



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E AUTOMAÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

# **SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS DE PROJETOS INDUSTRIAIS**

**Víctor Liberalino**

Orientador: Prof. Dr. Andres Ortiz Salazar

Natal/RN  
Junho de 2016

# **SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS DE PROJETOS INDUSTRIAIS**

**Víctor Liberalino**

Orientador: Prof. Dr. Andres Ortiz Salazar

**Monografia** apresentada à Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Natal/RN  
Junho de 2016

*Aos meus pais, Francisca Nazaré  
Liberalino e Milton Marques  
Medeiros, que com todos os  
esforços, puderam me proporcionar  
a melhor educação possível.*

---

# Agradecimentos

---

Agradeço a Cíntia Camila Liberalino e Carlos Manoel Dias Viegas, pelo auxílio em minha jornada universitária.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Computação e Automação, pela dedicação, compromisso e paciência para proporcionar um bom ensinamento ao longo do curso.

Aos amigos e amigas que estiveram ao meu lado nos momentos necessários.

Por fim, aos meus colegas de curso de Engenharia de Computação e Ciências e Tecnologia, companheiros nas inúmeras horas de estudos tanto em nossas casas quanto na universidade. Todos vocês foram indispensáveis para a minha formação.

*"Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia,  
porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante"*

---

CHARLES CHAPLIN

---

# Resumo

---

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e explicação detalhada de uma aplicação que integra elementos de sistemas industriais (sensores, controladores e transmissores, por exemplo) com sistemas supervisórios, tornando possível a obtenção de dados desses elementos e controle das grandezas por eles medidas. O trabalho foi realizado com base em uma planta industrial que simula sistemas petrolíferos, presente no Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo (LAMP), que comporta elementos de instrumentação que necessitam serem lidos e manipulados através de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA). O projeto realizado resume-se em captar os dados de sensores presentes nesse sistema industrial através de um CLP e um microcontrolador e realizar a comunicação destes com uma aplicação de supervisão desenvolvida no software Elipse SCADA. Foram utilizados CLPs da fabricante WEG modelo TPW03 e um microcontrolador da NOVUS modelo N2000. A comunicação foi realizada utilizando protocolo Modbus.

**Palavras-chave:** CLP; SCADA; Comunicação; TPW03; N2000; Modbus.

---

# Abstract

---

This work presents the development and detailed explanation of an application that integrates elements of industrial systems (sensors, controllers and transmitters, for example) with supervisory systems, making it possible to obtain data of these elements and control the quantities they measures. The work was carried out on an industrial plant that simulates petroleum systems present in the Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo (LAMP), which includes instrumentation elements that need to be read and handled by programmable logic controllers (PLCs) and a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system. The project can be summarized by capturing data from sensors present in this industrial system through a PLC and a microcontroller and perform communication of these elements with a supervision application developed on Elipse SCADA software. We used WEG's PLC TPW03 and a NOVUS' microcontroller N2000 model. The communication was performed using Modbus protocol.

**Keywords:** PLC; SCADA; Communication; TPW03; N2000; Modbus.

---

# Sumário

---



---

# Lista de Figuras

---

---

# Capítulo 1

## Introdução

---

É observável uma crescente necessidade de se obter confiabilidade, flexibilidade e economia em um ambiente industrial. Devido a essas necessidades, a automação e elementos de redes industriais devem estar inseridos em qualquer planta industrial [?].

Um modelo hierárquico definido pela IEC 62264 representa de forma satisfatória o que se entende por um sistema de automação industrial atual (Figura ??..1). As formas de comunicação entre os níveis de hierarquia são diferentes. Nos níveis um e dois, que são o foco desse trabalho, predomina-se uma comunicação ponto-a-ponto (corrente de 4-20mA) ou através de comunicação fieldbus (Modbus, Profibus, etc.).

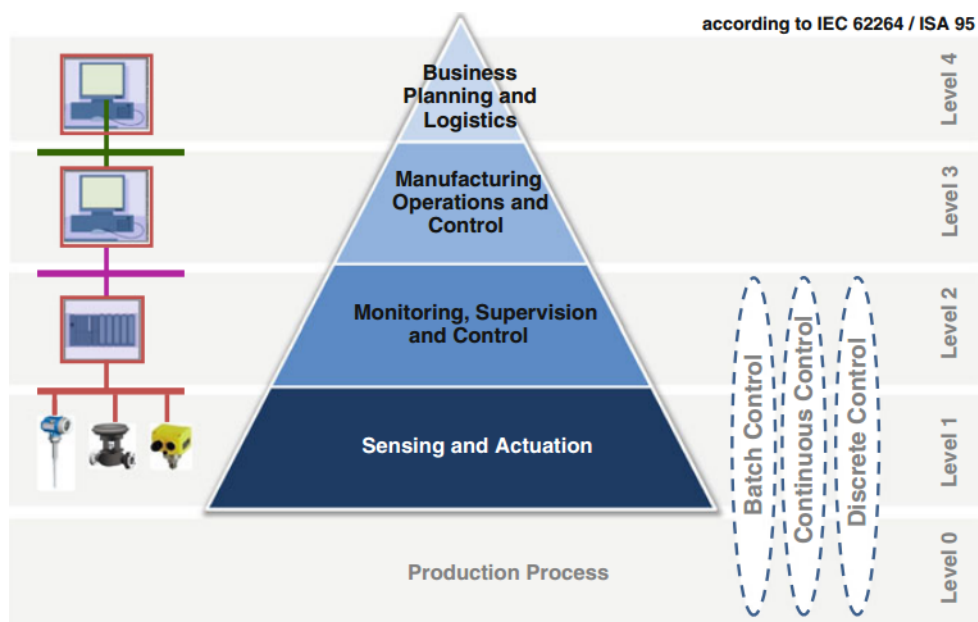


Figura 1.1: Hierarquia funcional de acordo com a IEC 62264-3 [?].

No nível dois da hierarquia considerada, tem-se os Controladores Lógicos Programá-

veis (CLPs) que são utilizados como instrumentos intermediários entre os objetos físicos e o sistema SCADA. Esses controladores possuem design de entradas e saídas analógicas e digitais que podem interagir com diversos objetos físicos de um sistema industrial (sensores e atuadores, por exemplo). Esses dispositivos são de essencial importância em sistemas industriais atuais devido a sua eficiência de captação de dados e facilidade de comunicação entre os níveis um e três da hierarquia funcional apresentada. Uma descrição mais detalhada acerca da utilização de sistemas SCADA e CLPs é apresentada ao decorrer desse trabalho.

Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (presentes no nível três da hierarquia descrita anteriormente) lidam com a obtenção de dados em tempo-real de locais remotos para controlar e monitorar algum processo, incluindo captação de dados e apresentação dos mesmos ao usuário. Esses sistemas são comumente utilizados em aplicações como usinas, refinarias de petróleo e gás, telecomunicações, transporte, controle de sistemas hídricos ou até mesmo em setores de assistência médica, como descrito em [?]. Nesses últimos casos, sistemas SCADA disponibilizam soluções médicas e permitem profissionais da saúde monitorarem e controlarem o estado de saúde de um paciente de maneira eficiente e a custos cada vez mais baixos.

Tendo isso em vista, o Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo (LAMP), localizado na UFRN, vem modificando suas estruturas a fim de adequar suas instalações com os projetos que lá são executados. Em 2006, o objetivo do laboratório era avaliar de forma automática as medições de vazão e BS&W (Basic Sediments and Water) por meio de condições de simulação de operações de campo [?].

Atualmente, o LAMP continua desenvolvendo pesquisas na área de automação, instrumentação e eletrônica, tendo como principais atividades, projetos de simulação de sistemas petrolíferos, reaproveitando a instrumentação advinda dos projetos anteriores. Desse modo, é necessário o entendimento de instrumentos eletrônicos de controle e automação amplamente utilizados no setor industrial, tais quais CLPs, microcontroladores e sistemas supervisórios, além de componentes básicos como sensores, válvulas e bombas a fim de dar continuidade aos projetos em desenvolvimento no laboratório.

## 1.1 Objetivos

Os principais objetivos desse trabalho são:

- Realizar a comunicação de elementos do sistema industrial atualmente presente no LAMP;

- Desenvolver um protótipo de sistema supervisorio que interaja com a planta industrial do laboratório de maneira satisfatória ao projeto que está sendo desenvolvido;
- Identificar características, vantagens e desvantagens da utilização de diferentes equipamentos e tecnologias, tais quais descrições de diferentes controladores e formas de comunicação;
- Documentar de maneira detalhada todo o processo realizado na comunicação e no desenvolvimento das atividades desse trabalho para que possam ser repetidas e implementadas futuramente por outras pessoas, de forma que seja possível adaptá-las a outros sistemas

## 1.2 Estrutura do documento

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos. Nesse primeiro capítulo, foi realizada uma breve discussão sobre a evolução de sistemas industriais destacando a utilização de sistemas SCADA e CLPs. Além disso, foram apresentados os principais objetivos do trabalho. O capítulo 2 descreve as instalações existentes no LAMP, considera especificações teóricas e técnicas e demonstra os instrumentos, softwares, protocolos e equipamentos utilizados nesse trabalho; o capítulo 3 apresenta as implementações feitas, descrevendo as configurações de cada elemento do sistema e explicando a comunicação entre eles; No capítulo 4, explica-se o desenvolvimento da aplicação utilizada e os testes desenvolvidos no sistema. Finalmente, o capítulo 5 apresenta conclusões, dificuldades encontradas e sugestões para trabalhos futuros.

---

# Capítulo 2

## Esrtutura do Sistema

---

A fim de atender aos objetivos desejados de maneira coerente ao que se observa nas instalações do laboratório, tem-se a necessidade de entender as mesmas para determinar uma forma de desenvolver o projeto posteriormente. Devido a isso, pode-se dizer que as instalações do Laboratório de Injeção do LAMP serviram como base para esse trabalho, visto que a partir delas, percebeu-se a necessidade da criação de um sistema supervisorio e de interligar os elementos do projeto industrial.

A fim de entender melhor a base do trabalho, esse capítulo apresenta inicialmente uma descrição dessas instalações e posteriormente, a descrição do sistema montado, considerando especificações técnicas, características, instrumentos e protocolos utilizados.

### 2.1 Instalações do Laboratório

O LAMP dispõe de um espaço de instalações físicas de uma planta do Laboratório de Monitoramento de Injeção com o objetivo de realizar ensaios de medição de vazão. Um diagrama das instalações do laboratório pode ser observado na Figura ???. A figura consiste em uma simplificação da planta, ilustrando apenas componentes essenciais para o entendimento do sistema.

O protótipo é composto pelos seguintes componentes:

- Dois tanques de armazenamento de líquido
- Aquecedor: cilindro de aquecimento de água
- 5 Válvulas de acionamento pneumático
- 3 Bombas de deslocamento positivo
- 18 Sensores de temperatura
- 2 Sensores de nível
- 2 Sensores de vazão

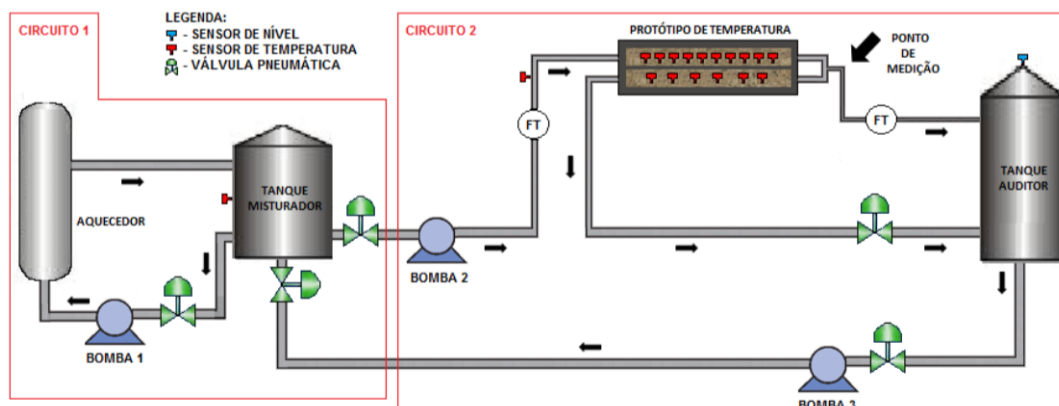


Figura 2.1: Ilustração simplificada das Instalações do Laboratório de Monitoramento de Injeção.

- 4 Chaves de nível

O sistema é operado através de dois circuitos: o primeiro circuito é responsável por aquecer a água armazenada inicialmente no tanque misturador, enquanto o segundo irá transferir a água aquecida para caixotes os quais simulam a zona de injeção. Desse modo, para que o sistema funcione corretamente, a água deve estar contida no sistema de forma que as tubulações devem estar afogadas e os tanques devem conter água também.

Um sistema de aquecimento também é contido na planta. Este é responsável por fornecer energia térmica à água utilizada nos ensaios e é composto por controladores, sensores e atuadores em uma malha fechada. Sendo assim, é imprescindível que haja uma comunicação entre esses três componentes para que o sistema funcione corretamente.

### 2.1.1 Modo de operação do circuito 1

Para que a planta entre em operação, a válvula pneumática de saída do tanque misturador é aberta, enquanto as outras estão fechadas. Devido à ação da bomba 1, a água circula através do aquecedor, aumentando sua temperatura e retornando ao tanque misturador. Esse processo é executado em um ciclo fechado até que a temperatura desejada para a água seja atingida.

Para que esse circuito funcione de maneira satisfatória, os dados da temperatura da água devem ser medidos e a grandeza deve ser controlada. Para isso, um controlador dedicado é responsável por controlar o acionamento do aquecedor através das informações advindas do sensor de temperatura conectado ao tanque misturador. O controlador de processos utilizado para essa finalidade é o da fabricante NOVUS modelo N2000 que será discutido mais adiante neste capítulo.

### 2.1.2 Modo de operação do circuito 2

No momento em que a temperatura desejada para os testes é alcançada, a bomba 2 é acionada e a água aquecida é enviada ao circuito 2, responsável pela medição dos parâmetros de temperatura e vazão, de forma a simular um sistema petrolífero real.

Nesse circuito, a água segue para uma tubulação que simula um poço de petróleo, enterrada dentro de dois caixotes cobertos de areia. Nessa tubulação, 16 sensores de temperatura foram distribuídos com o objetivo de identificar a variação térmica ao longo da coluna de injeção, advinda da troca de calor entre o fluido injetado e o solo. A análise de vazão é realizada no ponto de medição descrito na Figura ???. Nesse trecho é feito o controle de vazão variando-se a vazão nas derivações dos tubos de 1" e 2" que se encontram nesse ponto. Dessa forma, um perfil de temperaturas é obtido antes e outro depois do ponto de medição de vazão. Através da variação forçada da vazão do sistema, é possível comprovar e analisar o desenvolvimento teórico do projeto, pois dessa forma pode-se obter perfis de temperaturas para variadas condições de trabalho do protótipo.

Após a passagem pelo protótipo de temperatura, o líquido é armazenado temporariamente no tanque auditor. Será configurado um nível mínimo de fluido presente no tanque misturador, que quando atingido, a bomba 3 será acionada e o fluido presente no tanque auditor será bombeado para o misturador, completando o ciclo do segundo circuito.

## 2.2 Especificações teóricas

Pode-se afirmar que o sistema descrito no item 2.1 serve como base para o desenvolvimento desse trabalho pois para que ocorra a captação dos dados dos elementos de instrumentação descritos anteriormente, é necessária a comunicação desses ao sistema supervisor que será desenvolvido. Em intermédio a essa comunicação, é utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP). Um CLP é um equipamento eletrônico digital composto com hardware e software utilizado em sistemas industriais, capaz de manipular elementos desses sistemas.

Esse tipo de controlador é utilizado em larga escala na indústria para o controle de diversos tipos de sistemas pois atendem a requisitos de hardware e software aptos para serem utilizados em ambientes industriais. Neste sentido, muitos CLPs possuem sistemas operacionais de tempo real, fator de extrema importância para controlar processos de alto risco, e hardware capaz de suportar possíveis variações de pressão, temperatura e umidade, além de a maioria deles possuir uma arquitetura compacta, o que facilita o deslocamento e instalação do controlador. Outra grande vantagem da utilização de CLPs

na indústria é a sua capacidade e relativa facilidade de comunicação com outros elementos da malha industrial e com sistemas supervisórios.

Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) são sistemas utilizados amplamente na indústria para controle supervisório e aquisição de dados de processos industriais. Como o próprio nome indica, esses sistemas são focados no nível de supervisão de processos, sendo puramente softwares posicionados acima dos hardwares da interface industrial que podem se comunicar com CLPs ou outros hardwares [?] para uma melhor visualização e manipulação da malha industrial a ser controlada. O sistema SCADA necessário para os projetos futuros a esse deve, em termos simplificados, comportar uma representação visual de todo o sistema físico das instalações do LAMP, captar os dados dos elementos de instrumentação e realizar possíveis controles da planta industrial de modo remoto. Durante esse trabalho, foi proposto um sistema SCADA somente para testes de comunicação e captação de parâmetros que é descrito com mais detalhes no capítulo 3 desse trabalho.

Existem diversos tipos de CLPs que variam de acordo com cada fabricante. No projeto realizado, foi utilizado um controlador lógico programável da WEG modelo TPW-03 60HT-A e um controlador universal de processos da NOVUS modelo N2000. Para desenvolvimento do sistema supervisório, utilizou-se o software Elipse SCADA. O controlador lógico da WEG foi utilizado pois ele possui uma quantidade satisfatória de entradas e saídas digitais e também dispõe de módulos de expansões, dentre eles o modelo 8AD, o qual fornece entradas analógicas, que possibilitam a leitura dos sensores que irão atuar no projeto. O Elipse SCADA, por sua vez, mostra-se um software bastante eficiente para controle supervisório, de fácil manipulação e de maior familiaridade por parte dos engenheiros do LAMP.

## 2.3 Instrumentos Utilizados

O trabalho aqui descrito foi realizado nos laboratórios do LAMP e os instrumentos utilizados foram:

- 2 sensores de temperatura PT100
- 1 CLP da WEG modelo TPW-03 60HT-A
- 1 módulo de expansão do tipo 8AD
- 1 fonte de alimentação (24V)
- 1 controlador de processos da NOVUS, modelo N2000



- 2 computadores para alojamento do sistema supervisorio, realização de pesquisas e testes

O ambiente de trabalho é observado na Figura 2.2.

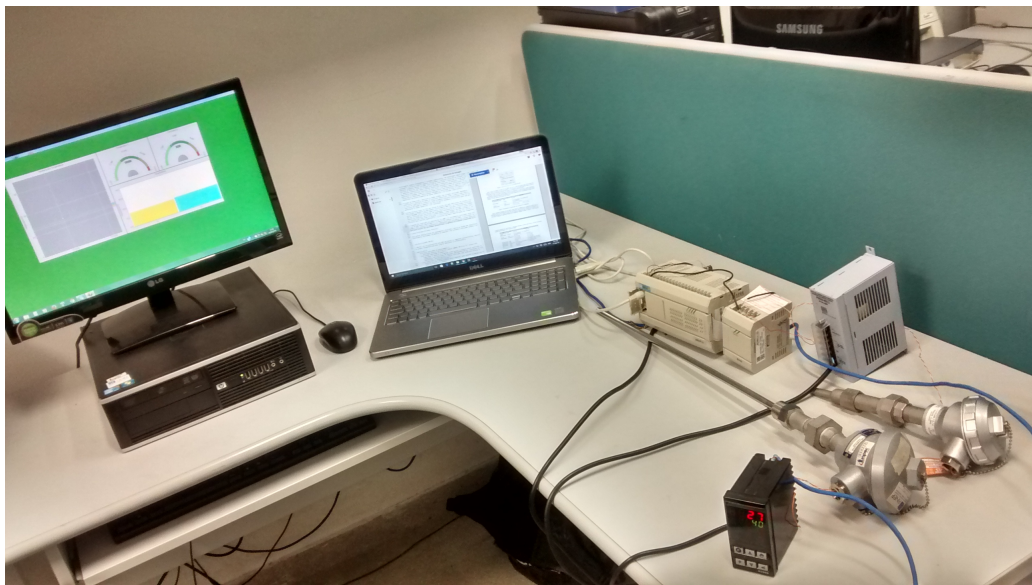


Figura 2.2: Ambiente de Trabalho.

## 2.4 Características e Especificações Técnicas

Para melhor familiarização dos equipamentos utilizados, tem-se um resumo das especificações técnicas dos controladores, dos módulos de expansão, dos softwares e protocolos utilizados no trabalho.

### 2.4.1 Sensores PT100

Como já mencionado anteriormente, para obter os padrões de temperatura do líquido que passa pelo sistema do laboratório de injeção no LAMP, são necessários 18 sensores de temperatura. Esses sensores são do tipo PT100 (Figura 2.3), com transmissores de modelo TR321 da fabricante Salcas. Neste trabalho, utilizou-se dois desses sensores para que os testes realizados sejam condizentes com uma futura implementação do sistema final no laboratório.

O funcionamento desses sensores baseia-se na variação da resistência ôhmica em relação à temperatura. Seu elemento sensor é composto por platina com grande grau de



Figura 2.3: Sensores de temperatura PT100.

pureza e encapsulado em bulbos de vidro ou cerâmica, o que permite uma medição padrão de termorresistência entre  $-200$  e  $650^{\circ}\text{C}$  [?]. Por essas características, esses sensores são um dos mais utilizados em processos industriais. Além disso, as termorresistências são totalmente customizáveis, sendo possível alterar o limite de operação do sensor para que se obtenha medidas mais precisas dependendo da aplicação. Nesse caso, como os sinais gerados pelo transmissor estão na faixa de  $4$  à  $20\text{ mA}$ , o limite de medição pode ser configurado no transmissor para que o valor mínimo/máximo de corrente gerado corresponda a um valor de temperatura próximo ao mínimo/máximo em que o sistema industrial estará sujeito.

Para a aplicação em desenvolvimento nas instalações do LAMP, a água estará sujeita a temperaturas que variam entre aproximadamente  $25$  e  $65^{\circ}\text{C}$ , logo, é mais eficiente definir a faixa de operação do transmissor entre esses dois valores para que seja obtida uma melhor resolução de leitura das variáveis. Essa alteração é feita através do software *TxConfig II*, disponibilizado pelo fabricante.

### 2.4.2 WEG TPW-03

O TPW-03 é um CLP desenvolvido pela empresa WEG Automação S.A. que possui as seguintes características, descritas no manual de instalação do produto disponibilizado pelo próprio fabricante [?]:

- Alta velocidade de processamento:  
Instruções básicas:  $0.31\mu\text{s}$  / passos (ANDB),  $0.45\mu\text{s}$  / passos (LD)

- Grande capacidade de memória:  
Capacidade de memória do programa: 4k a 16k passos. O produto possui instruções de aplicação básicas e integradas, como instruções de operação, ADD/SUB/MUL/-DIV...etc. instruções de trigonometria como SIN/COS/TAN..., entrada matriz, e outras instruções como saída para display de 7 segmentos e PID.
- Capacidade de expansão flexível:  
Unidades básicas: 14/20/30/40/60 pontos digitais, pode expandir no máximo até 124 pontos digitais e 8/2 (12 bits) entrada/saída analógica.
- 3 portas de comunicação e 3 funções de comunicação são disponíveis no modelo avançado.
- Conexão com Computador:  
Um computador pode controlar até 255 TPW-03s.
- Conexão de Dados:  
O TPW-03 Mestre pode comunicar com até 15 TPW-03 Escravos. Cada CLP tem disponível para troca de dados 64 Bits e 8 Words.
- E/S Remota:  
O TPW-03 Mestre pode controlar as E/Ss de até 4 outros TPW-03 Escravos.
- Compatível com Modbus:  
O Protocolo Modbus está desenvolvido no TPW-03. Ideal para comunicação com Inversores e IHMs.
- RTC, PWM, dois VR's (potenciômetros), memória flash e capacidade de expansão de pontos digitais e analógicos.
- Saída de pulso de alta velocidade de 100KHz que pode controlar um servo controlador.
- Contador de alta velocidade:  
O contador pode trabalhar um ou dois canais e como entrada de interrupção, sendo que no modo contagem com um canal, sua frequência máxima é de 100KHz.
- Fácil manutenção e instalação uma vez que os blocos de terminais são plugáveis.
- O TPW-03 pode ser programado nas linguagens Ladder e Lista de Instruções.
- O Firmware pode ser atualizado diretamente via PC.

O LAMP dispõe de CLPs de modelo de modulo básico TPW-03 60HT-A, o qual possui uma alimentação AC 100 - 240V, 36 entradas digitais e 24 saídas digitais do tipo transistor. Além disso, foram utilizados módulos de expansão modelo 8AD (expansão analógica), que dispõem de oito entradas analógicas, o que permite a captação de dados de sensores.

O TPW-03 possui um software de programação em LADDER próprio, o TPW03-PCLINK. Esse software foi utilizado para configurar os parâmetros de comunicação do CLP com outros controladores e com o Eclipse SCADA. Essa comunicação será comentada mais adiante neste trabalho.

### 2.4.3 NOVUS N2000

O controlador universal da NOVUS modelo N2000 possui os seguintes detalhes técnicos [?]:

- Aceita termopares: J, K, T, N, R, S, E, B; PT100, 4-20 mA, 0-50 mV, 0-5 Vcc, 0-10 V
- Saídas: relé 3 A / 250 Vca, linear 4-20 mA e pulso lógico para relés de estado sólido
- Alarmes: 4 relés na versão básica
- Até 2 alarmes temporizados de 0 a 6500s
- Resolução na medida: 12000 níveis
- Indicação de decimais nas medições de temperatura
- Proteção da configuração por senha de acesso
- Interface USB 2.0, classe CDC, protocolo Modbus RTU
- Fonte 24 Vcc para excitar transmissores
- Amostragem: 5 medidas por segundo.
- Alimentação: - 100 a 240 Vca/cc - 12 a 24 Vcc / 24 Vca
- Retransmissão da PV ou SP em 0 a 20 mA ou 4 a 20 mA
- Função Automático/Manual, transferência *bumpless*
- Entrada de SetPoint remoto
- Função LBD (Loop Break Detection)
- Entrada Digital
- Função saída segura
- Soft-start programável (0 a 9999 seg.)
- Rampas e Patamares: 7 programas de 7 segmentos cada, podendo ser concatenados até formar um programa de 49 segments. Todos os segmentos podem ser associados eventos.
- Auto-sintonia dos parâmetros PID
- Teclas em silicone
- Painel frontal: IP65, Policarbonato UL94 V-2
- Formato 48 x 96 x 92 mm
- Certificações CE e UL

Tem-se uma amostra desse controlador disponível no laboratório e o mesmo foi utilizado a fim de se comunicar com o sistema supervisório e com o TPW-03 através de comunicação serial RS485 com protocolo Modbus RTU. Esse controlador possui a vantagem de ser leve e de pequenas dimensões, além de dispor de uma fácil programação de seus parâmetros, sendo estes configuráveis através de suas teclas, no próprio aparelho, não necessitando de um ambiente de programação. Além disso, esse controlador possui entradas analógicas, que permitem também a leitura de sensores do tipo PT100, que são utilizados no trabalho.

#### 2.4.4 Eclipse SCADA

O Eclipse SCADA é um software de monitoramento e programação de processos muito utilizado em linhas de produção e ambientes industriais. Nele os dados dos sistemas podem ser apresentados em tempo real de forma gráfica [?], o que permite uma análise eficiente e respostas rápidas. O programa conta com uma ferramenta denominada *Organizer* que permite uma organização das variáveis e propriedades do sistema de forma amigável, auxiliando na organização e manipulação dos parâmetros do sistema através de *displays*, botões, gráficos, etc. Outro fator primordial para a utilização desse software no projeto aqui descrito, é a possibilidade de integrar o mesmo a controladores e unidades remotas de diversas maneiras, dentre elas, via protocolo Modbus, com comunicação RS485 ou Ethernet.

#### 2.4.5 Protocolo Modbus

O Modbus é um tipo de protocolo de comunicação, proposto pela Modicon Corporation. Esse protocolo define uma estrutura de mensagem que diferentes controladores podem reconhecer e utilizar independente do tipo de rede em que eles estão conectados. Ele descreve o processo que um controlador utiliza para requisitar acesso a outro dispositivo, como ele vai responder à pedidos de outros dispositivos e como erros serão detectados e reportados. Além disso, o protocolo estabelece um formato comum de *layout* e conteúdos de campos mensagem [?].

Em uma rede Modbus, o protocolo determina como cada controlador saberá o endereço de cada dispositivo, reconhecer a mensagem direcionada à ele, determinar o tipo de ação que será tomada e extrair o dado ou outra informação contida na mensagem. Se uma resposta é requisitada, o controlador vai construir a mensagem de resposta e mandar utilizando o próprio protocolo Modbus[?].

Os controladores da rede Modbus utilizam uma comunicação mestre-escravo, na qual apenas um dispositivo (o mestre) pode iniciar a transmissão dos dados por meio de uma requisição aos outros dispositivos (escravos). Os escravos, respondem enviando o dado requisitado pelo mestre ou realizando a ação que o dispositivo mestre desejou. No trabalho aqui realizado, o dispositivo mestre da rede de comunicação montada é o PC, o qual contém o processador *host* da aplicação feita no Elipse SCADA. Os escravos correspondem ao CLP TPW-03 e ao controlador de processos N2000.

O mestre pode tanto adereçar mensagens a escravos individuais ou em *broadcast*, para todos os escravos. Os outros dispositivos retornam a mensagem de resposta às requisições do mestre de forma individual.

A forma com que o protocolo estabelece o formato de requisição do mestre se dá por indicar ao mestre o endereço do dispositivo ao qual ele deseja se comunicar, o código da função que define a ação a ser executada, algum possível dado a ser enviado e um campo de checagem de erro. A mensagem de resposta do escravo também é construída utilizando o mesmo protocolo. Ela contém campos confirmando a ação tomada, qualquer dado a ser retornado e um campo de checagem de erro. Se algum erro tiver ocorrido no recebimento da mensagem, ou se o escravo for incapaz de realizar a ação requisitada, o mesmo construirá uma mensagem de erro e enviará como resposta. A Figura 2.4 demonstra um esquema da comunicação entre um dispositivo mestre e um escravo.

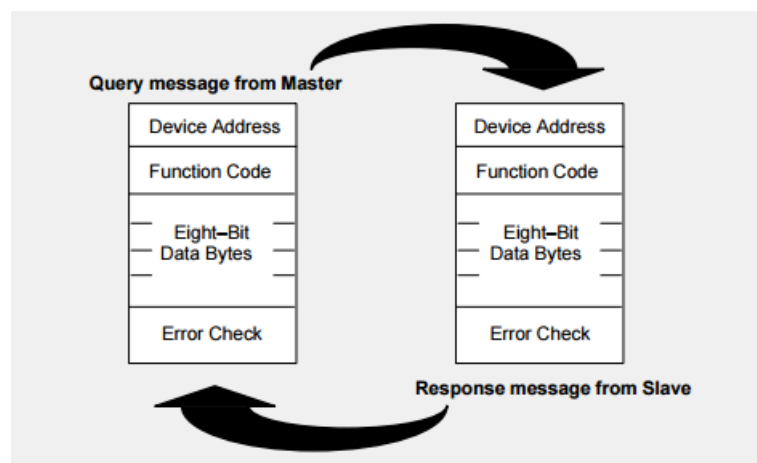


Figura 2.4: Requisição-resposta entre mestre e escravo.

[?]

	Modo ASCII
Codificação	Hexadecimal, caracteres ASCII 0–9, A–F Um caracter hexadecimal contido em cada caracter ASCII da mensagem
Bits por Byte	1 bit de início 7 bits de dados 1 bit de paridade; nenhum bit caso sem paridade 1 bit de parada, se paridade é usada; 2 bits caso sem paridade
Checação de Erro	Longitudinal Redundancy Check (LRC)

Tabela 2.1: Formato de Byte no Modo ASCII

	Modo RTU
Codificação	8-bit binário, hexadecimal 0–9, A–F Dois caracteres hexadecimais contidos em cada campo de 8-bits da mensagem
Bits por Byte	1 bit de início 8 bits de dados 1 bit de paridade; nenhum bit caso sem paridade 1 bit de parada se paridade é usada; 2 bits caso sem paridade
Checação de Erro	Cyclical Redundancy Check (CRC)

Tabela 2.2: Formato de Byte no Modo RTU

### Modos de Operação

Uma rede Modbus padrão pode operar segundo dois modos de transmissão: ASCII ou RTU. Esses modos definem como a informação será contida e decodificada nos campos de mensagem. Quando os controladores são dispostos a se comunicar utilizando o modo ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*), cada byte em uma mensagem é enviado como dois caracteres ASCII. A maior vantagem desse modo é que ele permite que intervalos de cerca de um segundo entre caracteres ocorram sem causar um erro. A Tabela ?? demonstra o formato de 1 byte em operação no modo ASCII.

No modo de operação RTU (*Remote Terminal Unit*), cada byte (8 bits) presente em uma mensagem é composto por dois conjuntos de 4 bits de caracteres hexadecimais. A maior vantagem desse modo é que por haver uma maior densidade de caracteres em uma mensagem, há uma maior taxa de transferência neste com relação ao modo ASCII (considerando uma mesma taxa de transmissão). Devido a essas vantagens, neste trabalho, optou-se por utilizar o protocolo Modbus em modo RTU. Neste modo, cada mensagem deve ser transmitida em um fluxo contínuo de caracteres. A Tabela ?? demonstra o formato de 1 byte no modo de operação RTU.

Na prática, se em um sistema Modbus, determinado equipamento escravo falha, ou é separado da rede, o mestre pode identificar o equipamento falho e após o reparo, a rede pode ser conectada novamente automaticamente. Assim, pode-se dizer que o protocolo

Modbus é confiável em relação à falhas desse tipo [?].

Além desses dois modos de operação em serial, existe também o protocolo Modbus/TCP, em que o controle de acesso ao meio se dá via CSMA-CD (em rede Ethernet) com o modelo cliente-servidor. Esse modo de operação não foi considerado nesse trabalho, visto que a comunicação serial mostrou-se suficiente para a aplicação desenvolvida.



---

## Capítulo 3

# Implementações

---

A aplicação desenvolvida envolve a comunicação entre o CLP WEG TPW-03, o microcontrolador NOVUS N2000 e o *software* de teste desenvolvido no Elipse SCADA. Os sensores serão fisicamente ligados ao CLP e ao controlador da NOVUS. Para que os valores desses elementos sejam observados pelo sistema supervisor, há a necessidade de se estabelecer a comunicação entre todos os elementos.

Como o trabalho é baseado nas instalações físicas nos laboratórios do LAMP, é necessário que um total de 17 sensores de temperatura e dois de pressão sejam lidos pelo sistema final descrito no item 2.1 desse trabalho. A fim de tornar os testes mais rápidos e simples de serem executados, foram utilizados apenas dois sensores de temperatura (PT100). Visto que a lógica de obtenção de dados dos sensores é similar tanto para somente um, quanto para um valor  $N > 1$  de sensores, o fato de se utilizar apenas dois sensores não compromete o objetivo final de comunicar todos os 19 sensores do sistema de simulação de poços petrolíferos do LAMP.

### 3.1 Comunicação

Para haver uma leitura dos sinais dos sensores através do TPW-03, há a necessidade da conexão de módulos analógicos, uma vez que o módulo padrão do TPW-03 60HT-A não dispõe dessas entradas. Devido a isso, optou-se por utilizar o módulo de expansão do tipo 8AD. Esse módulo comporta oito entradas analógicas, sendo possível a leitura de até oito sensores cada. Para um projeto que precise utilizar mais de oito sensores, até 60 canais de entradas e 10 canais de saídas analógicas podem ser expansíveis ao módulo básico do TPW-03 (para o modelo 60H) utilizando mais módulos AD.

A Figura ?? demonstra a arquitetura da rede de comunicação do sistema considerado nesse trabalho.

A interligação dos sensores ao TPW-03 é feita segundo o manual de instalação do CLP



Figura 3.1: Arquitetura da Aplicação.

[?]. A Figura 3.2 apresenta o sistema de ligação de dispositivos externos, ao controlador. De acordo com o esquema de ligação apresentado, deve-se conectar o sensor à fonte de alimentação chaveada (utilizou-se uma fonte do tipo PSS24-W/2.5, 24Vdc 60W da WEG). Esse esquema de ligação é disponibilizado pelo próprio fabricante.

Como era necessária a conexão de apenas um sensor de temperatura (PT100) utilizou-se apenas o primeiro canal AD. Assim, em resumida explicação, conecta-se o polo positivo do PT100 à saída de tensão positiva da fonte de alimentação, o polo negativo do sensor ao pino A0 da expansão analógica do CLP, e a saída negativa da fonte de alimentação conecta-se ao pino C0 da expansão do controlador.

Para que ocorra a ligação do sensor PT100 com o microcontrolador da NOVUS, para o caso de sinais de corrente de 4 - 20mA, o fabricante indica a conexão apresentada na Figura ?? . O pino positivo do PT100 é ligado ao pino 17 do N2000; o negativo do PT100 liga-se ao pino 22 do microcontrolador; e liga-se o pino 18 do aparelho da NOVUS ao seu pino 24.

### 3.1.1 Protocolo de Comunicação

Uma vez interligados os sensores aos controladores, há a necessidade da comunicação entre ambos, juntamente com o PC. Essa comunicação é feita de maneira serial via RS-485 utilizando o protocolo Modbus modo RTU, discutido no capítulo 2. A razão da escolha desse protocolo para interligação dos elementos do sistema se deu pela sua popularidade, eficiência, confiabilidade e facilidade de implementação no Elipse SCADA.

A implementação do protocolo Modbus no software da Elipse se dá através de um *driver* Modbus da própria *Elipse software*, disponível para *download* no próprio site da empresa. O software que comporta esse *driver* funciona sempre como mestre de uma rede

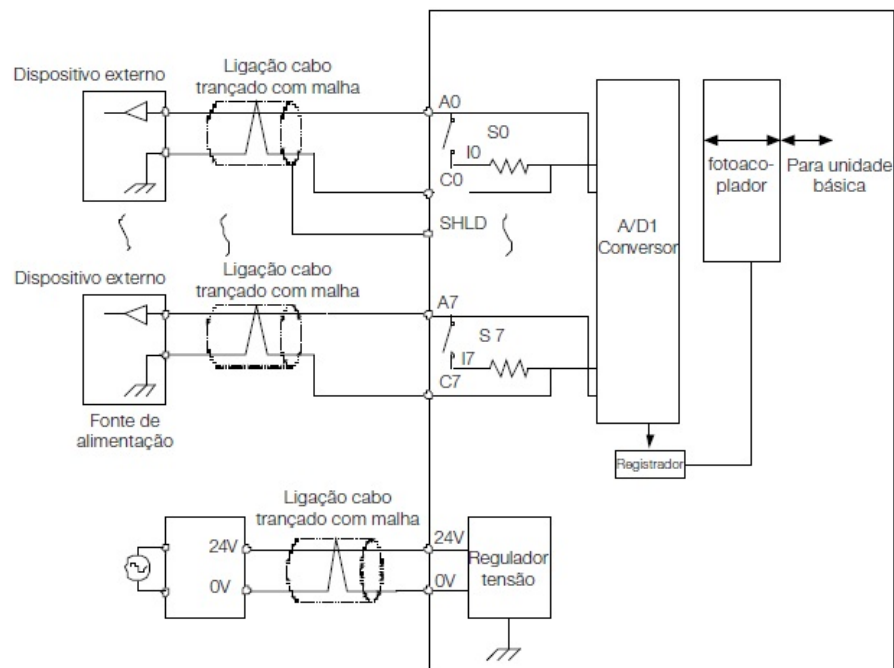


Figura 3.2: Especificação de ligação de dispositivos externos ao módulo de expansão TPW-03 8AD.

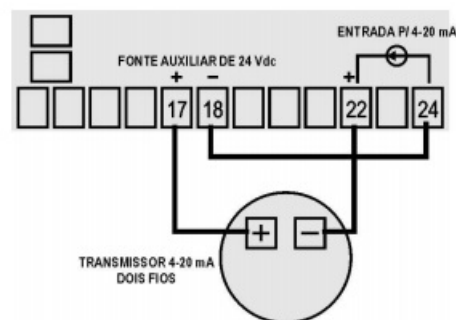


Figura 3.3: Especificação de ligação de dispositivos externos ao N2000 do tipo 4 - 20mA. [?]

Modbus, o que define o PC como o mestre da comunicação e *host* da aplicação SCADA.

O *driver* da Elipse foi desenvolvido utilizando uma biblioteca chamada IOKit, responsável por implementar a camada física, definindo parâmetros como: porta de comunicação, *baud rate*, bits de dado, paridade e bits de parada (para uma comunicação serial) [?].

## 3.2 Configurações dos parâmetros do WEG TPW-03

O TPW-03 modelo 60HT-A possui três portas de comunicação: porta de comunicação do PC; cartão de expansão TPW-03 232RS e TPW-03 485RS; e porta de comunicação RS485. Das três, utilizou-se a primeira e a última durante os experimentos descritos nesse trabalho. Para estabelecer a comunicação via porta do PC, utiliza-se um cabo serial conectado via USB ao computador.

Essa comunicação permite realizar Download/Upload de programas em LADDER e conexão do CLP como escravo Modbus. A comunicação do CLP com o PC por essa porta deve ser estabelecida através do software da WEG: TPW03-PCLINK. Nesse software, é possível selecionar a ferramenta de conexão e se estabelecer o link entre o dispositivo e o PC conforme a Figura ??.

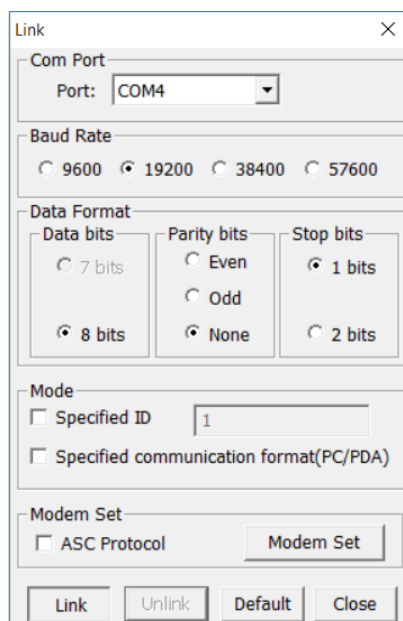


Figura 3.4: Link do CLP com o PC via TPW03-PCLINK

Nessa conexão define-se um *baud rate* de 19200, visto que é o *baud rate* padrão para as três portas [?][p.29]. Definiu-se dados no formato de 8 bits, sem paridade e 1 bit de parada. Esses parâmetros poderiam ser alterados contanto que os mesmos parâmetros sejam definidos em todos os dispositivos que se conectam na rede Modbus. É necessário também definir a porta de comunicação em que o CLP está conectado. No exemplo em questão, a conexão era estabelecida na COM4.

Após feito o link, é necessário programar o formato de comunicação e o *baud rate* no registro especial da comunicação no CLP. Para isso, o endereço D8321 deve ser configurado com um valor correspondente à comunicação desejada. Esse registrador é definido

especialmente para indicar parâmetros como o comprimento de dados, bit de paridade, *stop bit* e *baud rate* de acordo com a Figura ??.

Item	Bit	Descrição
Comprimento dos dados	(B0)	1: 8 bit
Bit de paridade	(B1,B2)	(0, 0): sem paridade (0,1): paridade ímpar (1, 0): paridade par
Stop bit	(B3)	(0): 1bit (1): 2bits
Baud rate (Kbps)	(B7,B6,B5,B4)	(0, 1, 1, 1) : 9,6 (1, 0, 0, 1) : 38,4 (1, 0, 0, 0) : 19,2 (1, 0, 1, 0) : 57,6

Figura 3.5: Programação de comunicação para a porta do PC (D8321) [?][p.30].

Considerando os parâmetros desejados, deve-se passar o valor binário de 10000001 para o registrador D8321, isso corresponde ao valor 81 em hexadecimal. Esse valor hexadecimal é movido para esse registrador na programação em LADDER (Figura ??).

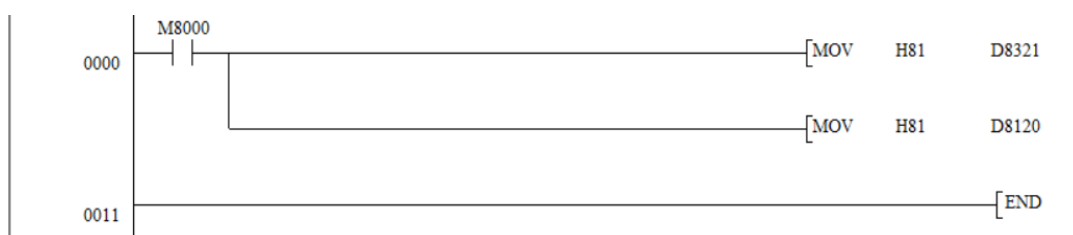


Figura 3.6: Programação em LADDER para configuração de comunicação.

No mesmo programa é possível definir os parâmetros para comunicação via RS485. Para isso, deve-se configurar o registrador D8120 com os parâmetros desejados conforme a Figura ?. Como deseja-se os mesmos parâmetros de comunicação, a configuração permanece a mesma, dessa forma, o valor 81 hexadecimal também deve ser passado para o registrador D8120.

Feita a programação em LADDER, realiza-se o download do programa para o CLP da WEG e o link com o software TPW03-PCLINK pode ser desfeito através da mesma ferramenta descrita na Figura ?.

### 3.2.1 Configuração do módulo 8AD

Para que o módulo de expansão analógica 8AD funcione corretamente de acordo com a aplicação desejada, é necessário programar a memória do sistema para que o mesmo atue corretamente sobre as unidades conectadas à ele. Essa programação é feita de acordo com a Figura ? com informações do fabricante.

Item	Bit	Descrição	
Comprimento dos Dados	(B0)	(0): 7 bits	(1): 8 bits
Bit de paridade	(B1,B2)	(0, 0): sem paridade (0, 1): paridade ímpar (1, 0): paridade par	
Stop bit	(B3)	(0) : 1 bit	(1) : 2 bits
Baud rate(Kbps)	(B7,B6,B5,B4)	( 0, 1, 1, 1): 9,6 (1, 0, 0, 0): 19,2 (1, 0, 0, 1): 38,4 (1, 0, 1, 0): 57,6	(1, 0, 1, 1): 76,8 (1, 1, 0, 0): 128 (1, 1, 0, 1): 153,6 (1, 1, 1, 0): 307,2
Caracter de início	(B8)	(0) : NO	(1) : Habilitado, default: STX (02H)
Caracter de Fim	(B9)	(0) : NO	(1) : Habilitado, default: ETX (03H)
Bits de Controle	(B10,B11,B12)	(0,0,0): Modo controle (controle- sem-hardware)→reservado	
Modo ModBus	(B13)	(0) : Modo RTU	(1) : Modo ASCII
0	(B14)	Reservado	
0	(B15)	Reservado	

Figura 3.7: Programação do formato de comunicação para RS485 (D8120)  
[?]

Memória do sistema		Programação		Valor padrão	Comentários
		20/30 pontos	40/60 pontos		
D8256	Programa o número de expansões do TP-02 4AD+	0 ~ 2	0 ~ 2	0	Quanto às unidades básicas (20/30 pontos), somente um grupo ou D8256 & D8258 ou D8257 & D8259 estão disponíveis para programação.
D8257	Programa o número de expansões de entrada analógica do TPW-03	0 ~ 1	0 ~ 7	0	
D8258	Programa os canais do TP-02 2DA+	0 ~ 2	0 ~ 2	0	
D8259	Programa o número de expansões de saída analógica do TPW-03	0 ~ 2	0 ~ 8	0	
D8260	Filtro de software AD (ver a próxima página para mais informações)	0: nenhum filtro de software 1 ~ 3: Modo filtro 1 ~ 3		0	
D8261	Modo de operação para o módulo AD: para programar os 4códigos HEX Hxxxx no registro D8261 ~ D8276. =0: Modo AD está desabilitado =1: Modo de entrada de tensão 0 ~ 10V (0 ~ 4000) =2: Modo de entrada de corrente 0~20mA (0 ~ 2000) =3: Modo de entrada de corrente 4 ~ 20mA ou modo de entrada de tensão 1 ~ 5V (0 ~ 2000) =4: PT100 =5: PT1000 =6: =7: =8: J-K			H0000	Canal AD 1 ~ 4
D8262					Canal AD 5 ~ 8
...					...
D8274					Canal AD 53 ~ 56
D8275					Canal AD 57 ~ 60
D8276					Canal AD reservado 61 ~ 64

Figura 3.8: Configuração do Modo de operação do módulo 8AD.  
[?][p.64]

Através do TPW03-PCLINK, configura-se os registradores (D8256 à D8276) com os valores desejados de operação do módulo. Na aplicação desenvolvida nesse trabalho, deseja-se apenas um módulo e que este opere em modo de entrada de corrente 4 - 20mA. Para isso, deve-se passar o valor decimal  $K = 1$  para o registrador D8257 que indica o número de expansões analógicas do TPW03. Além disso, o valor hexadecimal 3 deve ser

movido para o registrador correspondente aos canais analógicos que serão utilizados.

Conforme a figura ?? indica, foi passado o valor 'H3333' para o registrador D8261 para que as 4 primeiras entradas da expansão fossem habilitadas para leitura dos sensores no modo de operação 4-20mA.

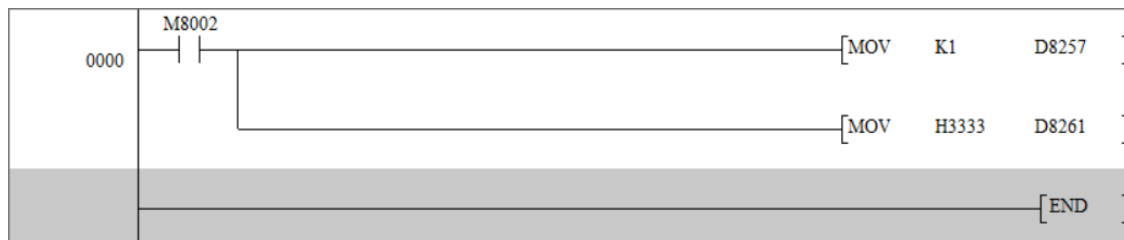


Figura 3.9: Programação em LADDER para configuração do módulo 8AD.

Observa-se também que o modo de operação 4 também indica a leitura específica de um aparelho PT100. Teoricamente, essa forma de operação também deve servir para os mesmos propósitos desejados aqui, porém os testes com essa forma de operação não foram realizados. A escolha do modo de operação 4-20mA em detrimento do modo PT100 foi feita para que caso se deseje conectar outro tipo de sensor que atue de 4-20mA ao CLP, este já esteja devidamente configurado para receber o aparelho.

### 3.3 Configuração dos parâmetros do NOVUS N2000

O controlador da NOVUS é capaz de se comunicar com o PC de maneira serial via RS485, também utilizando protocolo Modbus RTU. Para configurar a comunicação serial nesse controlador, deve-se alterar os valores das variáveis *bAud* e *Addr*. Como deseja-se que todos os integrantes da comunicação tenham o mesmo *baud rate* e configuração de bits, configura-se o *bAud* com o valor 4, o que corresponde a um *baud rate* de 19200, conforme indicado na tabela de registradores para comunicação serial do produto [?]. O parâmetro *Addr* corresponde ao identificador do controlador na rede Modbus. Nesse caso, conforme discute-se posteriormente, considera-se o N2000 como o segundo escravo da rede Modbus, atribuindo-se *Addr* = 2. A manipulação desses parâmetros do N2000 é realizada no próprio controlador, sem a necessidade de um software externo.

### 3.4 Comunicação com o Sistema Supervisório

Como mencionado na no item 3.1.1, a comunicação dos dois controladores com o PC se dá através do *driver* Modicon Modbus em sua versão v3.19 (IOKitLib v2.054), permi-

tindo com que a aplicação desenvolvida no Elipse se comunique com qualquer dispositivo escravo que implemente o protocolo Modbus.

Os parâmetros de comunicação Modbus podem ser configurados através do *Organizer* dentro do Elipse SCADA. Seleciona-se o *Driver Modbus* e na aba de opções *Extras*, define-se o modo de aplicação (*RTU Mode*) e com *Data Address Model Offset = 0* visto que o endereçamento das memórias dos controladores utilizados iniciam-se de 0. Na aba *Operations*, define-se as operações de leitura e escrita que podem ser utilizadas. Na aba *Setup*, define-se a camada física (Serial para essa comunicação) e dependendo da opção escolhida nessa aba, configura-se a comunicação nas abas subsequentes. Para o caso de uma comunicação serial, define-se a porta de comunicação, o *Baud Rate*, *Data Bits*, *Paridade* e *Stop Bits*. Esses parâmetros são configurados com os mesmos valores discutidos anteriormente para os dois controladores.

Uma vez configurados os parâmetros de comunicação do TPW-03 e do N2000, pode-se fazer a ligação desses dispositivos com o Elipse SCADA e ter-se um sistema supervisor capaz de atuar sobre os controladores.



---

## Capítulo 4

# Aplicação e Testes

---

### 4.1 Desenvolvimento do Sistema Supervisório

O sistema supervisório é desenvolvido através de uma aplicação no Elipse SCADA. A finalidade desse sistema é a seguinte: através da comunicação Modbus, deve se feita com sucesso a leitura de dois sensores de temperatura, sendo um deles ligado ao módulo analógico do TPW-03 e o outro ao N2000 e demonstrar graficamente a variação dos valores descritos por eles quando submetidos à mudanças de temperatura.

Tendo em vista o objetivo do sistema, cria-se em uma tela, dois objetos do tipo 'Guage' que irá indicar o valor de temperatura apontado pelos sensores, um 'Trend Graph' que plota a temperatura descrita nos sensores a cada 0.5 segundos e um 'Bar Graph' que torna mais clara a observação da diferença de temperatura que cada sensor está medindo em determinado instante de tempo. A interface desenvolvida é observada na Figura ??.

Utilizando a ferramenta *Organizer* do Elipse SCADA, criam-se duas *tags* do tipo PLC, as quais irão armazenar as variáveis que indicam os valores das temperaturas fornecidas pelos sensores. Como essa aplicação consiste em um teste de conexão e leitura de apenas dois sensores, a utilização da *tag* PLC atende aos requisitos do trabalho, visto que uma delas será associada ao TPW-03 (escravo 1) e a outra ao N2000 (escravo 2). Para sistemas maiores, com mais sensores a serem lidos, é mais conveniente a utilização da *tag* Bloco PLC para os mesmos fins.

As *tags* PLC e Bloco PLC funcionam de maneira similar, ambas são utilizadas para comunicação porém a primeira solicita apenas um endereço por consulta ao CLP, enquanto a segunda solicita vários endereços consecutivos em uma só chamada da função associada à *tag*.

A Figura ?? demonstra a tela do *Organizer* para a aplicação descrita. A fim de realizar a leitura dos sensores, deve-se configurar os parâmetros *N1*, *N2*, *N3* e *N4*. Esses parâmetros são específicos de cada *tag*. No caso da *tag* PLC, temos os parâmetros:

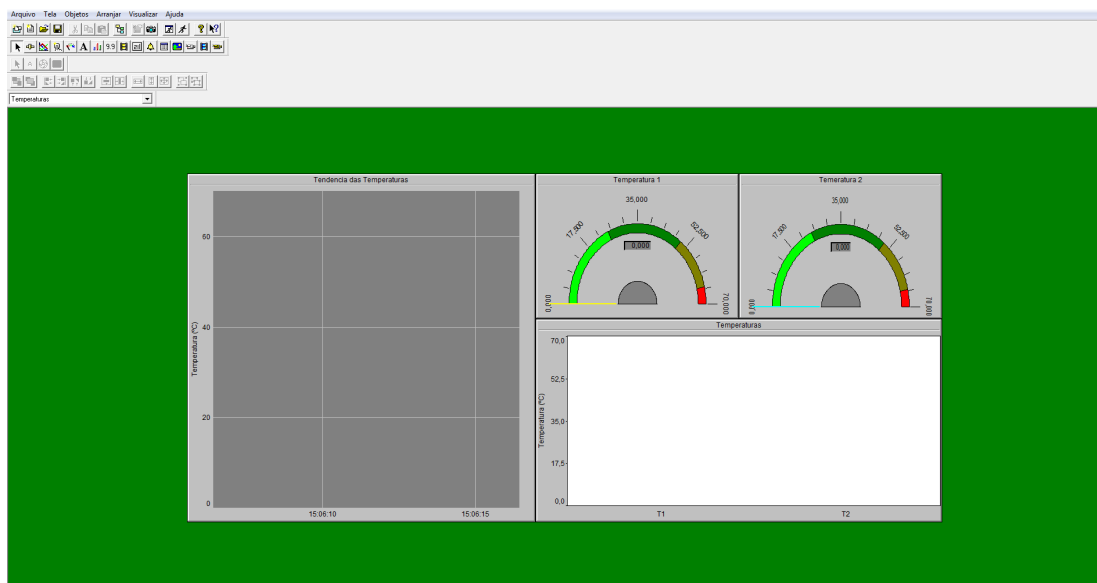


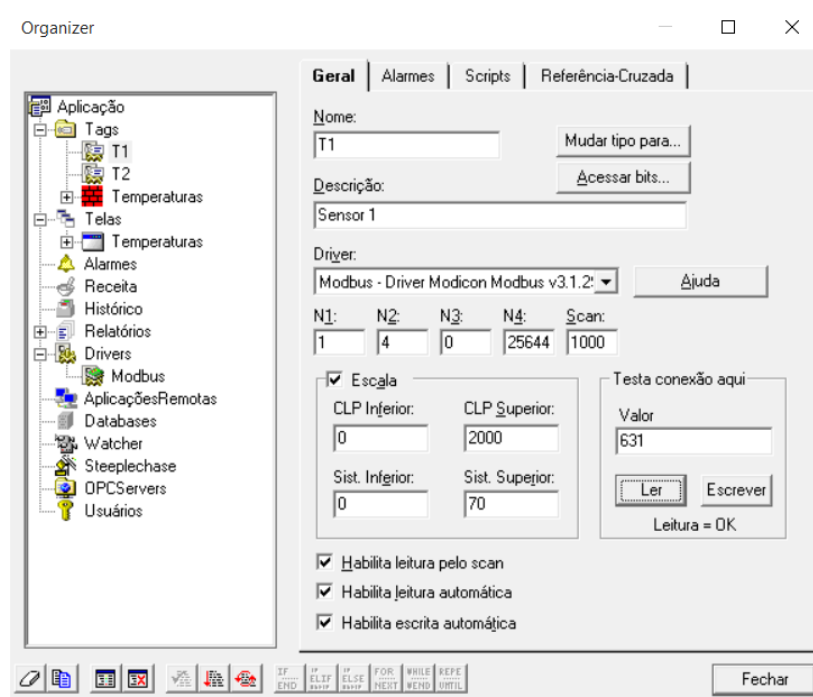
Figura 4.1: Interface da Aplicação

- $N1$ : indica o endereço do equipamento (*Slave Id*) para o TPW-03, primeiro escravo, configura-se  $N1 = 1$ .
- $N2$ : indica o código da operação que será realizada. Nesse caso, deseja-se realizar uma leitura de um valor analógico, portanto deve-se escolher a operação que contenha uma função de leitura do tipo "*3 - Read Holding Registers*" a operação de número  $N2 = 4$  contém essa função (caso as operações padrões do *driver* não tenham sido alteradas). Para observar, adicionar ou remover operações, deve-se verificar as configurações de operações do *driver Modbus*.
- $N3$ : parâmetro não utilizado pelo *driver Modbus*, logo,  $N3 = 0$ .
- $N4$ : indica o endereço do registro Modbus sobre o qual a *tag* irá atuar, variando de acordo com a porta física onde o aparelho a ser lido está inserido.

O valor de  $N4$  irá depender do endereçamento Modbus de cada equipamento. Para o TPW-03, o valor decimal utilizado (25644) observado na Figura ??, corresponde ao endereço de memória  $D8436$  [?], o qual define o endereço Modbus da primeira entrada analógica do módulo de expansão 8AD (A0), onde o sensor de temperatura (correspondente à *tag T1*) é ligado.

Para o N2000, o valor de temperatura é armazenado na variável de processo (PV), correspondente ao endereço Modbus de número 0001 [?]. Desse modo, o valor 0001 é estabelecido em  $N4$  na *tag T2*.

O valor definido na *Escala* depende da resolução do sinal analógico gerado pelo CLP. No caso do TPW-03, utilizou-se o modo de entrada de corrente 4 - 20mA para conectar

Figura 4.2: *Organizer* da aplicação

os sensores, o que nos dá uma resolução de 0 à 2000 unidades [?][p.65]. Dessa forma, configura-se a escala de 0 à 2000 unidades para o CLP indicando uma variação de temperatura proporcional de 0 a 70 °C. Essa faixa de temperatura é estabelecida de acordo com os valores aos quais os transmissores dos sensores estão configurados.

A configuração do modo de operação do módulo 8AD é feita através da programação em Ladder no TPW03-PCLINK conforme explicado no item 3.2.1.

## 4.2 Testes Desenvolvidos

Feita a configuração de todos os parâmetros, associa-se as *tags* a cada objeto criado através da própria tela da aplicação. Isso fará com que os objetos mostrem os valores lidos pelas *tags* que representam as temperaturas dos sensores conectados aos controladores, logo, as medidas desejadas são mostradas nos elementos. Um exemplo da aplicação em atividade é observado na Figura ??.

Observa-se que os valores das temperaturas medidas nos dois sensores estão mostrados em todos os elementos da aplicação. Para testar o sistema, variou-se a temperatura nos dois sensores, conforme é observado no gráfico 'Tendência das Temperaturas'. O sensor que estava conectado ao TPW03 foi submetido à um aumento de temperatura simulado

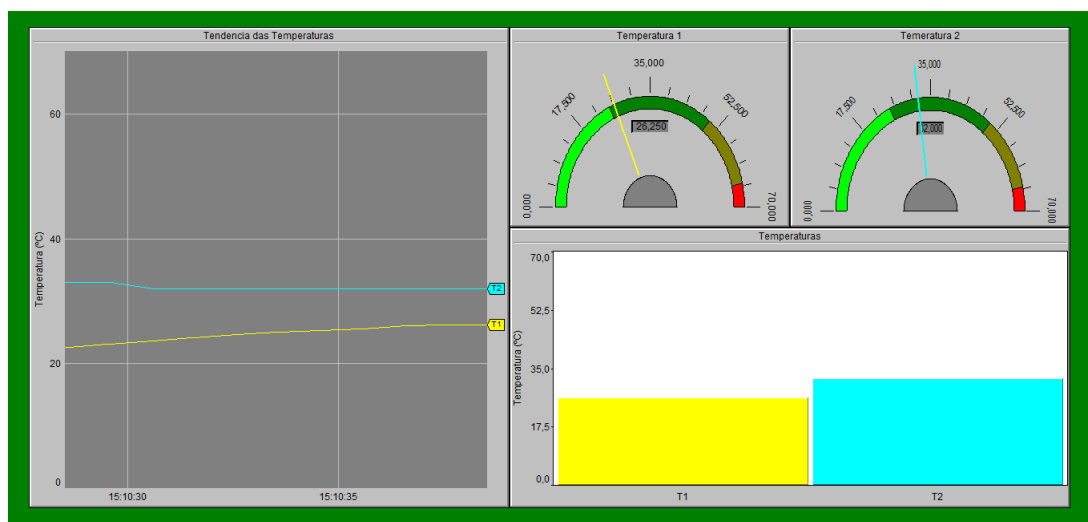


Figura 4.3: Aplicação em Execução

pelo contato dele a um corpo mais quente (temperatura de uma mão humana) enquanto o sensor conectado ao controlador N2000 foi submetido à uma diminuição de temperatura simulada por um copo de água gelada. As temperaturas obtidas durante o teste são coerentes, variando entre cerca de 20°C e 35°C.

---

# Capítulo 5

## Conclusão

---

Ao realizar uma análise desse trabalho, pode-se afirmar que o mesmo sucedeu-se de maneira satisfatória, sendo possível afirmar que os principais objetivos foram cumpridos.

Durante a execução do trabalho, foram realizadas pesquisas acerca de sistemas industriais, controladores lógicos programáveis, sistemas de supervisão e instrumentação, além da realização de experiências práticas com equipamentos eletrônicos e industriais. Sendo assim, foi possível identificar características, vantagens e desvantagens da utilização de diferentes equipamentos e tecnologias para desenvolvimento de uma aplicação industrial tal qual a descrita nesse projeto.

Foi estabelecida a comunicação entre o CLP TPW03 da fabricante WEG, o controlador de processos N2000 da NOVUS e um sistema de supervisão desenvolvido no Elipse SCADA de maneira eficiente, testada com a leitura de sensores de temperatura.

Todo o processo desenvolvido durante o trabalho foi documentado e demonstrado de maneira objetiva, de modo que é possível que outras pessoas podem seguir passo a passo o que foi feito e conseguir criar um sistema supervisório simples e estabelecer uma comunicação entre ele e diferentes tipos de CLPs, apenas tendo em mente às diferenças entre um equipamento e outro, tais quais: a configuração dos parâmetros de comunicação, a observação dos endereços Modbus (que variam para cada equipamento) e as funções utilizadas para realizar a leitura, escrita dentre outras operações sobre uma *tag* associada à um equipamento.

### 5.1 Dificuldades Encontradas

Muito do que foi desenvolvido durante esse projeto baseou-se em tecnologias que variavam de acordo com cada fabricante, devido à isso, uma grande quantidade de tempo foi investida somente entendendo manuais de instalação e programação de cada equipamento e software. Além disso, a montagem do sistema também demandava tempo, visto que a

quantidade de ligações entre elementos era considerável e algumas vezes necessitavam ser desfeitas.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Através do que foi descrito nesse trabalho, em continuidade à ele, é possível desenvolver um sistema supervisor mais completo que capte outros dados da planta industrial presente nas instalações do LAMP. Assim, pode-se realizar o monitoramento de todos os sensores utilizando as mesmas técnicas, somente ampliando o sistema para a leitura de um número superior de sensores. Além disso, aplicando equipamentos extras ao sistema, como módulos de expansões que contenham saídas analógicas, também torna-se possível a manipulação de válvulas através do sistema SCADA.

Nesse trabalho não foram considerados testes de entradas e saídas digitais, porém a lógica para a leitura e escrita dessas portas é similar à leitura e escrita analógica no Elipse SCADA, diferindo apenas em relação às operações, sendo necessária a seleção da função adequada às operações com variáveis digitais no software da Elipse. Desse modo, pode-se também inserir elementos digitais ao sistema como botões e chaves, por exemplo.

### 5.2.1 Outras Técnicas de Comunicação

Atualmente, o protocolo Modbus possui também um modo de operação variante via Ethernet, o chamado Modbus TCP/IP que é baseado na utilização dos protocolos TCP/IP. Esse tipo de protocolo também pode ser considerado para a obtenção de dados de sistemas industriais em substituição às conexões via RS-485 e RS-232. Uma consideração futura seria estabelecer um estudo da necessidade e viabilidade de uma conexão desse tipo nos sistemas supervisórios a serem desenvolvidos. Estudos como esse podem partir de softwares similares aos descritos aqui, realizando a alteração do modo de execução Serial para Ethernet no *driver* Modbus.

### 5.2.2 CLPs como mestres de uma rede Modbus

Nesse trabalho, o software de supervisão mestre é desenvolvido na plataforma Elipse SCADA, porém outros sistemas, pode se desejar a atuação do software supervisor como escravo de uma rede Modbus. Para uma rede em que se tenham diversos CLPs, pode ser interessante a comunicação entre um CLP mestre e outros controladores escravos e posteriormente a ligação do CLP (mestre em relação aos outros CLPs) com o sistema su-

pervisório. Nessa situação, o supervisório estaria agindo inicialmente como escravo da comunicação e posteriormente como mestre. Para que o Elipse SCADA atue como escravo de uma comunicação Modbus, deve haver a substituição do *driver Modcon Modbus* pelo driver *Modbus Slave*[?] também disponibilizado pela Elipse.