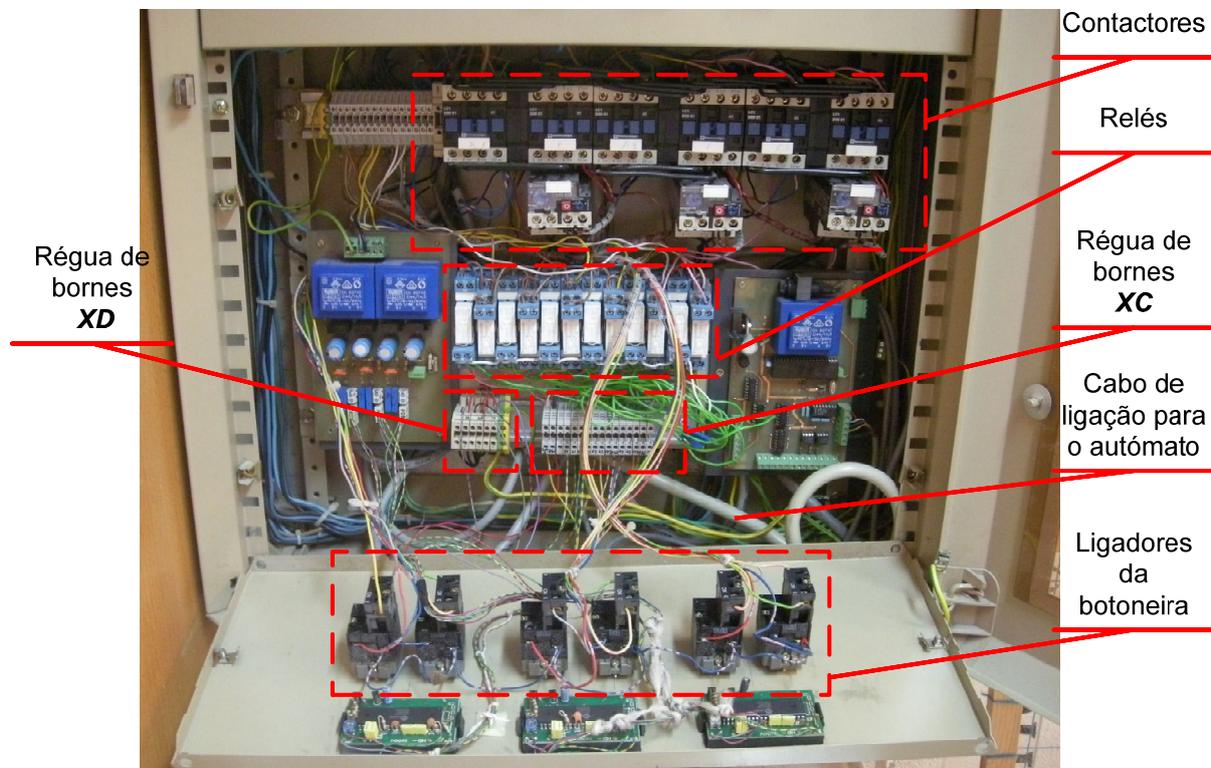


Fig. 17 Interior do armário de Instrumentação das válvulas.

6.5 Ligação ao computador

Conforme já foi antes mencionado em 6.3, a rede de campo *ModBus* é implementada sobre protocolo físico RS-485 interligando os variadores de velocidade (na Sala de Bombagem), o autómato *Twido* e o computador (na Sala de Supervisão), como ilustrado no esquema da fig. 15.

O computador de supervisão dispõe de interfaces série USB, pelo que a ligação do mesmo à rede RS-485 – *Modbus* foi realizada através de um conversor USB<->RS-485 (*FTDI USB-RS485-WE-1800-BT*) [7].

Como a mesma interface do autómato é usada quer para esta comunicação em rede quer para a sua programação a partir do PC, foi feita uma caixa de ligações (cf. fig. 18) com a finalidade de comutar o modo de funcionamento da interface do autómato: em programação a partir do PC ou como *slave* da rede RS485-*Modbus*. Ilustrado na fig. 19, a

caixa permite por intermédio do *jumper* (PROG) comutar entre o protocolo de comunicação *Modbus* (9600buad RTU 8,N,1) e o protocolo específico para programação do autómato.

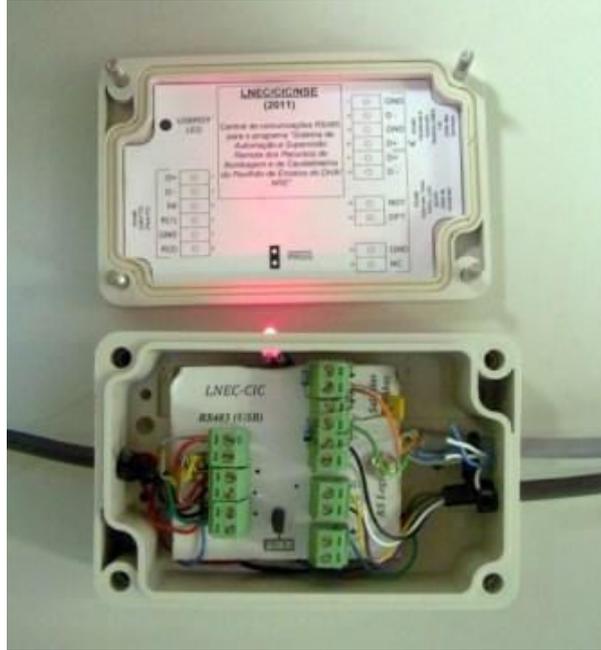


Fig. 18 Pormenor da caixa que implementa o “Nó de comutação do protocolo RS485, instalada na sala de supervisão.

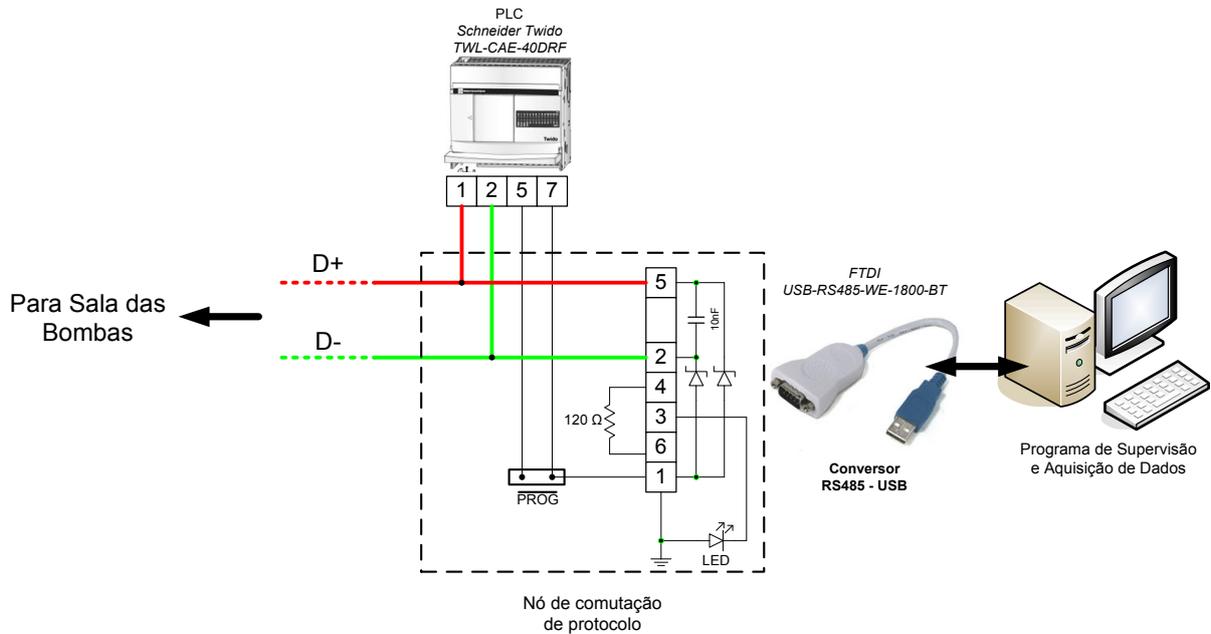


Fig. 19 Esquemático de implementação do nó de comutação do protocolo RS-485.

Esta caixa de ligações serviu ainda para instalar as resistências e condensadores terminadores, para suprimir o efeito de onda reflectida e de ruído de alta-frequência na comunicação.

A interface do PC com a rede *Modbus Plus* é feita através de uma carta de electrónica *Modicon SA-85*. A descrição da sua instalação e configuração é referido no relatório do programa de supervisão e aquisição de dados [8].

6.6 Programa do autómato

O programa do autómato foi elaborado em diagrama de contactos (*Ladder Logic*), usando o software de programação *TwidoSoft* [9][10], consistindo resumidamente nas seguintes funções:

- Implementação dos contadores muito rápidos (VFC, até 20kHz) para o sinal em frequência dos caudalímetros E1 e D3;
- Implementação dos *timers* para contadores rápidos (FC, até 5kHz) para o sinal em frequência dos caudalímetros E2, E3, D1 e D2;
- Leituras dos estados binários das válvulas V1, V2 e V3;
- Comandos de “abrir” e “fechar” das válvulas V1, V2 e V3;
- Comunicações entre o autómato e o protocolo *ModBus* (cópias dos endereços de memórias para registos em *ModBus*);
- Implementação de mecanismos de *timeout* para comando seguro das válvulas V1, V2 e V3.

O programa pode ser visto em detalhe no Anexo C

6.7 Recursos de supervisão

A supervisão do sistema concebido é executada por um programa que corre num computador, do tipo pessoal, instalado na Sala de Supervisão (fig. 20 (a)) e ligado às redes de campo *ModBus* e *ModBus Plus*.

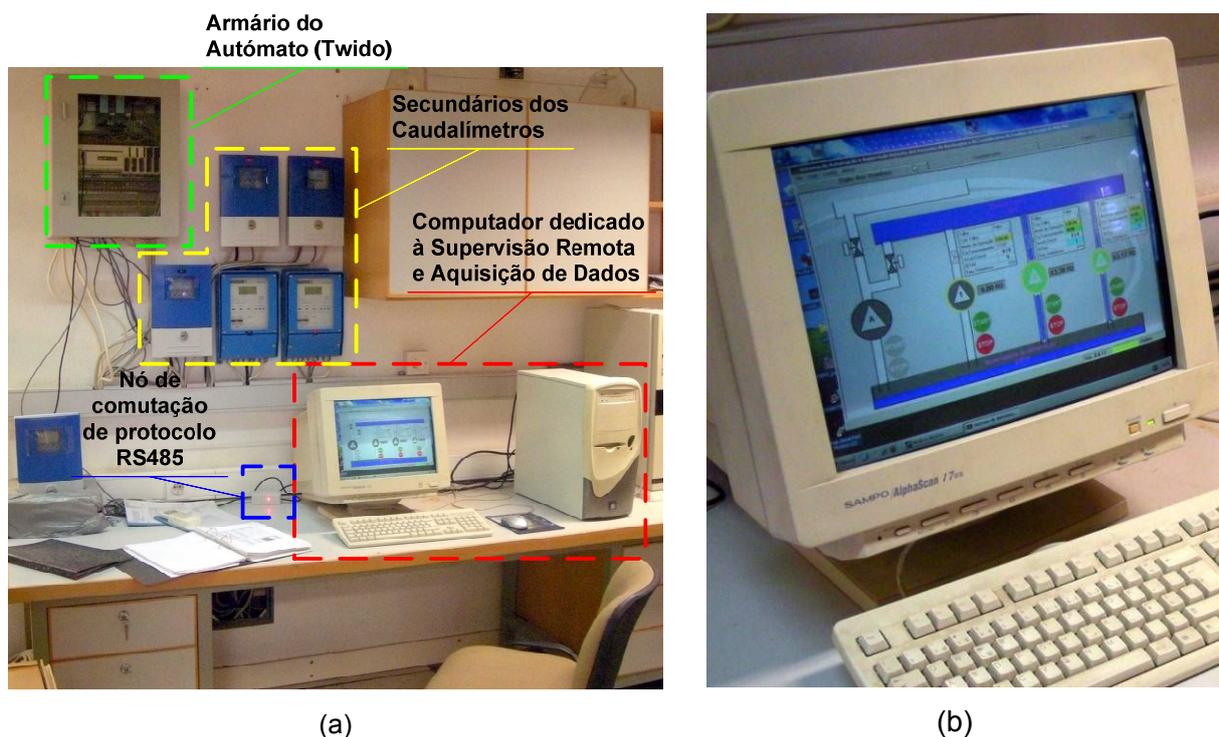


Fig. 20 (a) Aparato do Sistema de Supervisão instalado na Sala de Supervisão; (b) Pormenor da programa de supervisão em funcionamento.

Resumidamente, o programa de supervisão e aquisição de dados permite ao operador realizar as seguintes funções:

- Comandar e monitorizar os grupos de bombagem;
- Monitorizar os níveis de água nos tanques e reservatórios de água;
- Comandar e monitorizar as válvulas motorizadas;
- Monitorizar os caudais nas condutas de abastecimento dos modelos físicos;
- Monitorizar os eventos de comando locais;
- Registar em ficheiro os níveis do reservatório e dos tanques, e os caudais.

O programa é apresentado como uma janela interactiva e está dividido em três janelas sobrepostas de acesso fácil por *tabs*: a primeira janela, denominada “Sala das Bombas”, permite o comando e monitorização do sistema de bombagem, nível do reservatório e tanques; a segunda janela, denominada “Caudalimetria”, implementa o

comando e monitorização das válvulas e caudalímetros; a terceira janela, denominada “Eventos”, contempla a uma listagem de todos eventos ocorridos e configuração do mecanismo para aquisição de dados.

O programa implementa ainda um esquema configurável de alarmes, que permite gerar alertas gráficos e sonoros para os níveis dos tanques do reservatório, entre outros.

A fig. 20 (a) mostra um exemplo do programa em funcionamento com a janela “Sala das Bombas” activa com as bombas 2 e 3 em funcionamento.

O referido programa foi desenvolvido em Visual Basic, é descrito em relatório separado [8], e realiza as funções de supervisão e aquisição de dados para os recursos descritos anteriormente.

7 COLOCAÇÃO EM SERVIÇO

O sistema de automação foi testado minuciosamente, efectuando as verificações e colocando em serviço, em separado, cada um dos equipamentos e funções implementadas: leitura de caudalímetros e de sensores de nível, monitorização de estado e comando de válvulas. Foi verificada a interacção entre modos de comando local/remoto e manual/automático.

As comunicações começaram por ser testadas individualmente entre o computador e cada equipamento. Foram feitos procedimentos de teste de comando local e remoto dos variadores de velocidade, com estes em vazio e em diferentes estados de carga, a fim de confirmar a robustez das comunicações digitais em diferentes condições de perturbação electromagnética, uma vez que estes equipamentos (associações de rectificador-ondulador) são geradores de harmónicas de corrente cujos espectros variam com a condição de serviço.

O sistema global foi deixado em serviço, durante várias semanas, para verificação do seu funcionamento pelos operadores, servindo ainda para treino dos mesmos e recolha de opiniões acerca das funcionalidades oferecidas e das deficiências encontradas. Posteriormente foram introduzidas algumas pequenas modificações, até se considerar que o sistema cumpre cabalmente os seus objectivos.

8 CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um Sistema de Automação e Supervisão remota para um conjunto variado de equipamentos essenciais aos ensaios em modelo físico levados a cabo no pavilhão do DHA/NRE, o qual mereceu cuidados especiais na sua concepção e adaptação de equipamentos, por forma a assegurar a operacionalidade segura e expedita dos mesmos.

A mais-valia de recursos que este sistema acrescenta aos ensaios laboratoriais, que há muito se fazem no DHA/NRE, corresponde a um objectivo de modernização do equipamento no campus deste laboratório. Com uma aquisição mínima de novos equipamentos, cumprindo uma exigente restrição orçamental, foi possível desenvolver um sistema que centraliza a supervisão do equipamento e incrementa a capacidade operacional do mesmo. Por razões de funcionalidade, o sistema implementado não se sobrepõe ou interfere com a actual operacionalidade manual, excepto em aspectos pontuais de segurança, garantindo-se desta forma a complementaridade que não invalida ou modifica a anterior forma de operar os mesmos equipamentos.

A centralização da operação a partir de um computador, para além de agilizar a supervisão de todos os recursos, permitiu ainda introduzir a capacidade de registar variáveis observáveis e eventos em ficheiros, o que até ao presente não era feito, ou era executado manualmente e de forma não sistemática. Das novas capacidades que este sistema introduziu, destacam-se: a monitorização dos níveis no reservatório e dos tanques de água, a monitorização dos níveis de caudal observados nos seis caudalímetros em simultâneo, que podem ser agora registados de forma contínua em ficheiro de computador; os alarmes e códigos de erro dos variadores de velocidade passam a ser assinalados e registados; a posição actual, os estados de abertura e fecho e possíveis eventos de bloqueio das válvulas, podem agora ser registados.

Foi ainda implementado um mecanismo de alarmes gráficos e sonoros. Estes alarmes permitem chamar a atenção do operador para a ocorrência de anomalias. Quanto à importância deste mecanismo destaca-se a possibilidade de monitorizar o nível mínimo de água no reservatório de alimentação (subterrâneo) impedindo que as bombas entrem em cavitação por pressão insuficiente de água na aspiração. Foram ainda corrigidas anomalias detectadas na parametrização e na ligação de alguns equipamentos que haviam sido instalados por empresa externa aquando da instalação de variadores para os grupos de bombagem 1 a 3. A contínua monitorização e registo das variáveis observáveis em conjugação com os mecanismos de alarmes contribuem para um modelo eficaz de

prevenção e manutenção do equipamento, essencial não só para a segurança de equipamentos mas também para a qualidade dos ensaios físicos, levados a cabo no pavilhão do DHA/NRE. A existência de ficheiros históricos contínuos da monitorização permite efectuar o despiste de anomalias do equipamento, contribuindo para a prevenção de avarias.

VISTO

O Chefe do NSE



José Almeida Garrett

O Director do CIC



Carlos Oliveira Costa

AUTORIA



Gustavo Esteves Coelho
Eng.º Electrotécnico, Mestre
Bolsheiro de Iniciação à Investigação Científica



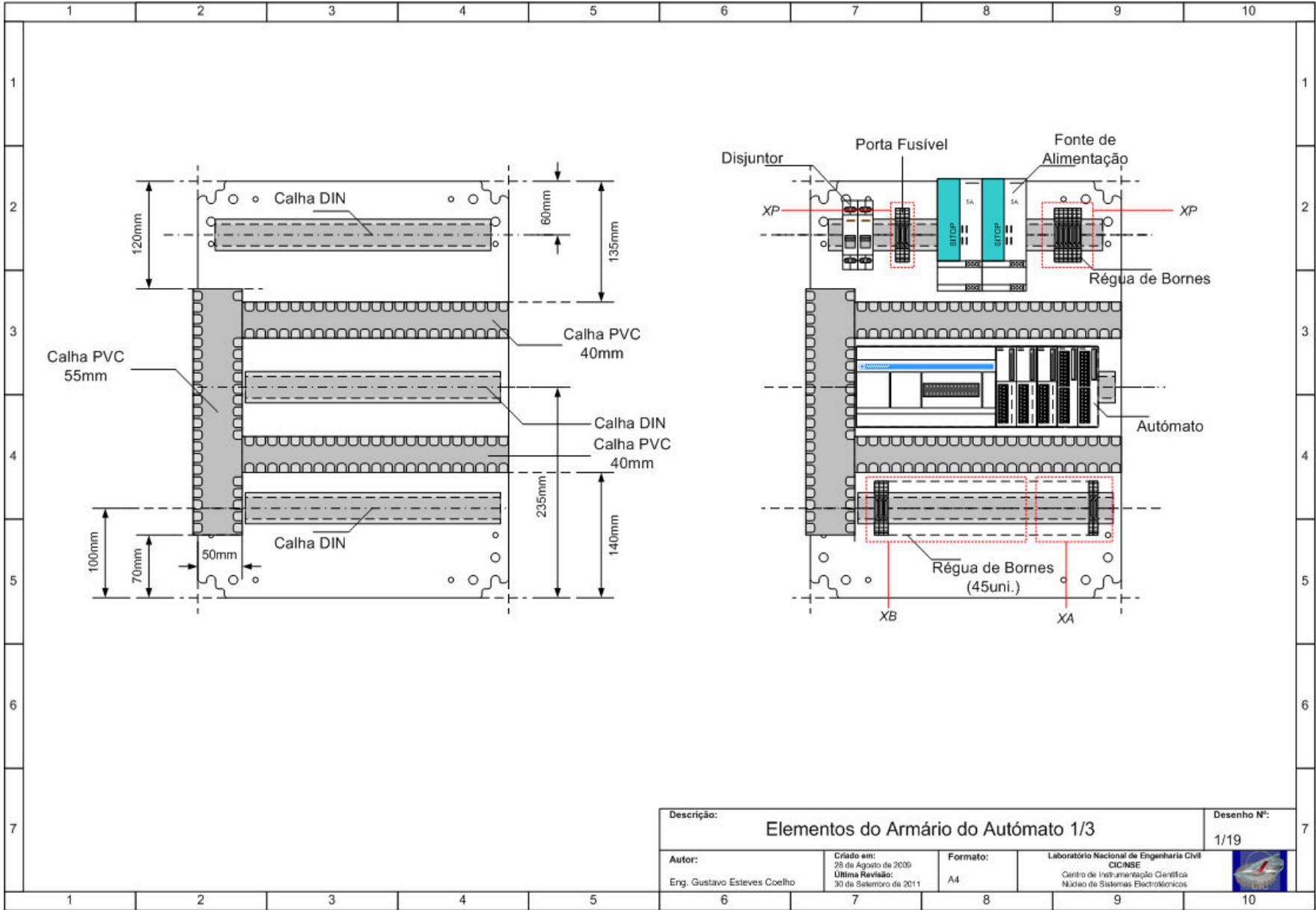
João C. P. Palma
Engº Electrotécnico, Doutor
Investigador Principal

BIBLIOGRAFIA

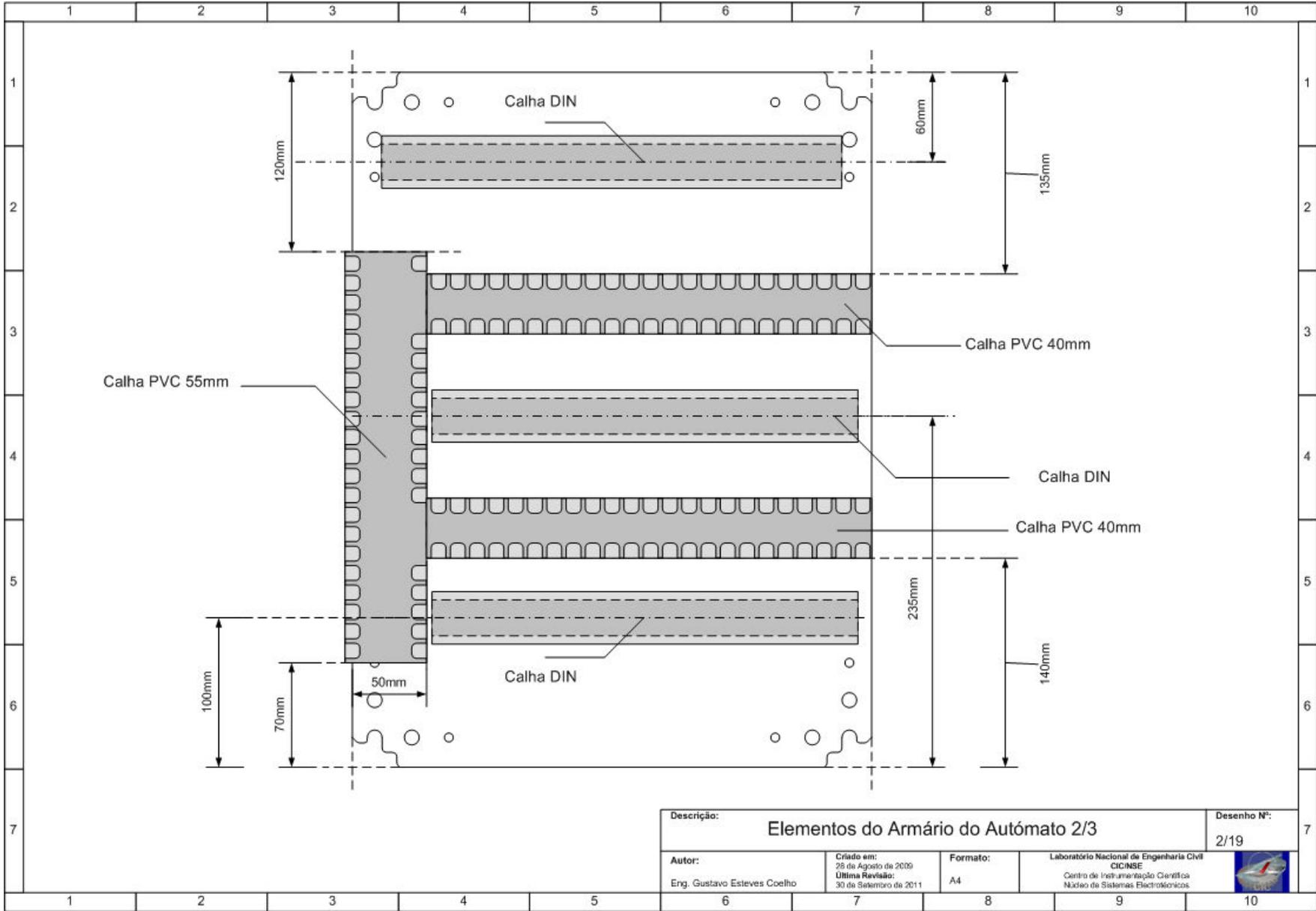
- [1] Palma, J.C.P.; Fernandes, J.F.C. - "Automação e Controlo de Níveis no Sistema de Bombagem do NHE" - relatório 160/95, LNEC, Lisboa, 1995.
- [2] Fernandes, J.F.C.; Palma, J.C.P. - "Novo Sistema de Bombagem do NHE, Programas de Visualização" - relatório 54/95, LNEC, Lisboa, 1995.
- [3] Palma, J.C.P. - "Sistema de Telemetria de Caudais e Telecomando de Válvulas por Rádio para a Nave de Ensaios do NHE" - relatório 368/02, LNEC, Lisboa, 2002.
- [4] Allen-Bradley - "PowerFlex® 400 Adjustable Frequency AC Drives for Fan & Pump Applications, Technical Data" - 2007.
- [5] Hycontrol - "Liquiflex - Programmable Level Controller, Instruction Manual" - 2003.
- [6] Allen-Bradley - "PowerFlex® 400 Adjustable Frequency AC Drives for Fan & Pump Applications, User Manual" - 2006.
- [7] FTDI chip - "USB to RS485 Serial Converter Cable - Datasheet" - 2010.
- [8] Coelho, G.; Palma, J. - "Programa de Supervisão Remota e Aquisição de Dados dos Recursos de Bombagem e de Caudalimetria do Pavilhão de Ensaios do DHA/NRE" - relatório em preparação, Lisboa, LNEC, 2011.
- [9] Télémecanique (Schneider Electric) - "Twido - TwidoSoft Operation Guide - Online Help ver 3.2" - S/Data.
- [10] Télémecanique (Schneider Electric) - "Twido Programmable Controllers - Software Reference Guide - TWD USE 10AE Ver3.2" - S/Data.

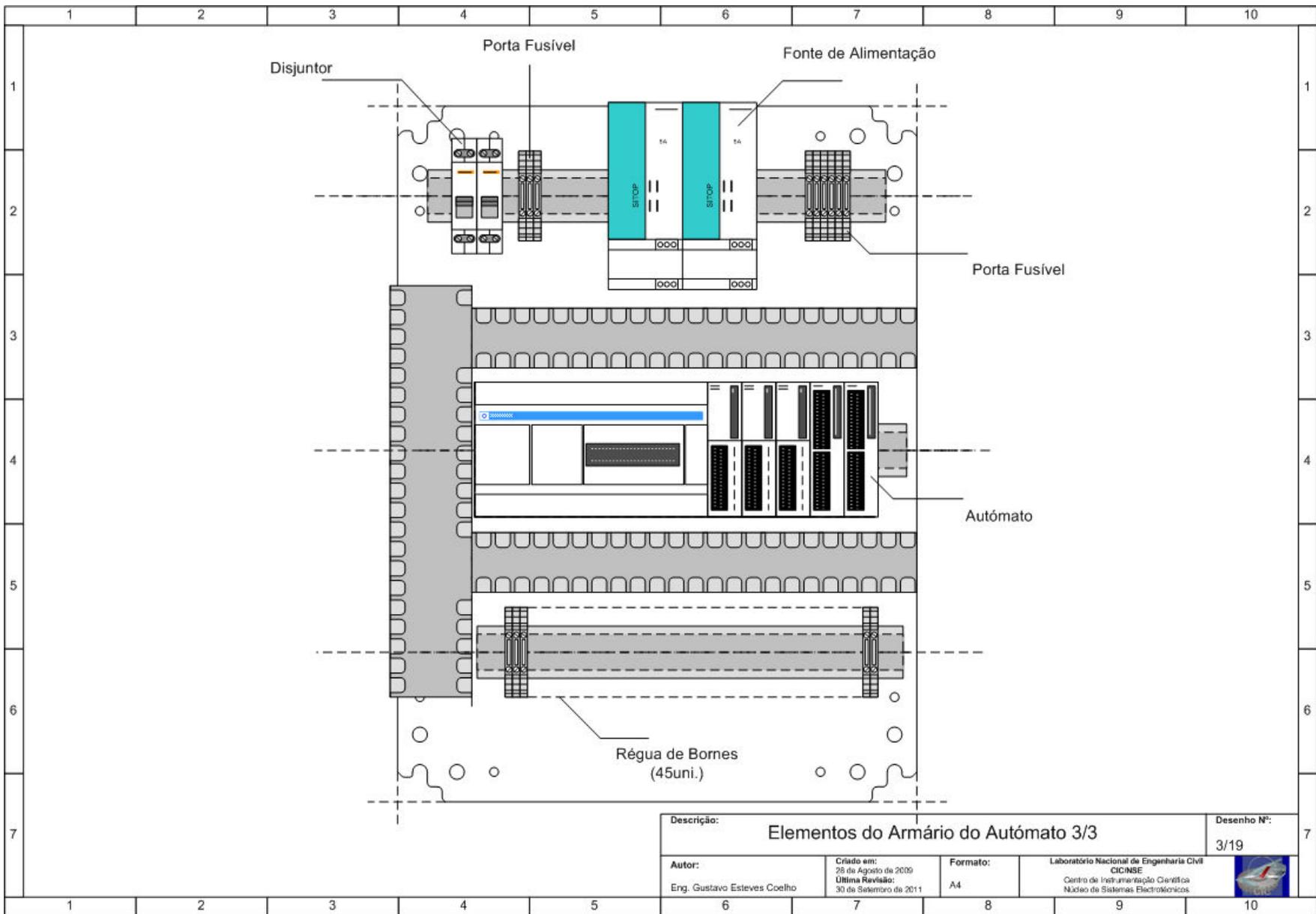
Anexo A

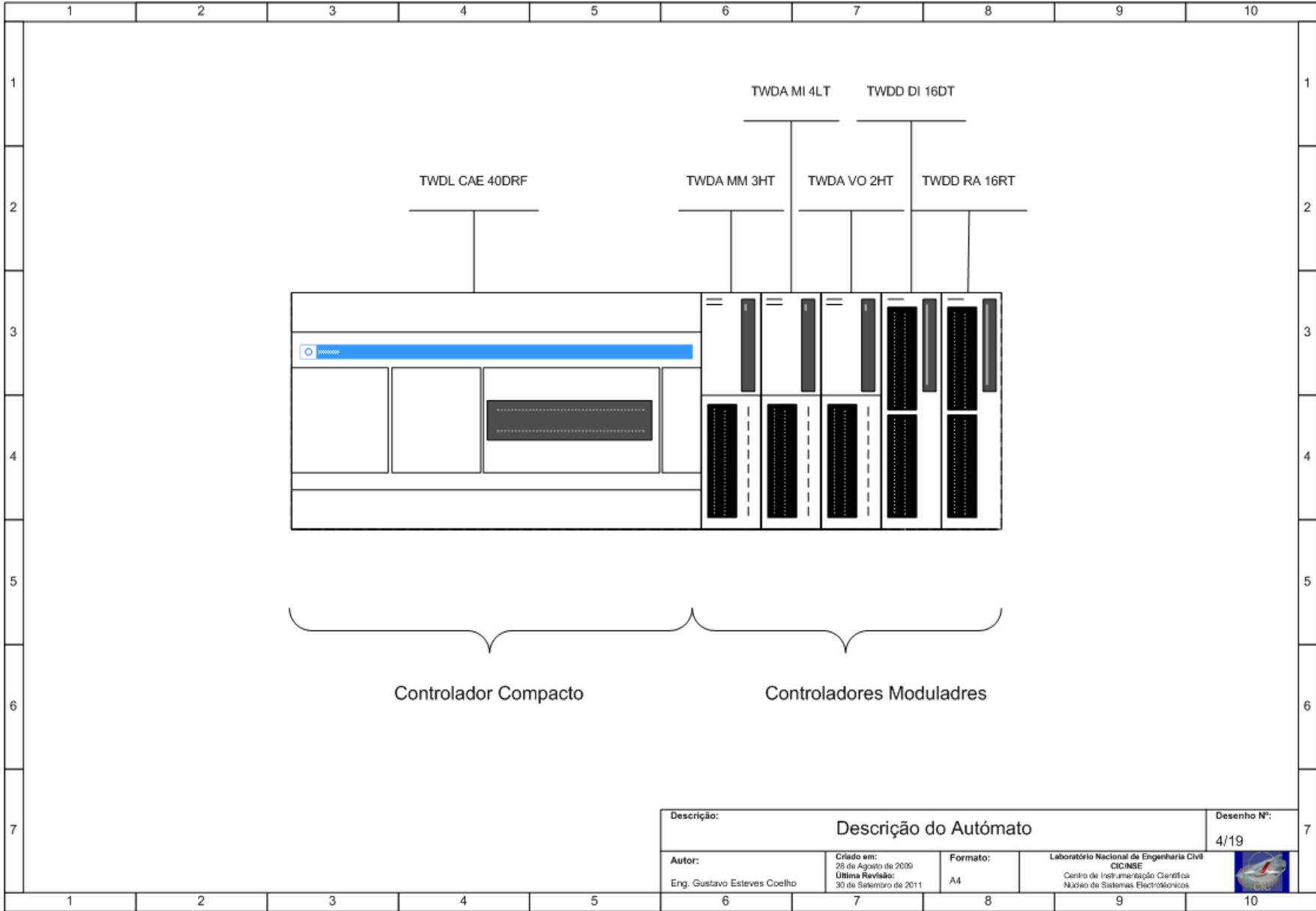
Esquemas de Montagem do Armário de Instrumentação do Autômato



Descrição:				Elementos do Armário do Autômato 1/3		Desenho Nº:		1/19	
Autor:		Criado em:		Formato:		Laboratório Nacional de Engenharia Civil			
Eng. Gustavo Esteves Coelho		26 de Agosto de 2009		A4		CICINSE			
		Última Revisão:				Centro de Instrumentação Científica			
		30 de Setembro de 2011				Núcleo de Sistemas Eletrónicos			



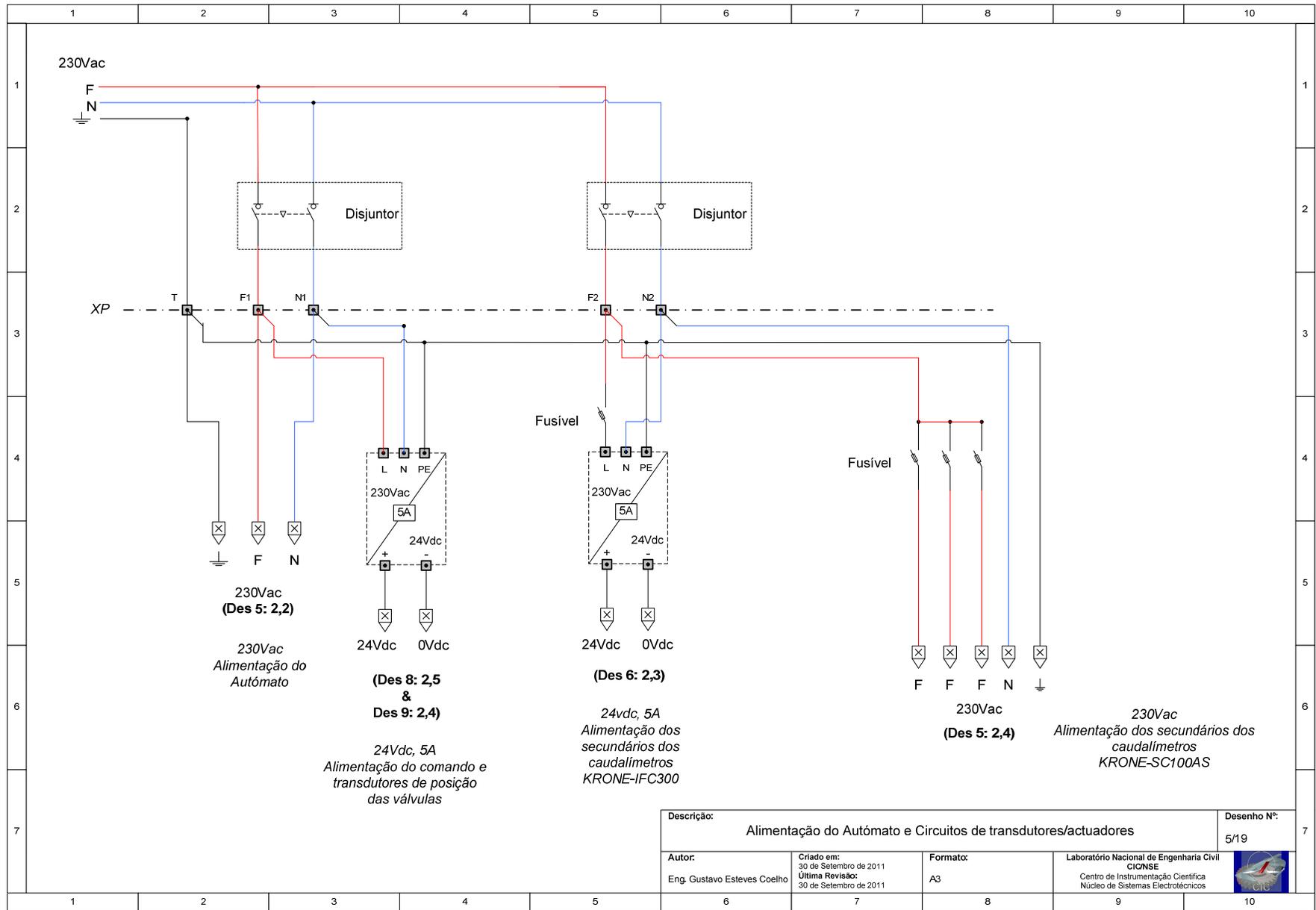


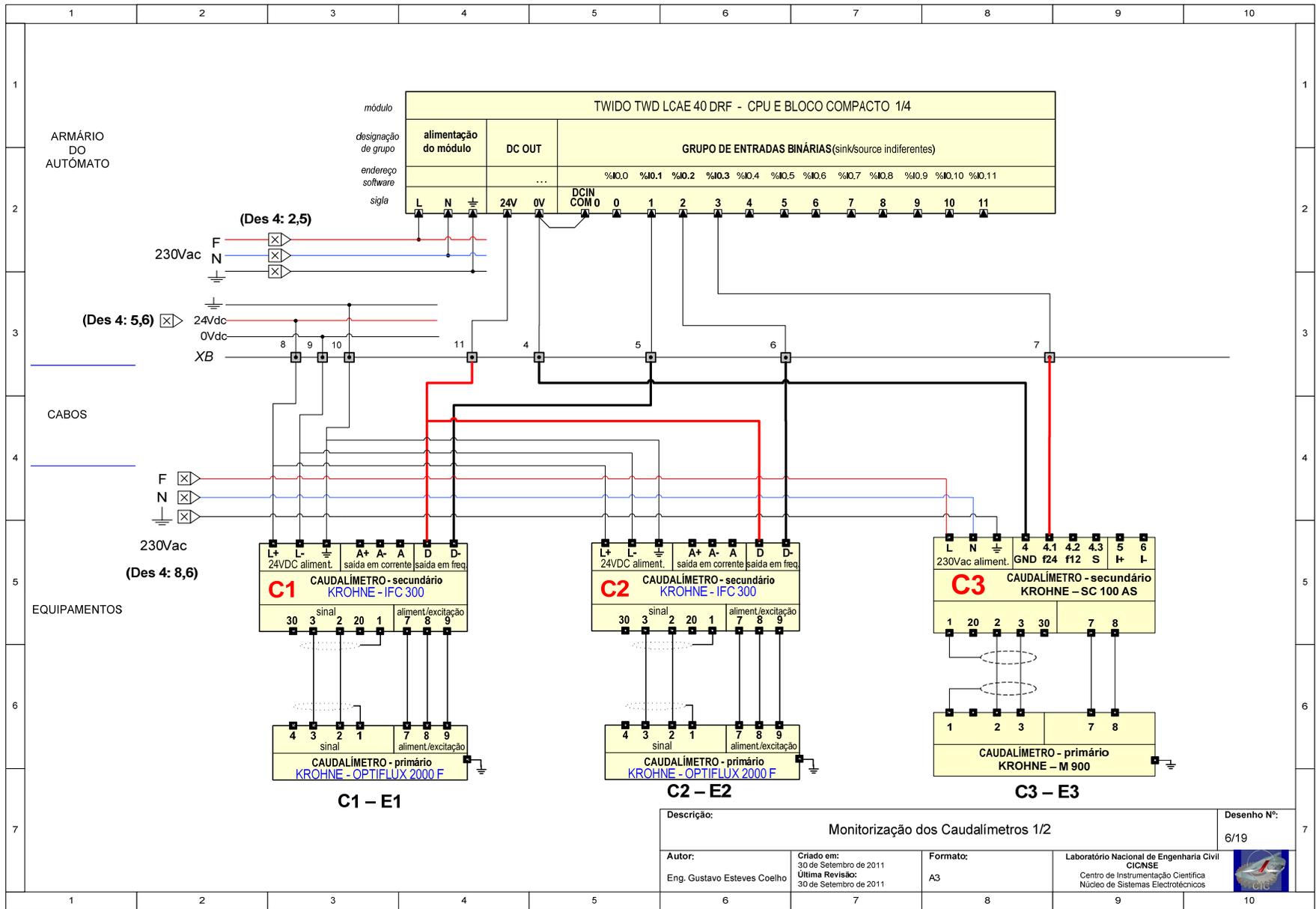


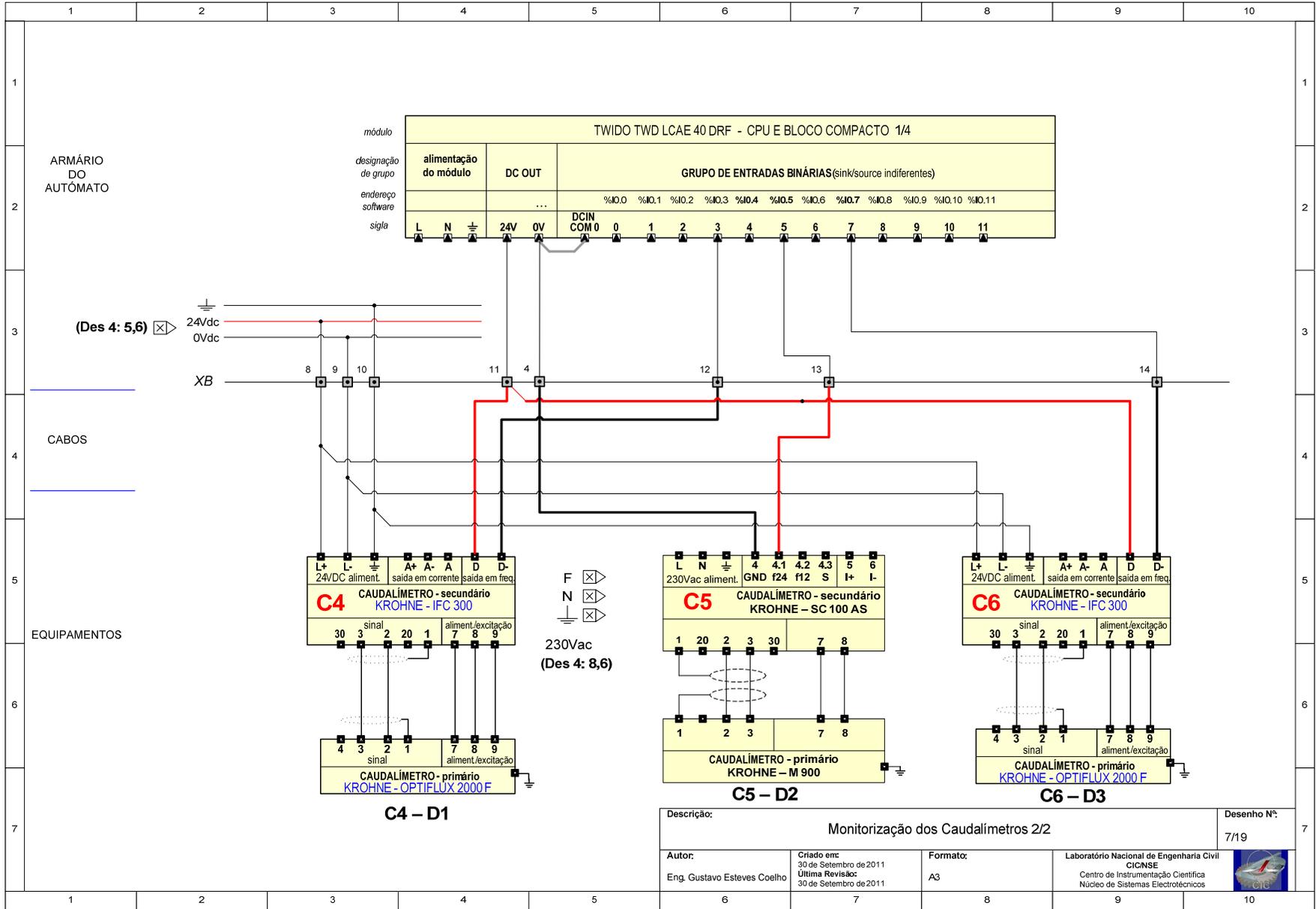
Descrição:			Descrição do Autômato			Desenho Nº:	
Autor:			Criado em:		Formato:		4/19
Eng. Gustavo Esteves Coelho			28 de Agosto de 2009		A4		Laboratório Nacional de Engenharia Civil CICINSE Centro de Instrumentação Científica Núcleo de Sistemas Eletrónicos
Última Revisão:			30 de Setembro de 2011				

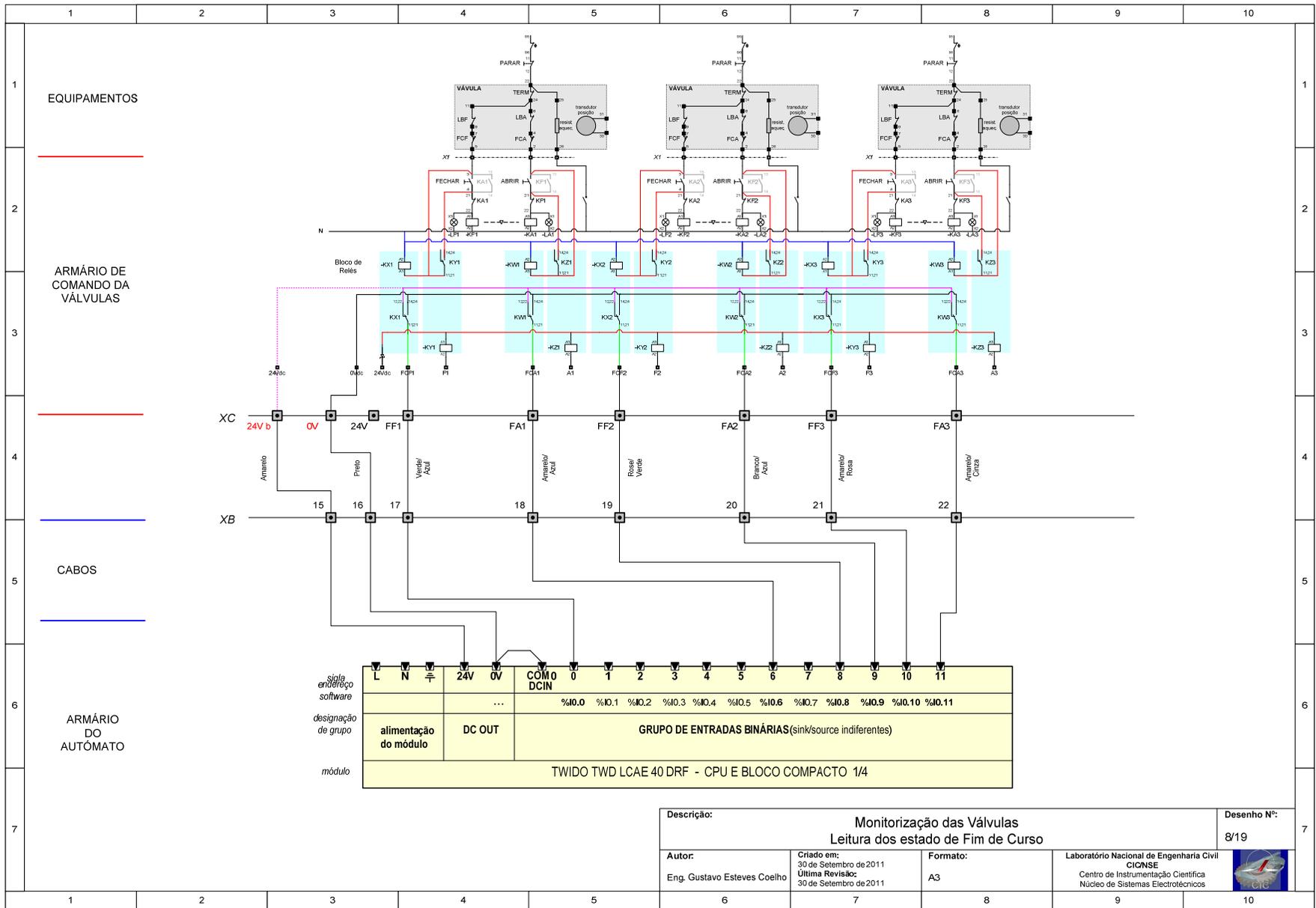
Anexo B

Esquemas Eléctricos do Sistema de Automação



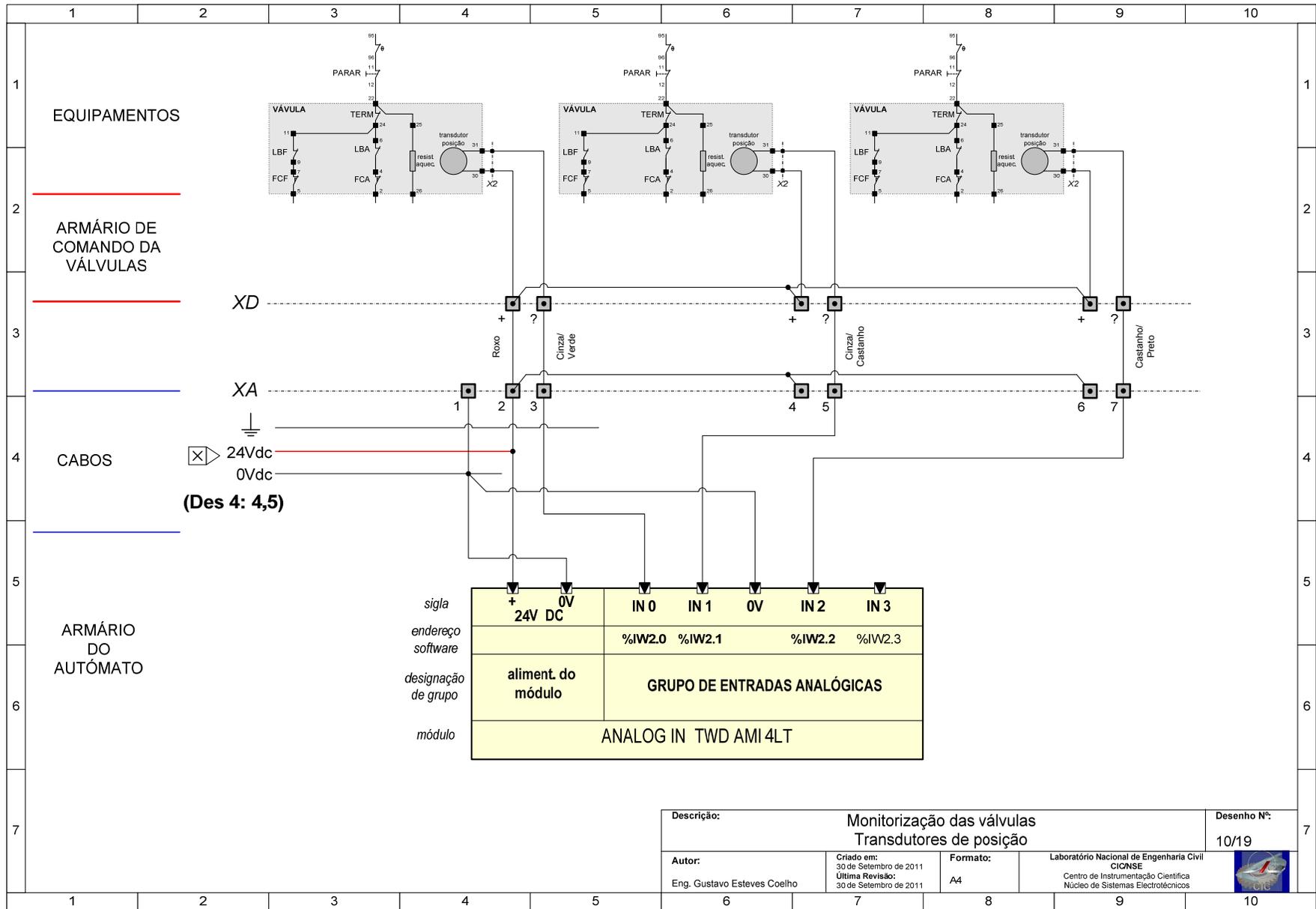


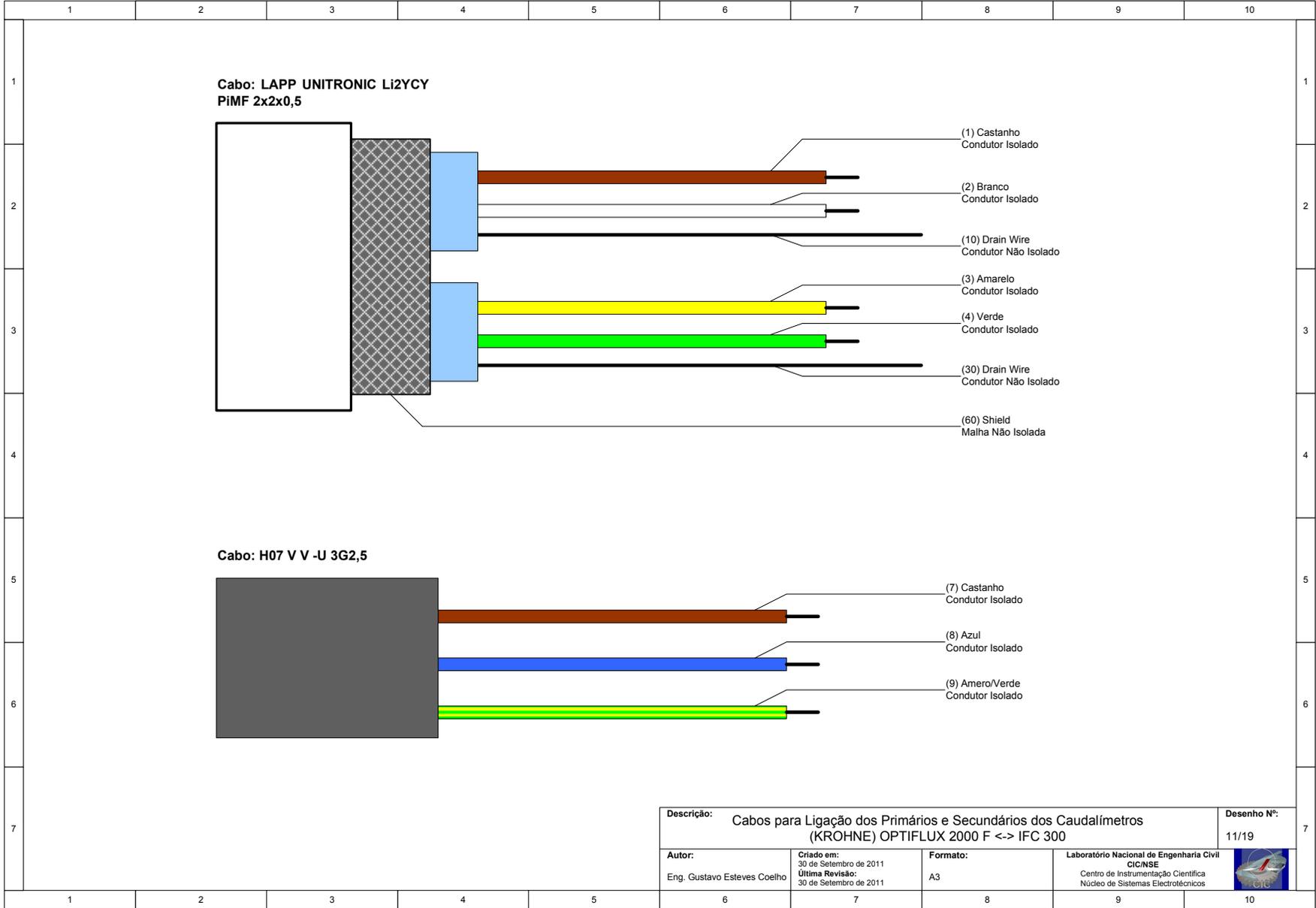


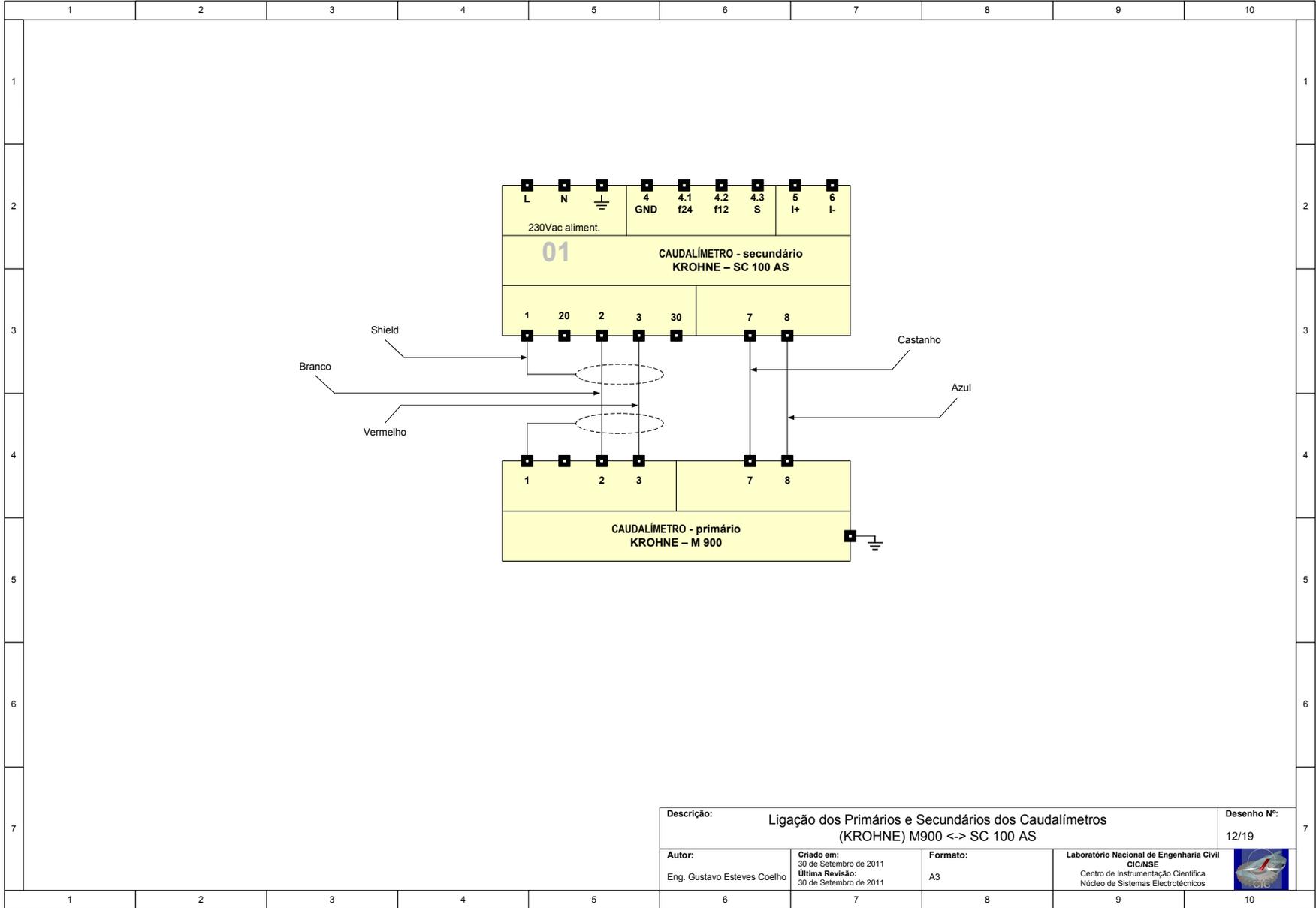


Descrição:		Monitorização das Válvulas Leitura dos estado de Fim de Curso		Desenho Nº: 8/19
Autor: Eng. Gustavo Esteves Coelho	Criado em: 30 de Setembro de 2011 Última Revisão: 30 de Setembro de 2011	Formato: A3	Laboratório Nacional de Engenharia Civil CICNSE Centro de Instrumentação Científica Núcleo de Sistemas Electrotécnicos	



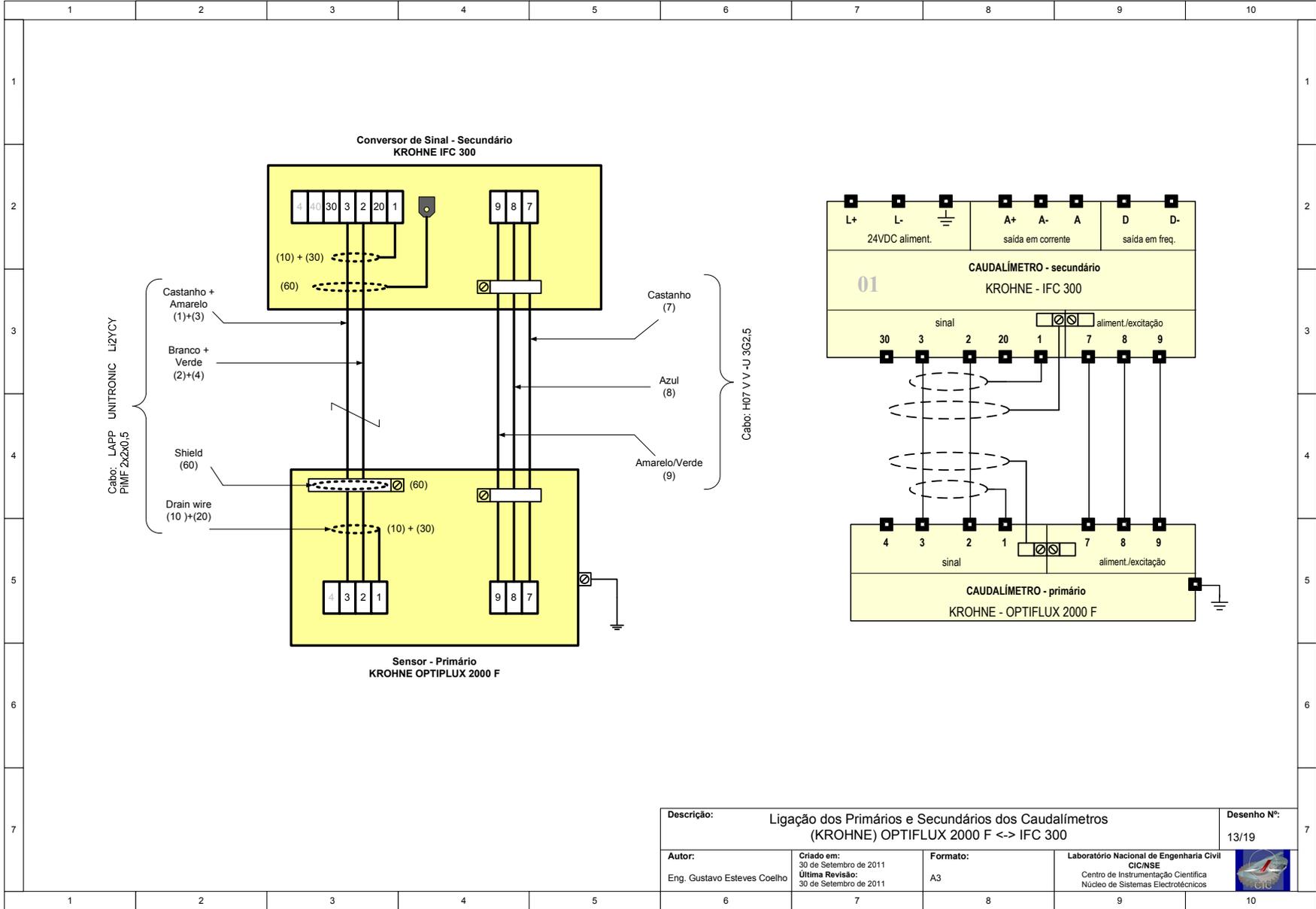




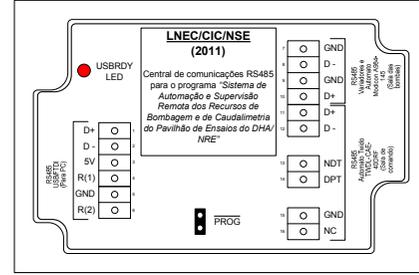
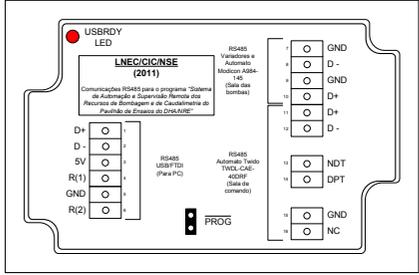


Descrição: Ligação dos Primários e Secundários dos Caudalímetros (KROHNE) M900 <-> SC 100 AS			Desenho Nº: 12/19
Autor: Eng. Gustavo Esteves Coelho	Criado em: 30 de Setembro de 2011 Última Revisão: 30 de Setembro de 2011	Formato: A3	Laboratório Nacional de Engenharia Civil CIGNSE Centro de Instrumentação Científica Núcleo de Sistemas Electrotécnicos





Descrição: Ligação dos Primários e Secundários dos Caudalímetros (KROHNE) OPTIFLUX 2000 F <-> IFC 300						Desenho Nº: 13/19	
Autor: Eng. Gustavo Esteves Coelho	Criado em: 30 de Setembro de 2011 Última Revisão: 30 de Setembro de 2011	Formato: A3	Laboratório Nacional de Engenharia Civil CINSE Centro de Instrumentação Científica Núcleo de Sistemas Electrotécnicos				



Pinout do interface RS485/USB
FTDI ref: USB-RS485-WE-1800-BT

Pino	Função	Cor
1	GND	preto
2	D-	amarelo
3	5V	vermelho
4	R(1) 120 ohms	castanho
5	D+	laranja
6	R(2) 120 ohms	verde

Pinout do interface RS485 do autômatos
Twido TWDL-CAE-40DRF

Pino	Twido	Cor
1	D+	preto
2	D-	branco
3	NC	vermelho
4	NDT	amarelo
5	DPT	roxo
6	NC	azul
7	GND	verde
8	NC	castanho

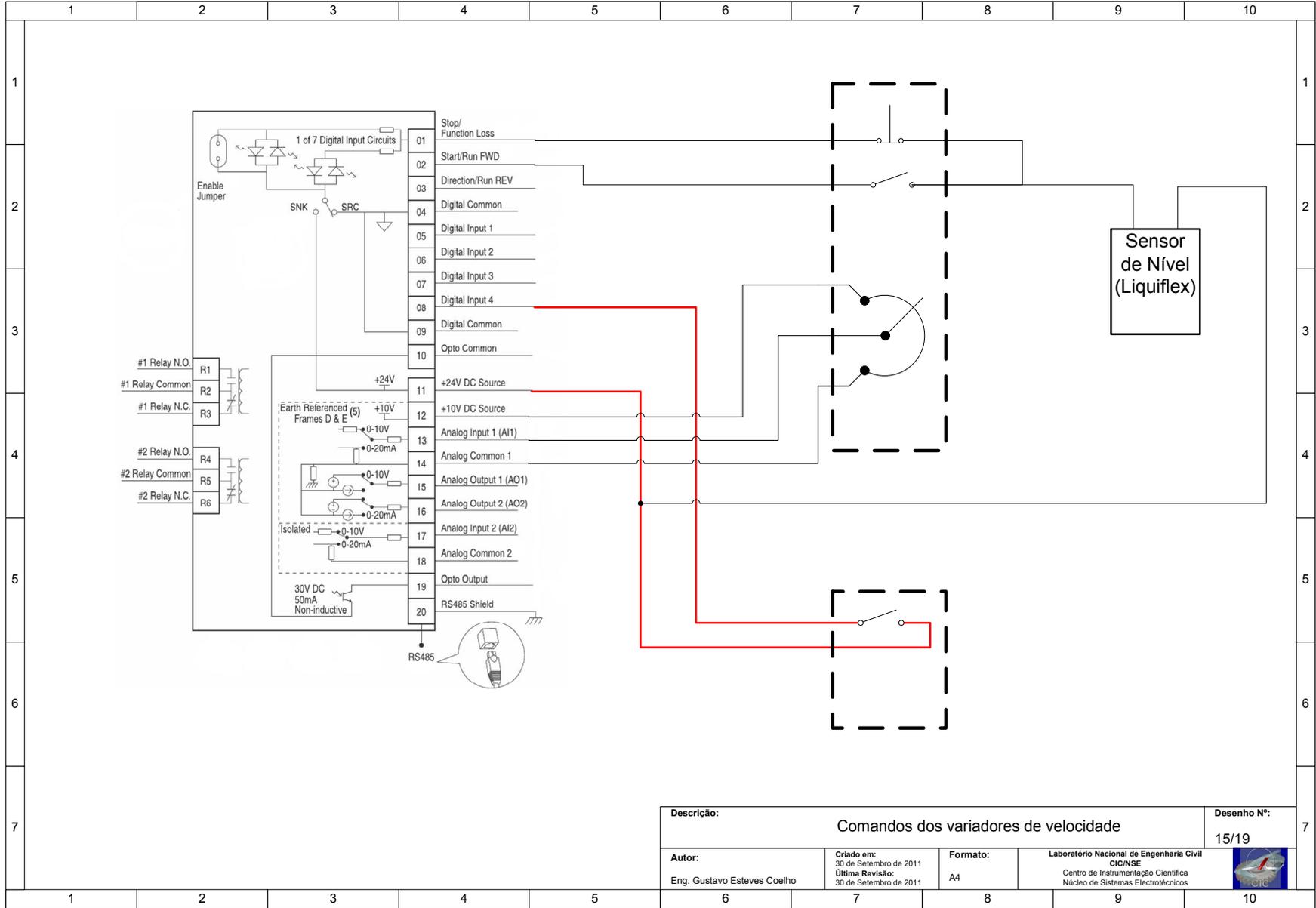
Definição do jumper PROG:

Jumper	Sinal	Protocolo
1	DPT = GND	user defined
0	DPT ⁽¹⁾	PLC default

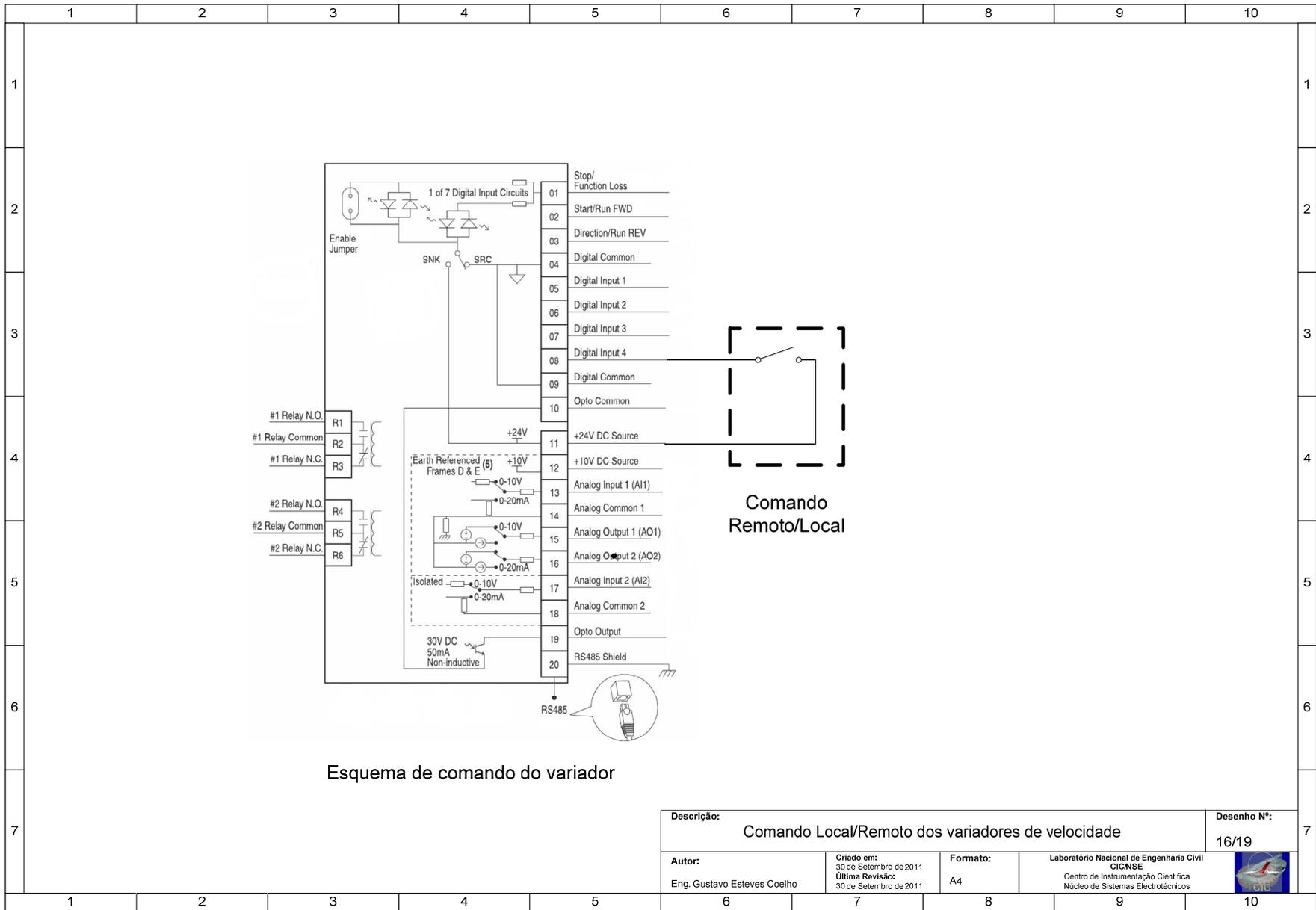
(1) Pull up high internally by PLC.

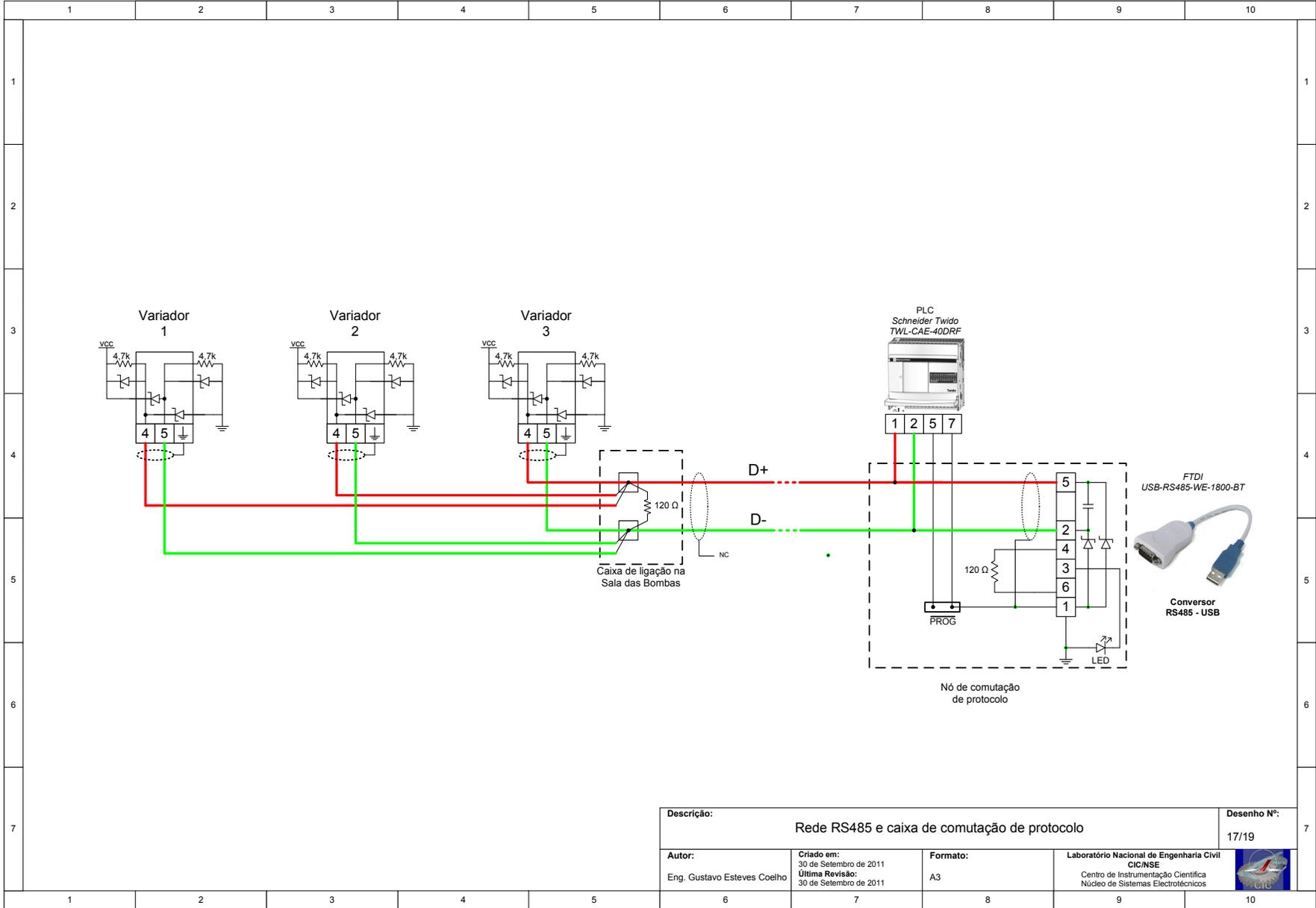
Descrição:				Caixa de comunicação RS485		Desenho Nº: 14/19	
Autor: Eng. Gustavo Esteves Coelho		Criado em: 30 de Setembro de 2011 Última Revisão: 30 de Setembro de 2011		Formato: A3		Laboratório Nacional de Engenharia Civil CIC/NSE Centro de Instrumentação Científica Núcleo de Sistemas Electrotécnicos	

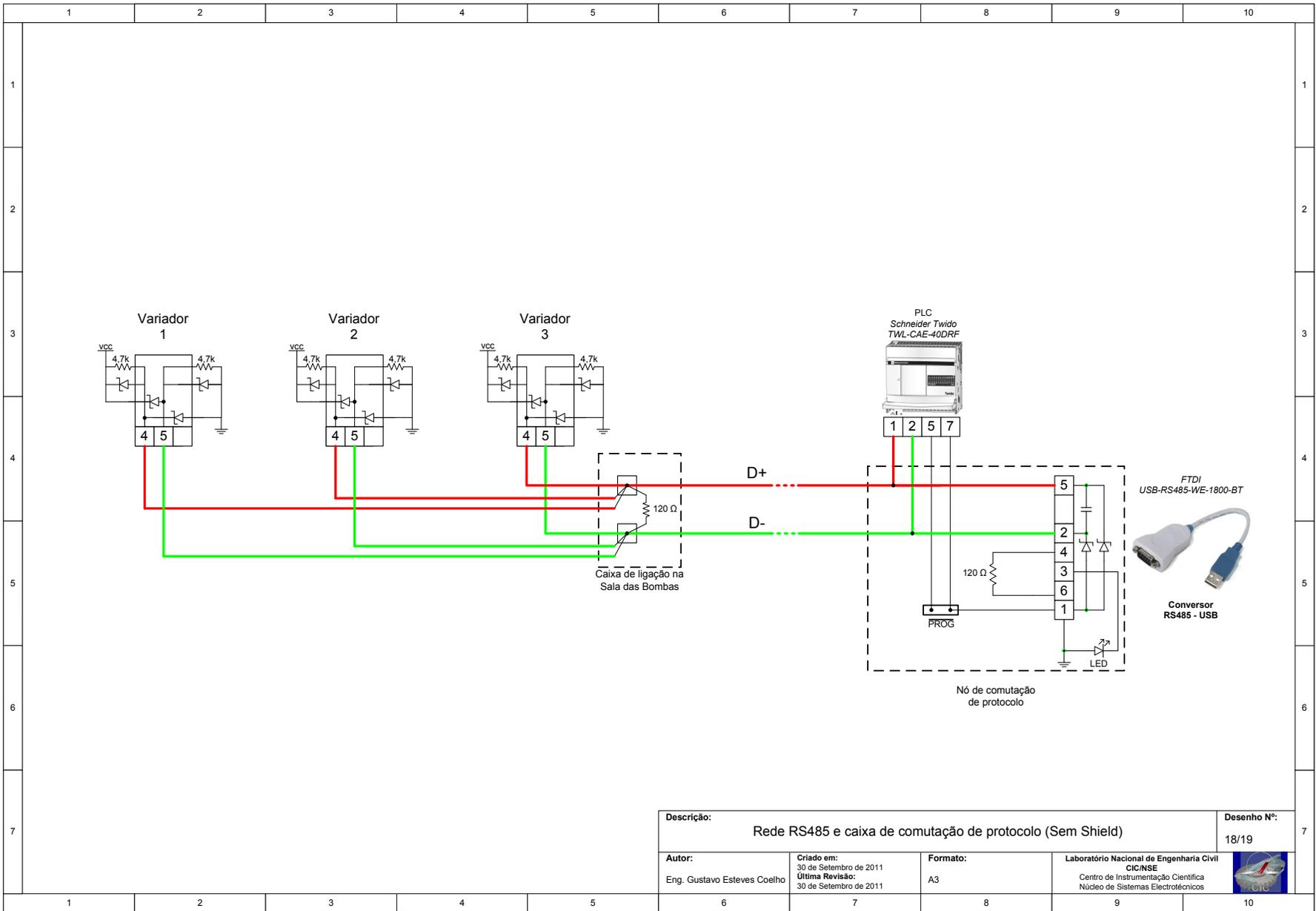


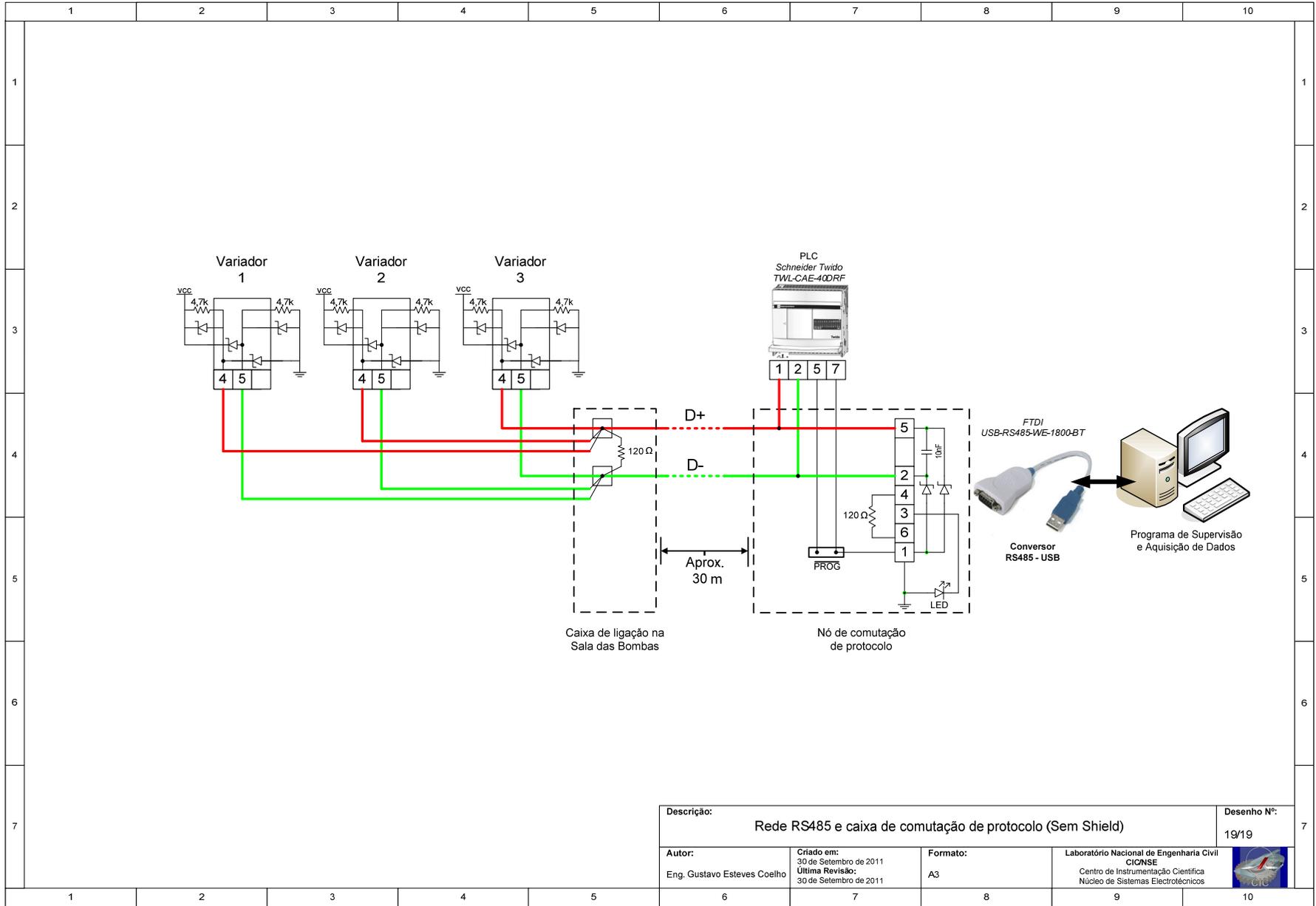


Descrição: Comandos dos variadores de velocidade							Desenho Nº: 15/19		
Autor: Eng. Gustavo Esteves Coelho		Criado em: 30 de Setembro de 2011 Última Revisão: 30 de Setembro de 2011		Formato: A4	Laboratório Nacional de Engenharia Civil CIC/NSE Centro de Instrumentação Científica Núcleo de Sistemas Electrotécnicos				









Descrição:								Rede RS485 e caixa de comutação de protocolo (Sem Shield)		Desenho N°:	
										19/19	
Autor:		Criado em:		Formato:		Laboratório Nacional de Engenharia Civil					
Eng. Gustavo Esteves Coelho		30 de Setembro de 2011		A3		CIGENSE					
		Última Revisão:				Centro de Instrumentação Científica					
		30 de Setembro de 2011				Núcleo de Sistemas Electrotécnicos					

Anexo C

Configuração e Programa do Autómato (*Twido*)

TwidoSoft NRE_Plc_Config



Program information

Print date 01/07/2011
Author Gustavo Coelho
Department CiC/NSE
Target TWDLCAE40DRF
Index
Industrial property Supervisão e Caudalimetria do NRE

Comments

gfc Coelho@lnec.pt

History

Date	Author	Version	Comments
?	?	1.0	?

Contents

Cover Page.....	.1
History.....	.3
Contents.....	.4
Hardware Configuration.....	.5
Memory Objects Configuration.....	.7
Memory Report Configuration.....	.10
Application Configuration.....	.11
Program.....	.12
Symbols.....	.21
Cross References.....	.23
Total Page Number.....	.26

Hardware Configuration

Base

TWDLCAE40DRF - Compact base unit with 24 In (24V DC) , 14x2A Relay Out , 2x1A Transistor Out. Embedded RTC, 100Base Tx Ethernet Port, User Replaceable Battery, Screw terminal blocks, non-removable.

Input	Configuration Used	Symbol	Filtering	Latch	R/S	Used By
%I0.0	Yes	IN_BINARIO_FCF_V1	3 ms	No	No	User Logic
%I0.1	Yes	IN_FREQ_SIGNAL_C1	No Filter	No	No	%VFC0
%I0.2	Yes	IN_FREQ_SIGNAL_C2	No Filter	No	No	%FC0
%I0.3	Yes	IN_FREQ_SIGNAL_C3	No Filter	No	No	%FC1
%I0.4	Yes	IN_FREQ_SIGNAL_C4	No Filter	No	No	%FC2
%I0.5	Yes	IN_FREQ_SIGNAL_C5	No Filter	No	No	%FC3
%I0.6	Yes	IN_BINARIO_FCA_V1	3 ms	No	No	User Logic
%I0.7	Yes	IN_FREQ_SIGNAL_C6	No Filter	No	No	%VFC1
%I0.8	Yes	IN_BINARIO_FCF_V2	3 ms	No	No	User Logic
%I0.9	Yes	IN_BINARIO_FCA_V2	3 ms	No	No	User Logic
%I0.10	Yes	IN_BINARIO_FCF_V3	3 ms	No	No	User Logic
%I0.11	Yes	IN_BINARIO_FCA_V3	3 ms	No	No	User Logic

Output	Configuration Used	Symbol	Status	Used by
%Q0.0	Yes	AUX_TIMER_PULSE	No	User Logic
%Q0.2	Yes	OUT_FECHAR_V1	No	User Logic
%Q0.3	Yes	OUT_ABRIR_V1	No	User Logic
%Q0.4	Yes	OUT_FECHAR_V2	No	User Logic
%Q0.5	Yes	OUT_ABRIR_V2	No	User Logic
%Q0.6	Yes	OUT_FECHAR_V3	No	User Logic
%Q0.7	Yes	OUT_ABRIR_V3	No	User Logic
%Q0.9	Yes	AUX_MODBUS_TIMEOUT	No	User Logic
%Q0.10	Yes	AUX_OVERFLOW_FC0	No	User Logic
%Q0.11	Yes	AUX_OVERFLOW_FC1	No	User Logic
%Q0.12	Yes	AUX_OVERFLOW_FC2	No	User Logic
%Q0.13	Yes	AUX_OVERFLOW_FC3	No	User Logic
%Q0.14	Yes	AUX_OVERFLOW_VFC0	No	User Logic
%Q0.15	Yes	AUX_OVERFLOW_VFC1	No	User Logic

Expansion bus modules

1: TWDAMM3HT - Expansion module with 2 Analog Inputs and 1 Output (0 - 10V, 4 - 20mA), 12 bits, removable screw terminal. (50mA)

2: TWDAMI4LT - Expansion module with 4 analog inputs, (0 - 10V, 0-20mA, 3-wire PT100, 3-wire PT1000, 3-wire NI 100, 3-wire NI1000), 12 bits, removable terminal block. (50mA)

Channel	Symbol	Type	Range	Minimum	Maximum	Units
%IW2.0	IN_ANALOGICO_V1	0 - 20 mA	Normal	0	4095	None
%IW2.1	IN_ANALOGICO_V2	0 - 20 mA	Normal	0	4095	None
%IW2.2	IN_ANALOGICO_V3	0 - 20 mA	Normal	0	4095	None

3: TWDAVO2HT - Expansion module with 2 analog outputs, (-10 to +10V), 11 bits + sign, removable terminal block. (50mA)

4: TWDDDI16DT - 16 Inputs (24V DC), removable screw terminal, 1 common line, sink/source transistors. (40mA)

5: TWDDRA16RT - 16 outputs (2A Relays), 2 common lines, removable screw terminal. (45mA)

Serial Port Configuration

Serial port 1	
Protocol	: Modbus
Address	: 1
Baudrate	: 9600
Data Bits	: 8 (RTU)
Parity	: None
Stop Bit	: 1
Response Timeout (x100ms)	: 10
Time between frames (ms)	: 10

MODEM configuration

Not Configured

Ethernet Configuration

Ethernet configuration

IP configuration	From a server
Marked IP Address	Not in use
Time Out	10 min(s)
Remote device	Slave 0

RTC configuration

TWDXCPRTC : Time of Day Clock.

Cartridge configuration

Not Configured

Memory Objects Configuration

Constant Configuration (%KD)

Constant Configuration (%KW)

Constant Configuration (%KF)

Memory Words (%MD)

Memory Words (%MW)

%MW	allocated	Used	Symbols
%MW0	Yes	Yes	WORD_BASETEMPO_TM0
%MW10	Yes	Yes	MBUS_ABERTURA_V1
%MW11	Yes	Yes	MBUS_ABERTURA_V2
%MW12	Yes	Yes	MBUS_ABERTURA_V3
%MW13	Yes	Yes	MBUS_FREQ_C1
%MW14	Yes	Yes	MBUS_FREQ_C2
%MW15	Yes	Yes	MBUS_FREQ_C3
%MW16	Yes	Yes	MBUS_FREQ_C4
%MW17	Yes	Yes	MBUS_FREQ_C5
%MW18	Yes	Yes	MBUS_FREQ_C6
%MW20	Yes	Yes	MBUS_TIMEOUT_COUNTER

Memory Words (%MF)

Memory bits (%M)

% M	allocated	Used	Symbols
%M0	Yes	Yes	MBUS_FCA_V1
%M1	Yes	Yes	MBUS_FCF_V1
%M2	Yes	Yes	MBUS_FCA_V2
%M3	Yes	Yes	MBUS_FCF_V2
%M4	Yes	Yes	MBUS_FCA_V3
%M5	Yes	Yes	MBUS_FCF_V3
%M6	Yes	Yes	MBUS_TIMEOUT_PULSE
%M10	Yes	Yes	MBUS_COMANDO_A_V1
%M11	Yes	Yes	MBUS_COMANDO_F_V1
%M12	Yes	Yes	MBUS_COMANDO_A_V2
%M13	Yes	Yes	MBUS_COMANDO_F_V2
%M14	Yes	Yes	MBUS_COMANDO_A_V3
%M15	Yes	Yes	MBUS_COMANDO_F_V3
%M20	Yes	Yes	AUX_TIMER_SET_RESET

PID configuration (PID)

Timer Configuration (%TM)

%TM	Used	Type	Adj	TB	Preset	Symbol
%TM0	Yes	TP	Yes	1 ms	2000	
%TM1	Yes	TON	Yes	1 ms	8000	
%TM2	Yes	TON	Yes	1 ms	8000	

Fast Counter Configuration (%FC)

%FC0 : Single word Up Counter	
Symbol :	
Preset	50000
Adjustable	Yes
Pulse Input	%I0.0.2 IN_FREQ_SIGNAL_C2
%FC1 : Single word Up Counter	
Symbol :	
Preset	50000
Adjustable	Yes
Pulse Input	%I0.0.3 IN_FREQ_SIGNAL_C3
%FC2 : Single word Up Counter	
Symbol :	
Preset	50000
Adjustable	Yes
Pulse Input	%I0.0.4 IN_FREQ_SIGNAL_C4
%FC3 : Single word up counter	
Symbol :	
Preset	50000
Adjustable	Yes
Pulse Input	%I0.0.5 IN_FREQ_SIGNAL_C5

Fast Counter Configuration (%VFC)

%VFC0 : Frequency Meter	
Symbol :	
+Dedicated Inputs-	
Pulse Input	%I0.1 IN_FREQ_SIGNAL_C1
Adjustable	Yes
Time window	100 ms
%VFC1 : Frequency Meter	
Symbol :	
+Dedicated Inputs-	
Pulse Input	%I0.7 IN_FREQ_SIGNAL_C6
Adjustable	Yes
Time window	100 ms

Counter Configuration (%C)

%C	Used	Adj	Preset	Symbol
%C0	Yes	Yes	8888	

PLS/PWM Configuration (%PLS/%PWM)**Scheduler-Block****Drum Controller Configuration (%DR)**

Register Configuration (%R)

Configuration of external objects Comm

Configuration of external objects Drive

Configuration of external objects Tesys

Configuration of external objects advantys OTB

Memory Report

Memory usage statistics

```

User Data :
Memory bits      : 21 Bits (0.1%)
Memory words     : 21 words (0.6%)
  Backed Up      : ??? words
    RAM = EEPROM : ???
Constants        : 0 words (0.0%)
Configuration    : 756 words (21.9%)
Data Mem. Avail. : 2581 words (74.8%)

User Program :
Executable code  : 474 words (2.9%)
Program Data     : 4 words (0.1%)
Online Changes   : 0 words (0.0%)
Code Mem. Avail. : 15911 words (97.1%)

Other :
Executive Data   : 85 words (2.5%)

```

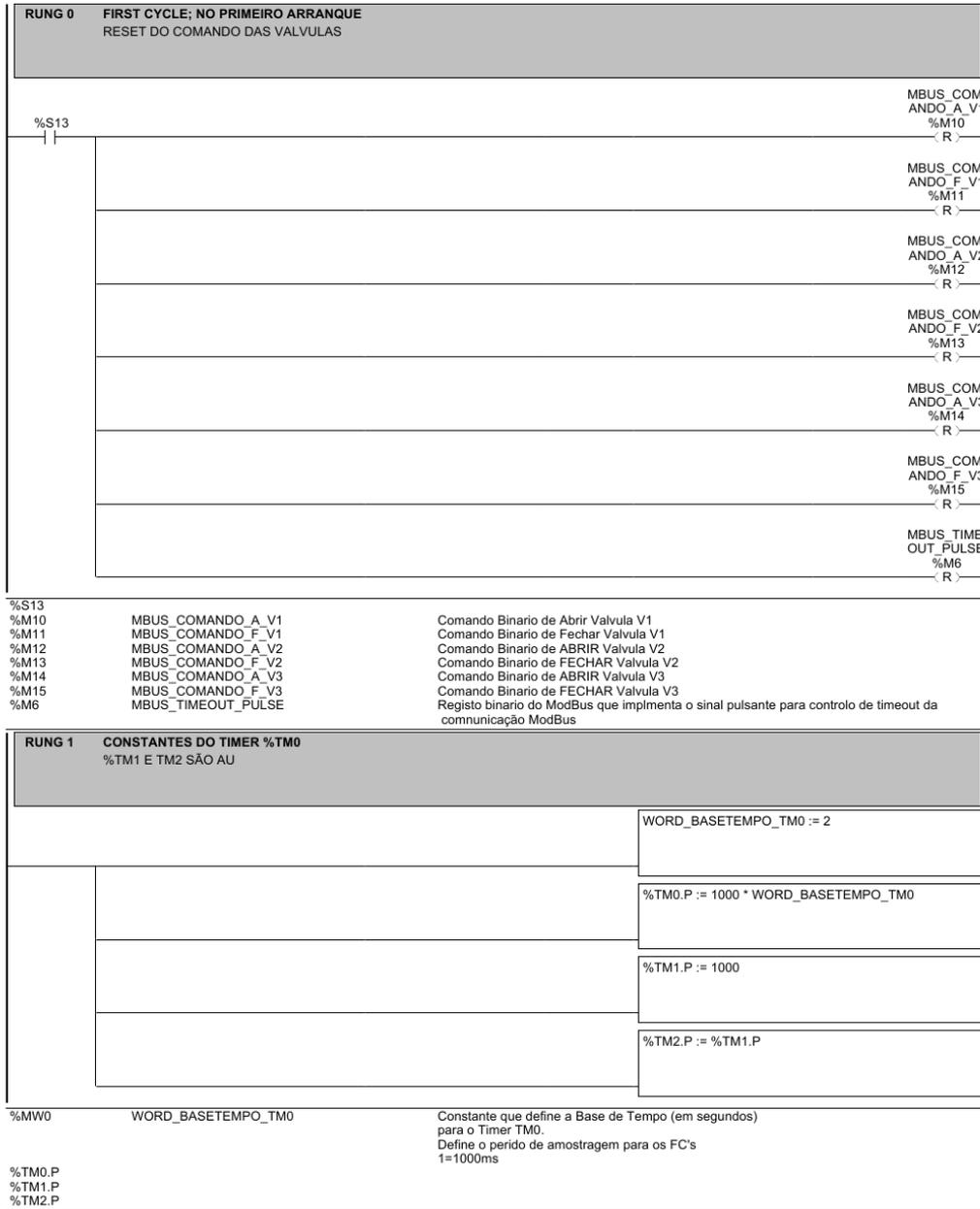
Allocation used for each object

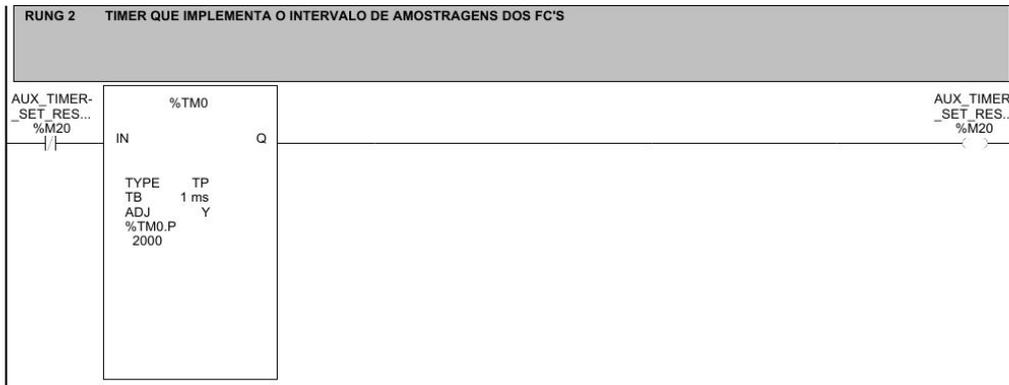
	Type	Maximum	Allocated	Configured
Constants	%KW	256	0	Auto
Counters	%C	128	1	Auto
Drums	%DR	8	0	Auto
Fast counters	%FC	4	4	Auto
LIFO/FIFO Registers	%R	4	0	Auto
Memory Words	%MW	3000	21	Auto
PLS/PWM	%PLS/%PWM	2	0	Auto
Shift Bit Registers	%SBR	8	0	Auto
Schedule Blocks		16	0	Auto
Step Counters	%SC	8	0	Auto
Timers	%TM	128	3	Auto
Very Fast Counters	%VFC	2	2	Auto

Application Configuration

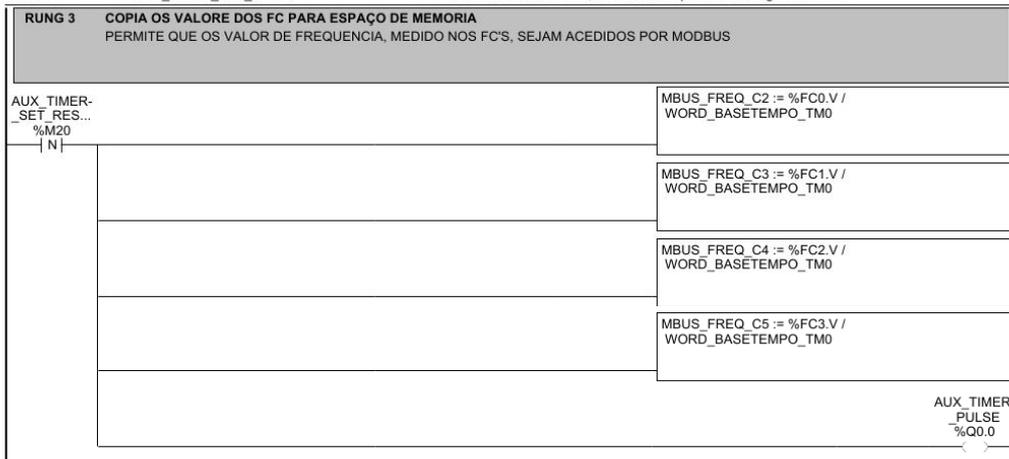
Normal scan mode	
Watchdog	250
Autostart	
RUN/STOP input configured	None
"Controller status" Output	None
0 Task Events	

Ladder Diagram





%TM0
 %M20 AUX_TIMER_SET_RESET Variavel binaria auxiliar, controla o tempo de amostragen dos FC's



%M20 AUX_TIMER_SET_RESET Variavel binaria auxiliar, controla o tempo de amostragen dos FC's
 %MW14 MBUS_FREQ_C2 Frequencia de C2
 %FC0.V
 %MW0 WORD_BASETEMPO_TM0 Constante que define a Base de Tempo (em segundos) para o Timer TM0. Define o periodo de amostragem para os FC's 1=1000ms
 %MW15 MBUS_FREQ_C3 Frequencia de C3
 %FC1.V
 %MW16 MBUS_FREQ_C4 Frequencia de C4
 %FC2.V
 %MW17 MBUS_FREQ_C5 Frequencia de C5
 %FC3.V
 %Q0.0 AUX_TIMER_PULSE Sinaliza os peridos de aquisição dos FC's na saida binaria do Automato

RUNG 7 FAST COUNTER N.4 (FC4): FREQUENCIA DA ENTRADA %I0.0.5
LEITURA DA FREQUENCIA DE "C5"

	%FC3 IN D	AUX_OVER- FLOW_FC3 %Q0.13
AUX_TIMER- _SET_RES... %M20 N	TYPE UP SINGLE RADJ Y %FC3,P 50000	

%FC3
%M20
%Q0.0.13 AUX_TIMER_SET_RESET Variavel binaria auxiliar, controla o tempo de amostragem dos FC's
AUX_OVERFLOW_FC3

RUNG 8 VERY FAST COUNTER NO0 (VFC0): FREQUENCIA DA ENTRADA %I0.0.1
IMPLEMENTA A LEITURA DA FREQUENCIA DO CAUDALIMETRO "C1"

	%VFC0 IN F	AUX_OVER- FLOW_VFC0 %Q0.14
	TYPE FREQ %VFC0.T 100 ms SADJ Y U TH0 TH1	

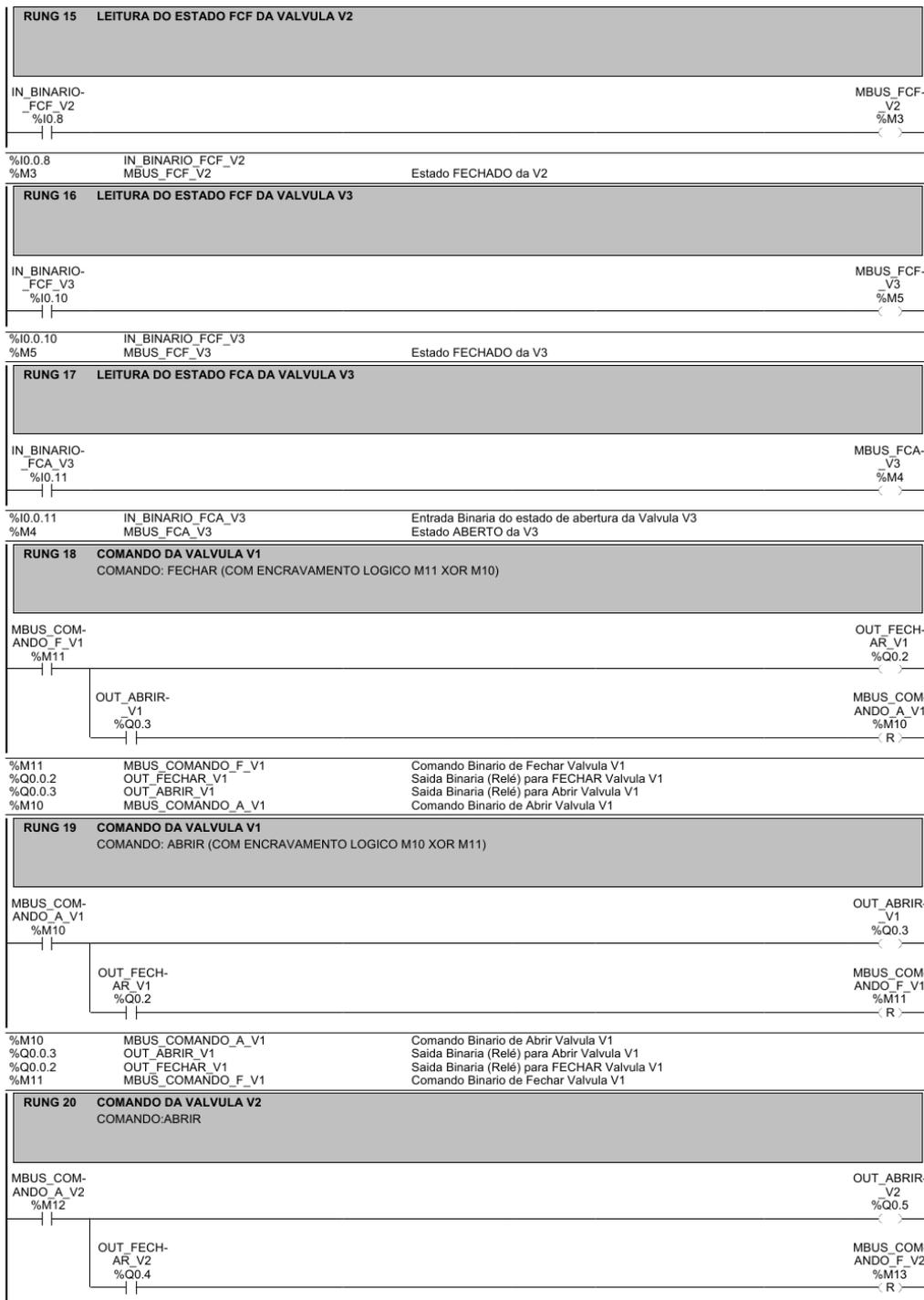
%VFC0
%Q0.0.14 AUX_OVERFLOW_VFC0 Sinaliza numa saida binaria do Automato o Overflow dos FC's e VFC's

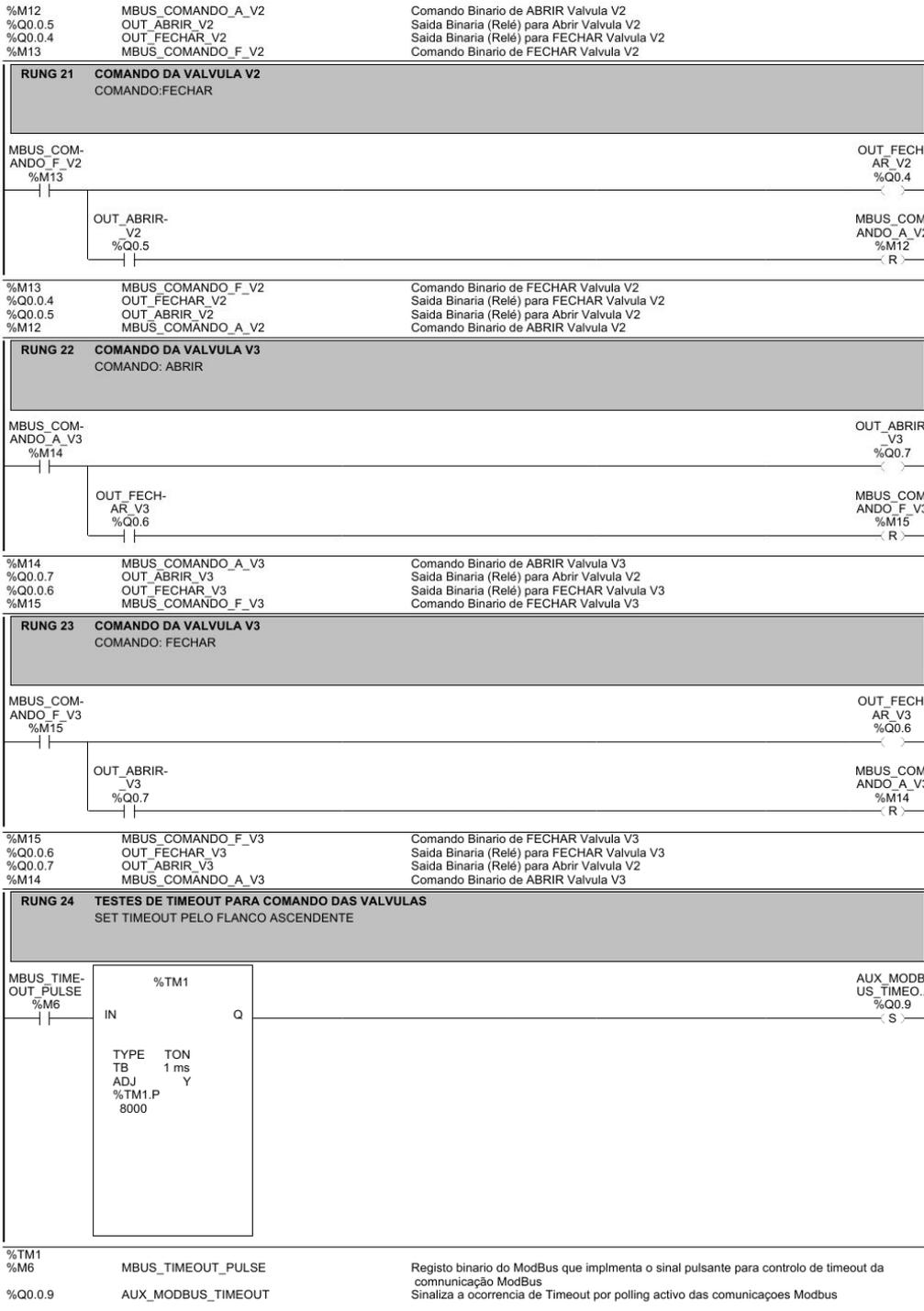
RUNG 9 VERY FAST COUNTER NO1 (VFC1): FREQUENCIA DA ENTRADA %I0.0.7
IMPLEMENTA LEITURA DA FREQUENCIA DO CAUALIMETRO "C6"

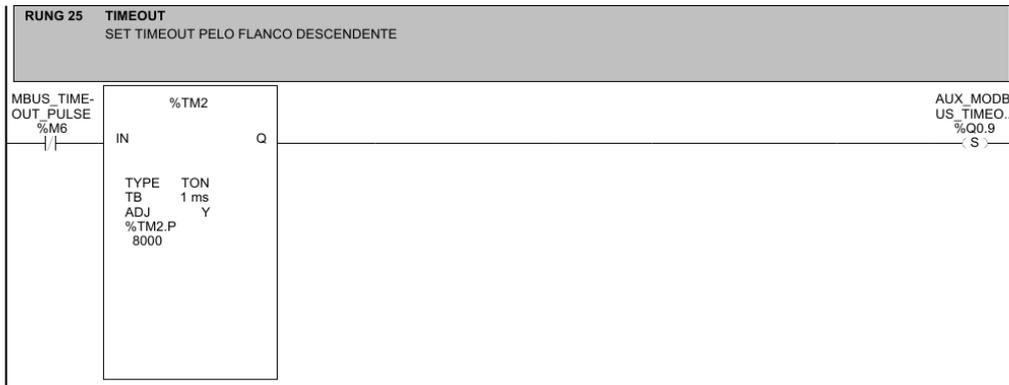
	%VFC1 IN F	AUX_OVER- FLOW_VFC1 %Q0.15
	TYPE FREQ %VFC1.T 100 ms SADJ Y U TH0 TH1	

%VFC1
%Q0.0.15 AUX_OVERFLOW_VFC1

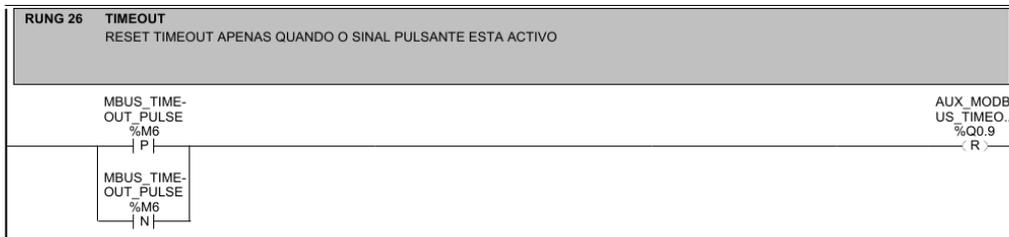
RUNG 10 COPIA DOS VFC0 E VCF1 PARA MEMORIA PERMITE ACEDER AOS VALORES DE FREQUENCIA POR MODBUS		
		MBUS_FREQ_C1 := %VFC0.V
		MBUS_FREQ_C6 := %VFC1.V
%MW13	MBUS_FREQ_C1	Frequencia de C1
%VFC0.V		
%MW18	MBUS_FREQ_C6	Frequencia de C6
%VFC1.V		
RUNG 11 LEITURA DO ESTADO DE ABERTURAS DAS VALVULAS V1,V2 E V3		
		MBUS_ABERTURA_V1 := IN_ANALOGICO_V1
		MBUS_ABERTURA_V2 := IN_ANALOGICO_V2
		MBUS_ABERTURA_V3 := IN_ANALOGICO_V3
%MW10	MBUS_ABERTURA_V1	Estado de Abertura da V1
%IW0.2.0	IN_ANALOGICO_V1	Entrada de tensão/corrente do transdutor de posição da Valvula V1
%MW11	MBUS_ABERTURA_V2	Estado de Abertura da V2
%IW0.2.1	IN_ANALOGICO_V2	Entrada de tensão/corrente do transdutor de posição da Valvula V2
%MW12	MBUS_ABERTURA_V3	Estado de Abertura da V3
%IW0.2.2	IN_ANALOGICO_V3	Entrada de tensão/corrente do transdutor de posição da Valvula V3
RUNG 12 LEITURA DO ESTADO FCF DA VALVULA V1 O ESTADO BINARIO É COPIADO PARA MEMORIA PARA SER ACEDIDO PELA COMUNICAÇÃO MODBUS		
IN_BINARIO-FCF_V1		MBUS_FCF_V1
%I0.0		%M1
%I0.0	IN_BINARIO_FCF_V1	Entrada Binaria do estado de abertura da Valvula V1
%M1	MBUS_FCF_V1	Estado FECHADO da V1
RUNG 13 LEITURA DO ESTADO FCA DA VALVULA V1		
IN_BINARIO-FCA_V1		MBUS_FCA_V1
%I0.6		%M0
%I0.6	IN_BINARIO_FCA_V1	Estado Aberto da V1
%M0	MBUS_FCA_V1	
RUNG 14 LEITURA DO ESTADO FCA DA VALVULA V1		
IN_BINARIO-FCA_V2		MBUS_FCA_V2
%I0.9		%M2
%I0.9	IN_BINARIO_FCA_V2	Estado ABERTO da V2
%M2	MBUS_FCA_V2	



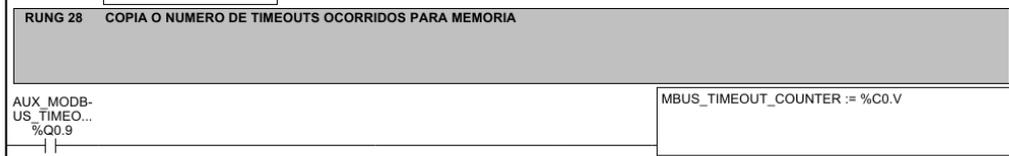
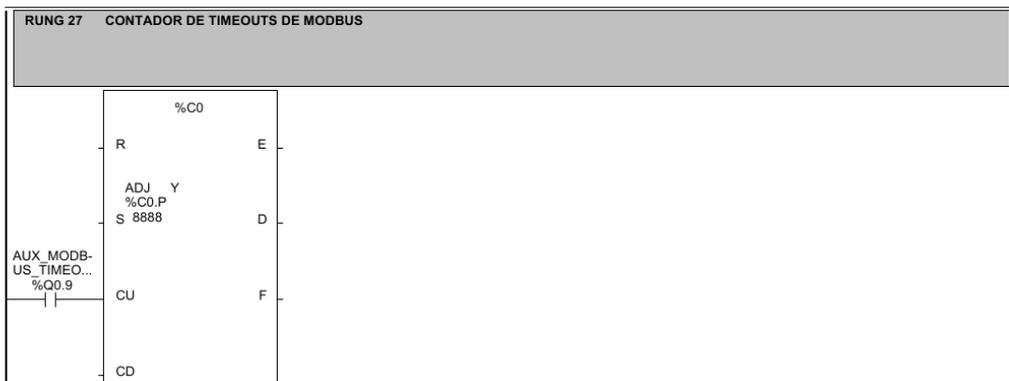




%TM2 MBUS_TIMEOUT_PULSE Registo binario do ModBus que implmenta o sinal pulsante para controlo de timeout da comunicação ModBus
 %M6
 %Q0.0.9 AUX_MODBUS_TIMEOUT Sinaliza a ocorrencia de Timeout por polling activo das comunicações Modbus



%M6 MBUS_TIMEOUT_PULSE Registo binario do ModBus que implmenta o sinal pulsante para controlo de timeout da comunicação ModBus
 %M6
 %Q0.0.9 AUX_MODBUS_TIMEOUT Sinaliza a ocorrencia de Timeout por polling activo das comunicações Modbus



%C0 AUX_MODBUS_TIMEOUT Sinaliza a ocorrencia de Timeout por polling activo das comunicações Modbus
 %Q0.0.9
 %MW20 MBUS_TIMEOUT_COUNTER Numero de Timeouts de ModBus ocorridos
 %C0.V

RUNG 29 END OF PROGRAM

Symbols

Address	Symbol	Comment
%Q0.0.9	AUX_MODBUS_TIMEOUT	Sinaliza a ocorrencia de Timeout por polling activo das comunicações Modbus
%Q0.0.10	AUX_OVERFLOW_FC0	Sinaliza numa saída binária do Automato o Overflow dos FC's e VFC's
%Q0.0.11	AUX_OVERFLOW_FC1	
%Q0.0.12	AUX_OVERFLOW_FC2	
%Q0.0.13	AUX_OVERFLOW_FC3	Sinaliza numa saída binária do Automato o Overflow dos FC's e VFC's
%Q0.0.14	AUX_OVERFLOW_VFC0	
%Q0.0.15	AUX_OVERFLOW_VFC1	
%Q0.0.0	AUX_TIMER_PULSE	Sinaliza os peridos de aquisição dos FC's na saída binária do Automato
%M20	AUX_TIMER_SET_RESET	Variável binária auxiliar, controla o tempo de amostragem dos FC's
%IW0.2.0	IN_ANALOGICO_V1	Entrada de tensão/corrente do transdutor de posição da Valvula V1
%IW0.2.1	IN_ANALOGICO_V2	Entrada de tensão/corrente do transdutor de posição da Valvula V2
%IW0.2.2	IN_ANALOGICO_V3	Entrada de tensão/corrente do transdutor de posição da Valvula V3
%I0.0.6	IN_BINARIO_FCA_V1	Entrada Binária do estado de abertura da Valvula V3
%I0.0.9	IN_BINARIO_FCA_V2	
%I0.0.11	IN_BINARIO_FCA_V3	
%I0.0.0	IN_BINARIO_FCF_V1	Entrada Binária do estado de abertura da Valvula V1
%I0.0.8	IN_BINARIO_FCF_V2	
%I0.0.10	IN_BINARIO_FCF_V3	
%I0.0.1	IN_FREQ_SIGNAL_C1	Entrada do sinal em frequência do Caudalimetro C1 (VFC0)
%I0.0.2	IN_FREQ_SIGNAL_C2	Entrada do sinal em frequência do Caudalimetro C2 (FC0)
%I0.0.3	IN_FREQ_SIGNAL_C3	Entrada do sinal em frequência do Caudalimetro C3 (FC1)
%I0.0.4	IN_FREQ_SIGNAL_C4	Entrada do sinal em frequência do Caudalimetro C4 (FC2)
%I0.0.5	IN_FREQ_SIGNAL_C5	Entrada do sinal em frequência do Caudalimetro C5 (FC3)
%I0.0.7	IN_FREQ_SIGNAL_C6	Entrada do sinal em frequência do Caudalimetro C6 (VFC1)
%MW10	MBUS_ABERTURA_V1	Estado de Abertura da V1
%MW11	MBUS_ABERTURA_V2	Estado de Abertura da V2
%MW12	MBUS_ABERTURA_V3	Estado de Abertura da V3
%M10	MBUS_COMANDO_A_V1	Comando Binario de Abrir Valvula V1
%M12	MBUS_COMANDO_A_V2	Comando Binario de ABRIR Valvula V2
%M14	MBUS_COMANDO_A_V3	Comando Binario de ABRIR Valvula V3
%M11	MBUS_COMANDO_F_V1	Comando Binario de Fechar Valvula V1
%M13	MBUS_COMANDO_F_V2	Comando Binario de FECHAR Valvula V2
%M15	MBUS_COMANDO_F_V3	Comando Binario de FECHAR Valvula V3
%M0	MBUS_FCA_V1	Estado Aberto da V1
%M2	MBUS_FCA_V2	Estado ABERTO da V2
%M4	MBUS_FCA_V3	Estado ABERTO da V3
%M1	MBUS_FCF_V1	Estado FECHADO da V1
%M3	MBUS_FCF_V2	Estado FECHADO da V2
%M5	MBUS_FCF_V3	Estado FECHADO da V3
%MW13	MBUS_FREQ_C1	Frequencia de C1
%MW14	MBUS_FREQ_C2	Frequencia de C2
%MW15	MBUS_FREQ_C3	Frequencia de C3
%MW16	MBUS_FREQ_C4	Frequencia de C4
%MW17	MBUS_FREQ_C5	Frequencia de C5
%MW18	MBUS_FREQ_C6	Frequencia de C6

Address	Symbol	Comment
%MW20	MBUS_TIMEOUT_COUNTER	Numero de Timeouts de ModBus ocorridos
%M6	MBUS_TIMEOUT_PULSE	Registo binario do ModBus que implementa o sinal pulsante para controlo de timeout da comunicação ModBus
%Q0.0.3	OUT_ABRIR_V1	Saida Binaria (Relé) para Abrir Valvula V1
%Q0.0.5	OUT_ABRIR_V2	Saida Binaria (Relé) para Abrir Valvula V2
%Q0.0.7	OUT_ABRIR_V3	Saida Binaria (Relé) para Abrir Valvula V2
%Q0.0.2	OUT_FECHAR_V1	Saida Binaria (Relé) para FECHAR Valvula V1
%Q0.0.4	OUT_FECHAR_V2	Saida Binaria (Relé) para FECHAR Valvula V2
%Q0.0.6	OUT_FECHAR_V3	Saida Binaria (Relé) para FECHAR Valvula V3
%MW0	WORD_BASETEMPO_TM0	Constante que define a Base de Tempo (em segundos) para o Timer TM0. Define o periodo de amostragem para os FC's l=1000ms

Cross Reference

ADDRESS	SYMBOL	LINE	OPERATOR
		15	IN
		16	BLK: OUT
		19	BLK: END
		28	IN
		30	R
		31	BLK: OUT
		34	BLK: END
		37	IN
		39	R
		40	BLK: OUT
		43	BLK: END
		46	IN
		48	R
		49	BLK: OUT
		52	BLK: END
		55	IN
		57	R
		58	BLK: OUT
		61	BLK: END
		64	IN
		65	BLK: OUT
		68	BLK: END
		71	IN
		72	BLK: OUT
		75	BLK: END
		121	IN
		122	BLK: OUT
		125	BLK: END
		128	IN
		129	BLK: OUT
		132	BLK: END
		136)
		140	CU
		141	BLK: END
%C0		138	BLK
%C0.V		143	[:=]
%FC0		26	BLK
%FC0.V		21	[:= /]
%FC1		35	BLK
%FC1.V		22	[:= /]
%FC2		44	BLK
%FC2.V		23	[:= /]
%FC3		53	BLK
%FC3.V		24	[:= /]
%I0.0	IN_BINARIO_FCF_V1	83	LD
%I0.6	IN_BINARIO_FCA_V1	85	LD
%I0.8	IN_BINARIO_FCF_V2	89	LD
%I0.9	IN_BINARIO_FCA_V2	87	LD
%I0.10	IN_BINARIO_FCF_V3	91	LD
%I0.11	IN_BINARIO_FCA_V3	93	LD
%IW2.0	IN_ANALOGICO_V1	80	[:=]
%IW2.1	IN_ANALOGICO_V2	81	[:=]

23/26

ADDRESS	SYMBOL	LINE	OPERATOR
%IW2.2	IN_ANALOGICO_V3	82	[:=]
%M0	MBUS_FCA_V1	86	ST
%M1	MBUS_FCF_V1	84	ST
%M2	MBUS_FCA_V2	88	ST
%M3	MBUS_FCF_V2	90	ST
%M4	MBUS_FCA_V3	94	ST
%M5	MBUS_FCF_V3	92	ST
%M6	MBUS_TIMEOUT_PULSE	7 120 127 134 135	--(R)-- LD LDN AND(R ORF
%M10	MBUS_COMANDO_A_V1	1 98 99	--(R)-- --(R)-- LD
%M11	MBUS_COMANDO_F_V1	2 95 102	--(R)-- LD --(R)--
%M12	MBUS_COMANDO_A_V2	3 103 110	--(R)-- LD --(R)--
%M13	MBUS_COMANDO_F_V2	4 106 107	--(R)-- --(R)-- LD
%M14	MBUS_COMANDO_A_V3	5 111 118	--(R)-- LD --(R)--
%M15	MBUS_COMANDO_F_V3	6 114 115	--(R)-- --(R)-- LD
%M20	AUX_TIMER_SET_RESET	14 18 20 29 38 47 56	LDN ST LDF LDF LDF LDF LDF
%MW0	WORD_BASETEMPO_TM0	9 10 21 22 23 24	[:=] [:= *] [:= /] [:= /] [:= /] [:= /]
%MW10	MBUS_ABERTURA_V1	80	[:=]
%MW11	MBUS_ABERTURA_V2	81	[:=]
%MW12	MBUS_ABERTURA_V3	82	[:=]
%MW13	MBUS_FREQ_C1	77	[:=]
%MW14	MBUS_FREQ_C2	21	[:= /]
%MW15	MBUS_FREQ_C3	22	[:= /]
%MW16	MBUS_FREQ_C4	23	[:= /]
%MW17	MBUS_FREQ_C5	24	[:= /]
%MW18	MBUS_FREQ_C6	78	[:=]

ADDRESS	SYMBOL	LINE	OPERATOR
%MW20	MBUS_TIMEOUT_COUNTER	143	[:=]
%Q0.0	AUX_TIMER_PULSE	25	ST
%Q0.2	OUT_FECHAR_V1	96 101	ST AND
%Q0.3	OUT_ABRIR_V1	97 100	AND ST
%Q0.4	OUT_FECHAR_V2	105 108	AND ST
%Q0.5	OUT_ABRIR_V2	104 109	ST AND
%Q0.6	OUT_FECHAR_V3	113 116	AND ST
%Q0.7	OUT_ABRIR_V3	112 117	ST AND
%Q0.9	AUX_MODBUS_TIMEOUT	124 131 137 139 142	--(S)-- --(S)-- --(R)-- LD LD
%Q0.10	AUX_OVERFLOW_FC0	33	ST
%Q0.11	AUX_OVERFLOW_FC1	42	ST
%Q0.12	AUX_OVERFLOW_FC2	51	ST
%Q0.13	AUX_OVERFLOW_FC3	60	ST
%Q0.14	AUX_OVERFLOW_VFC0	67	ST
%Q0.15	AUX_OVERFLOW_VFC1	74	ST
%S13		0	LD
%TM0		13	BLK
%TM0.P		10	[:= *]
%TM1		119	BLK
%TM1.P		11 12	[:=] [:=]
%TM2		126	BLK
%TM2.P		12	[:=]
%VFC0		62	BLK
%VFC0.V		77	[:=]
%VFC1		69	BLK
%VFC1.V		78	[:=]
D		32 41 50 59	LD LD LD LD
F		66 73	LD LD
Q		17 123 130	LD LD LD
1		8 27	LD LD

ADDRESS	SYMBOL	LINE	OPERATOR
1		36	LD
		45	LD
		54	LD
		63	LD
		70	LD
		76	LD
		79	LD
		133	LD
2		9	[:=]
1000		10	[:= *]
		11	[:=]

Anexo D

Listagem dos Registos para Comunicações na Rede de Campo

Espaço de Registos ModBus

Autómato TWIDO CAE 40DRF: Comando e Supervisão do sistema de válvulas e caudalímetros

Endereço	Slave ID	Tipo	Leitura/Escrita (R/W)	Descrição	Modlink DDE path	Endereço físico no Autómato²	Endereço Lógico no Autómato³	Notas
40011	01	Inteiro	Leitura (R)	(V1) Informação de abertura da Válvula 1	40011,i 9	IW2.0 (Analog In)	%MW10	Input Range: 0-20mA Max Overload: 40mA Data Type: 0 to 4095 (12bit) LSB:4,8µA
40012	01	Inteiro	Leitura (R)	(V2) Informação de abertura da Válvula 2		IW2.1 (Analog In)	%MW11	Input Range: 0-20mA Max Overload: 40mA Data Type: 0 to 4095 (12bit) LSB:4,8µA
40013	01	Inteiro	Leitura (R)	(V3) Informação de abertura da Válvula 3		IW2.2 (Analog In)	%MW12	Input Range: 0-20mA Max Overload: 40mA Data Type: 0 to 4095 (12bit) LSB:4,8µA

² Nomenclatura: Ix.y – Entradas Binárias; IWx.y – Entradas Discretas; Qx.y – Saídas Binárias; x – Endereço do Controlador Modular; y – Número do Canal.

³ Nomenclatura: %Mx – Bit; %MWx – Words de 16bits; x – Posição de memória.

40014	01	Inteiro	Leitura (R)	(C1 ou E1) Informação de caudal			I0.1 (VFC0) ⁴	%MW13	Valor em Hz
40015	01	Inteiro	Leitura (R)	(C2 ou E2) Informação de caudal			I0.2 (FC0) ⁵	%MW14	Valor em Hz
40016	01	Inteiro	Leitura (R)	(C3 ou E3) Informação de caudal			I0.3 (FC1)	%MW15	Valor em Hz
40017	01	Inteiro	Leitura (R)	(C4 ou D1) Informação de caudal			I0.4 (FC2)	%MW16	Valor em Hz
40018	01	Inteiro	Leitura (R)	(C5 ou D2) Informação de caudal			I0.5 (FC3)	%MW17	Valor em Hz
40019	01	Inteiro	Leitura (R)	(C6 ou D3) Informação de caudal			I0.7 (VFC1)	%MW18	Valor em Hz
10001	01	Binário	Leitura (R)	FCA	V1	10001,i 6	I0.6	%M0	Sinaliza o Fim de Curso Aberto
10002	01	Binário	Leitura (R)	FCF			I0.0	%M1	Sinaliza o Fim de Curso Fechado
10003	01	Binário	Leitura (R)	FCA	V2		I0.9	%M2	Sinaliza o Fim de Curso Aberto
10004	01	Binário	Leitura (R)	FCF			I0.8	%M3	Sinaliza o Fim de Curso Fechado
10005	01	Binário	Leitura (R)	FCA	V3		I0.11	%M4	Sinaliza o Fim de Curso Aberto

⁴ Very Fast Counters (VFC0 e VFC1), para sinais até **20kHz**.

⁵ Fast Counters (FC0,1,2,3), para sinais até **5kHz**.

10006	01	Binário	Leitura (R)	FCF			I0.10	%M5	Sinaliza o Fim de Curso Fechado
00011⁶	01	Binário	Escrita (W)	(V1) Comando Abrir	00011		Q0.3	%M10	
00012	01	Binário	Escrita (W)	(V1) Comando Fechar	00012		Q0.2	%M11	
00013	01	Binário	Escrita (W)	(V2) Comando Abrir	00013		Q0.5	%M12	
00014	01	Binário	Escrita (W)	(V2) Comando Fechar	00014		Q0.4	%M13	
00015	01	Binário	Escrita (W)	(V3) Comando Abrir	00015		Q0.7	%M14	
00016	01	Binário	Escrita (W)	(V3) Comando Fechar	00016		Q0.6	%M15	
00007	01	Binário	R/W	Sinal Pulsante que implementa o mecanismo de <i>timeout</i> das comunicações DDE/ModBus	00007		--	%M6	Afecta a saída %Q0.9 OFF– Comm OK ON – Comm Timeout
40021	01	Inteiro	Leitura (R)	Contador de <i>timeouts</i> ocorridos das comunicações DDE/ModBus	40021		C0.V	%MW20	Comandado pela saída %Q0.9
---	---	Binário	Leitura (R)	Período de amostragem do <i>Timer</i>	--		Q0.0	%M20	Aux – Sinal pulsante. Sinaliza o período de amostragem dos FC's

⁶ Existem colisões dos registos ModBus com os endereços de memória do Automato: ex. o endereço de memória binário %M0 pode ser lido/escrito pelos registos binários ModBus 10001 e 00001. Por este motivo, o espaço dos registos ModBus deve acautelar o mapeamento do espaço dos endereços de memória do autómato.

---	---	Inteiro	Leitura (R)	Constante do período de amostragem do <i>Timer</i>	--	--	%MWO	<u>Não editável</u> , valor em segundos
---	---	Binário	---	FC0 <i>overflow</i>	--	Q0.10	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	FC1 <i>overflow</i>	--	Q0.11	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	FC2 <i>overflow</i>	--	Q0.12	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	FC3 <i>overflow</i>	--	Q0.13	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	VFC0 <i>overflow</i>	--	Q0.14	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	VFC1 <i>overflow</i>	--	Q0.15	--	Sinaliza o overflow dos contadores

Variadores PowerFlex400: Comando e Supervisão das Bombas de Água

Endereço	Slave ID	Tipo	(R/W)	Descrição	Modlink DDE path	Endereço Lógico no Variador	Notas
48193	101	Inteiro	R/W	(B1) Comando do Variador da Bomba1	48193	8192	Estado lógico em 16 bits
48194	101	Inteiro	R/W	(B1) Comando da frequência da Bomba1	48194	8193	A decimal value entered as xxx.xx where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1000" equals 10.00 Hz and "543" equals 5.43 Hz.
48449	101	Inteiro	R	(B1) Estados lógicos da Bomba 1	48449,i 4	8448	Estado lógico em 16 bits
48450	101	Inteiro	R	(B1) Código de Falha/Erro da Bomba1		8449	Valor decimal correspondente ao código de erro interno
48452	101	Inteiro	R	(B1)Frequência de Saída da Bomba1		8451	A xxx.xx decimal value where the decimal point is fixed. For xample, a decimal "1234" equals 12.34 Hz and "300" equals 3.00 Hz.
48193	102	Inteiro	R/W	(B2) Comando do Variador da Bomba 2	48193	8192	Estado lógico em 16 bits
48194	102	Inteiro	R/W	(B2) Comando da frequência da Bomba2	48194	8193	A decimal value entered as xxx.xx where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1000" equals 10.00 Hz and "543" equals 5.43 Hz.
48449	102	Inteiro	R	(B2) Estados lógicos da Bomba 2	48449,i 4	8448	Estado lógico em 16 bits
48450	102	Inteiro	R	(B2) Código de Falha/Erro da Bomba2		8449	Valor decimal correspondente ao código de erro interno
48452	102	Inteiro	R	(B2)Frequência de Saída da Bomba2		8451	A xxx.xx decimal value where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1234" equals 12.34 Hz and "300" equals 3.00 Hz.

48193	103	Inteiro	R/W	(B3) Comando do Variador da Bomba 3	48193	8192	Estado lógico em 16 bits
48194	103	Inteiro	R/W	(B3) Comando da frequência da Bomba3	48194	8193	A decimal value entered as xxx.xx where the decimal point is fixed. For example, a decimal “1000” equals 10.00 Hz and “543” equals 5.43 Hz.
48449	103	Inteiro	R	(B3) Estados lógicos da Bomba 3	48449,i 4	8448	Estado lógico em 16 bits
48450	103	Inteiro	R	(B3) Código de Falha/Erro da Bomba3		8449	Valor decimal correspondente ao código de erro interno
48452	103	Inteiro	R	(B3)Frequência de Saída da Bomba3		8451	A xxx.xx decimal value where the decimal point is fixed. For example, a decimal “1234” equals 12.34 Hz and “300” equals 3.00Hz.

Autômato Modicon 984-145 (AEG) Rede: ModBusPlus – Supervisão dos níveis de água nos tanques

Endereço	Slave ID	Tipo	(R/W)	Descrição	Modlink DDE path	Endereço físico no Autômato	Notas
30002	01	Inteiro	R	Nível do Tanque Inferior (MSP90)	30002,i 2	Módulo de entradas analógicas ADU 205 AD.2(X2.5 +X2.6)	Valores inteiros [4096, 6143] = [0, 20]mA Conversão linear: $y=mx +b$ $m= 9,77E-5$ $b= 0,799805$ $y \rightarrow$ nível de água (metros) $x \rightarrow$ valor digital da corrente de saída do sensor de nível (<i>ADU205 digital out</i>)
30003	01	Inteiro	R	Nível do Reservatório de alimentação (Liquiflex)		Módulo de entradas analógicas ADU 205 AD.3(X2.9 +X2.10)	Valores inteiros [4505, 6143] = [4, 20]mA Conversão linear: $y=mx +b$ $m= 1,6487E-3$ $b= - 7,4283$ $y \rightarrow$ nível de água (metros) $x \rightarrow$ valor digital da corrente de saída do sensor de nível (<i>ADU205 digital out</i>)
30001	01	Inteiro	-	Nível do Tanque Superior (Liquiflex)	-	-	(<u>NAO USADO</u> - actualmente fora de serviço)

Anexo E

Listagem da Configuração dos Secundários dos Caudalímetros

Tabela de configuração dos caudalímetros mais recentes do DHA/NRE

C1/E1

Parâmetro	Designação		Notas
Nome	E1 / C1		
Marca	KROHNE		
Modelo (unidade sensor)	OPTIFLUX 2000		<u>Primário:</u> (Electromagnetic Flow Sensor)
Modelo (unidade conversão de sinal)	IFC 300 W (wall)		<u>Secundário:</u> (Signal Converter for electromagnetic flowmeters)
SN	IFC300 CG 30081100 DN350 12/24 DC		
Diâmetro	350mm		
GK	3.8773	C1.1.04	(Setup Level)
GKL	7.8617	C1.1.05	
Terminals D	"Frequency Output"	C2.1.04	(I/O)
100% pulse rate		C2.5.03	(Frequency out X)
Measurement	"volume flow"	C2.5.04	
Range		C2.5.05	
Volume flow	"L/S"	C5.7.01	(Units)

Parâmetros dos caudalímetros antigos do DHA/NRE

SC100AS – (D2)

	Original (09/06/11)	Actual (14/06/11)	
1.01 Full Scale	400 L/s	=	
1.02 Rev.Scale	"No"	=	
1.03 Value	-	-	
1.04 Diameter	350 mm	=	
1.05 GK Value	3,079	=	
1.06 Flow Dir.	"- Dir"	=	
2.01 Disp.Flow	"Liter/Sec"	=	
2.02 Unit Total	"m ³ "	=	
2.03 Disp. Total	"No Display"	=	
2.04 Error Msg	"No Message"	=	
3.2.01 Funtion I	"1 Dir."	=	
3.2.02 I O PCT.	4mA	=	
3.2.03 I 100 PCT.	20mA	=	
3.2.04 I Max mA	22mA	=	
3.2.05 T-Const.I	8 Segundos	=	
3.2.06 L.F.CutOff I	"Yes"	=	
3.2.07 CutOff On	1%	=	
3.2.08 CutOff Off	2%	=	
3.2.01 Funtion F	"2 Dir"	"1Dir"	
3.2.02 PulsOutp.	"Pulse Rate"	=	
3.2.03 PulsRate	0,72x10 ⁷ Pulse/hr (2kHz)	0,1x10 ⁵ Pulse/Seg (10kHz)	
3.2.04 Pulse/Unit	-	-	
3.2.05 Pulse Width	"30 mSec"	=	
3.2.06 T-Const.F	"T(F) = T(I)"	=	
3.2.07 L.F.CutOff F	"No"	"Yes"	
3.2.08 CutOff On	-	1%	
3.2.09 CutOff Off	-	2%	
3.3.01 Function S	"Off"	=	
4.05 Fact. Quant.	1,0 +1	=	
4.06 Fact. Time	3,6 +3	=	
4.07 Field Freq.	"1/16"	=	
4.08 Noise	"No Noise"	=	
4.09 Ref. Sel.	"Auto. Ref"	=	
4.10 Field Cur,	250,14 mA	=	

SC100AS – (E3)

	Original (09/06/11)	Actual	
1.01 Full Scale	200 L/s	400 L/s	
1.02 Rev.Scale	"No"	=	
1.03 Value	-	-	
1.04 Diameter	350 mm	=	
1.05 GK Value	3,076	=	
1.06 Flow Dir.	"+ Dir"	=	
2.01 Disp.Flow	"Liter/Sec"	=	
2.02 Unit Total	"m ³ "	=	
2.03 Disp. Total	"No Display"	=	
2.04 Error Msg	"No Message"	=	
3.2.01 Funtion I	"1 Dir."	=	
3.2.02 I O PCT.	4mA	=	
3.2.03 I 100 PCT.	20mA	=	
3.2.04 I Max mA	22mA	=	
3.2.05 T-Const.I	3 Segundos	=	
3.2.06 L.F.CutOff I	"Yes"	=	
3.2.07 CutOff On	1%	=	
3.2.08 CutOff Off	2%	=	
3.2.01 Funtion F	"1 Dir"	=	
3.2.02 PulsOutp.	"Pulse Rate"	=	
3.2.03 PulsRate	0,72x10 ⁷ Pulse/hr (2kHz)	0,1x10 ⁵ Pulse/Seg (10kHz)	
3.2.04 Pulse/Unit	-	-	
3.2.05 Pulse Width	"30 mSec"	=	
3.2.06 T-Const.F	"T(F) = T(I)"	=	
3.2.07 L.F.CutOff F	"Yes"	=	
3.2.08 CutOff On	1%	=	
3.2.09 CutOff Off	2%	=	
3.3.01 Function S	"Off"	=	
4.05 Fact. Quant.	1,0 +1	=	
4.06 Fact. Time	3,6 +3	=	
4.07 Field Freq.	"1/16"	=	
4.08 Noise	"No Noise"	=	
4.09 Ref. Sel.	"Auto. Ref"	=	
4.10 Field Cur,	251,05 mA	=	

Anexo F

Lista de material

Material/equipamento			
Qt.	Designação	Referência	Fornecedor
200	metro cabo LAPP UNITRONIC	Li2YCY PiMF 2x2x0,5	POLICABOS
100	metro cabo harmonizado	H07 V V -U 3G2,5	POLICABOS
2	Fontes de alimentação Siemens SITOP 24V/2A	6EP1331-2BA00	REXEL
2	Fontes de alimentação Siemens SITOP 24V/5A	6EP1333-2BAA00	REXEL
2	Armário Himel de porta transparente	CRN-54/200 KT	REXEL
4	Disjuntores modulares de 6A		REXEL
4	Interruptores seccionadores bipolares, 20 A, de 1 módulo		REXEL
2	metro calha DIN simétrica		REXEL
1	Conversor USB <-> RS-485	FTDI USB-RS485-WE-1800-BT	Farnell
1	Chicote c/ ficha min DIN 8 pinos	GT801-2M	RS
1	Autômato modular Twido	TWDLCAE40DRF	Schneider Electric
1	Módulo de expansão analógico 2 Analog Inputs and 1 Output (0 - 10V, 4 - 20mA), 12 bits	TWDAMM3HT	Schneider Electric
1	Módulo de expansão analógico 4 analog inputs, (0 - 10V, 0-20mA, 3-wire PT100, 3-wire PT1000, 3-wire NI 100, 3-wire NI1000), 12 bits	TWDAMI4LT	Schneider Electric
1	Módulo de expansão analógico 2 analog outputs, (-10 to +10V), 11 bits + sign	TWDAVO2HT	Schneider Electric
1	Módulo de expansão de entradas binárias 16 Inputs (24V DC), 1 common line, sink/source transistors. (40mA)	TWDDDI16DT	Schneider Electric
1	Módulo de expansão de saídas binárias 16 Outputs (2A Relays), 2 common lines	TWDDRA16RT	Schneider Electric

