



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE**  
**CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



**IRINEU MADAZIO NETO**

**SISTEMA SUPERVISÓRIO DESTINADO A APLICAÇÃO EM UMA**  
**PLANTA DIDÁTICA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**Ouro Preto, 2019**

**IRINEU MADAZIO NETO**

**SISTEMA SUPERVISÓRIO DESTINADO A APLICAÇÃO EM UMA  
PLANTA DIDÁTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karla Boaventura  
Pimenta Palmieri

**Ouro Preto  
Escola de Minas – UFOP  
Dezembro/2019**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

N469s Neto, Irineu Madazio .  
Sistema Supervisório Destinado a Aplicação em uma Planta Didática  
[manuscrito]: Sistema Supervisório Destinado a Aplicação em uma Planta Didática .  
/ Irineu Madazio Neto. - 2019.  
51 f.: il.: color., tab..

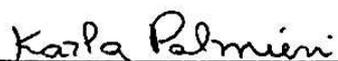
Orientadora: Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de  
Minas.

2. Automação industrial. 3. Controladores programáveis . 4. Revolução industrial  
- Indústria 4.0. 5. Sistemas de controle supervisão -Elipse e3. I. Palmieri, Karla  
Boaventura Pimenta. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

Monografia intitulada SISTEMA SUPERVISÓRIO DESTINADO A APLICAÇÃO EM UMA PLANTA DIDÁTICA e aprovada, em 16 de Dezembro de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



---

Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Orientadora



---

BSc. Fernando dos Santos Alves Fernandes – Convidado



---

Prof. Engenheiro Gradimilo Cândido de Jesus – Convidado

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar saúde e resiliência para percorrer esse caminho, ao meu pai que sempre caminhou ao meu lado mesmo em meus pensamentos e coração, a minha mãe por toda fibra e ter feito esse sonho possível, a minhas irmãs por terem sido um exemplo a ser seguido. A Maria Clara por ter feito parte da minha caminhada e ter me dado apoio quando precisei. A Universidade Federal de Ouro Preto, departamento de Engenharia de Controle e Automação e a todos os mestres presentes por ter me mostrado novos caminhos e por terem transmitidos seus conhecimento. A professora Karla por toda orientação. Aos amigos que fiz durante essa jornada, em especial ao Grupo de Mentiras. Por fim a todos que de alguma forma estiveram ao meu lado e hoje compartilham esse momento.

## RESUMO

Este trabalho tem por finalidade expor o cenário da automação industrial, seus atuadores em processos, as suas contribuições e suas principais influências. São apresentadas características de alguns atuadores, sendo destacadas as características dos sistemas supervisórios assim como diferenças entre os principais sistemas presentes no mercado atual. Propõe-se neste trabalho a aplicação de um sistema supervisório para controle de nível e temperatura em tanques d'água de uma planta didática. São discutidos os resultados obtidos com a utilização do sistema supervisório e a importância de se aplica-lo em um processo.

**Palavras-chave:** Sistema supervisório, automação industrial, controlador lógico programável, indústria 4.0, Eclipse E3.

## ABSTRACT

This work aims to expose the industrial automation scenario, its process actuators, their contributions and main influences. Characteristics of some actuators are presented, highlighting the features of supervisory systems as well as differences between the main systems of the current market. This paper proposes to apply a supervision system for level and temperature control in water tanks of a didactic plant. The results obtained from the use of the supervision system and the importance of its application in the process are discussed.

**Keywords:** Supervisory system, industrial automation, programmable logic controller, industry 4.0, Elipse E3.

## LISTA DE ABREVIATURAS

CLP – Controlador lógico programável

CPU – *Central Processing Unit*

E/S – Entrada/Saída

ERP – *Enterprise Resource Planning*

IHM – Interface Homem Máquina

IoT – *Internet of Things*

LD – Diagrama ladder

MES – *Manufacturing Execution System*

NA – Normalmente Aberto

NF – Normalmente Fechado

PC – *Personal Computer*

PID – Proporcional Integrador Derivativo

RTU – *Remote Terminal Unit*

SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*

SDCD - Sistemas Digitais de Controle Distribuídos

TECIND – Laboratório de Tecnologia Industriais

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de programação em linguagem ladder .....	18
Figura 3.2 – Exemplo de programação em linguagem ladder .....	18
Figura 3.3 – Pirâmide da Automação .....	19
Figura 4.1 – Exemplo de Sistema Supervisório .....	23
Figura 4.2 – Exemplo de Sistema Supervisório .....	23
Figura 4.3 – Esquema básico de um sistema de supervisão e controle .....	25
Figura 4.4 – Comunicação de um sistema de supervisão .....	25
Figura 4.5 – Tela Sistema Supervisório Elipse E3 .....	28
Figura 4.6 – Tela Sistema Supervisório Elipse E3 .....	28
Figura 4.7 – Tela Sistema Supervisório Wonderware Intouch .....	29
Figura 4.8 – Tela Sistema Supervisório Wonderware Intouch .....	29
Figura 4.9 – Tela Sistema Supervisório ScadaBr .....	31
Figura 4.10 – Tela Sistema Supervisório ScadaBr .....	31
Figura 4.11 – Tela Sistema Supervisório Lintouch .....	32
Figura 4.12 – Tela Sistema Supervisório Simatic Wincc .....	33
Figura 4.13 – Tela Sistema Supervisório Simatic Wincc .....	33
Figura 4.14 – Tela Sistema Supervisório FactoryTalk View SE .....	34
Figura 4.15 – Tela Sistema Supervisório FactoryTalk View SE .....	33
Figura 5.1 – Sensor de Nível .....	35
Figura 5.2 – Sensor Ultrassônico .....	36
Figura 5.3 – Válvula solenoide EVA 01 .....	36
Figura 5.4 – Eletrobomba de água. ....	37
Figura 5.5 – Arduino Uno .....	37
Figura 5.6 – CLP Duo .....	38
Figura 5.7 – Tela inicial do software MasterTool IEC .....	38
Figura 5.8 – Montagem detalhada com os respectivos componentes.....	39
Figura 5.9 – Tela inicial do Elipse E3 .....	40
Figura 5.10 – Tela pra inserção de elementos gráficos .....	41
Figura 5.11 – Tela pra inserção de elementos gráficos .....	41
Figura 5.12 – Tela após inserção de elementos gráficos .....	42
Figura 5.13 – Tela comunicação .....	42

Figura 5.14 – Tela comunicação .....	43
Figura 5.15 – Tela comunicação .....	43
Figura 5.16 – Tela comunicação .....	44
Figura 5.17 – Tela associação de sinais .....	44
Figura 5.18 – Tela associação de sinais .....	45
Figura 5.19 – Tela inicial controle de tanques .....	45
Figura 5.20 – Tela controle de tanques .....	46

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 3.1 – Exemplo de alguns elementos básicos da linguagem ladder .....	19
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
2.2	Objetivos Específicos .....	13
2.3	Estrutura do Trabalho .....	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
3.1	Automação industrial .....	14
3.2	Industria 4.0 .....	15
3.3	SDCD .....	16
3.4	Controle Lógico Programável .....	17
3.5	Pirâmide da Automação .....	19
<b>4</b>	<b>SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
5.1	Materiais .....	35
5.2	Controle do Processo .....	39
5.3	Resultados .....	47
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A informática industrial tem evoluído muito nos últimos anos devido ao aprimoramento da computação e tecnologias, com isso vem permitindo uma melhor criação de interfaces homem-máquina, como também criar sistemas mais confiáveis e precisos.

O mercado atual vem com constante crescimento, e com ele existe uma maior disputa por espaço, a utilização de Sistemas Supervisórios, também conhecidos como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), permite que as empresas sejam mais competitivas, visto que conseguem se adequar rapidamente ao ambiente industrial e as adversidades, assim como obter melhor precisão no processo, melhores tempos de produção, flexibilidade, controle do processo e variáveis, com isso um produto com maior qualidade, ou com um custo mais baixo, de forma a atender os consumidores cada vez mais exigentes.

Feita a comunicação junto ao Controlador Lógico Programável - CLP, os sistemas supervisórios permitem que a planta seja verificada em diversas etapas do processo, relatórios detalhados do ambiente e em tempo real, são utilizados de maneira a prevenir possíveis falhas no processo, utilizando de alarmes e registros. A grande importância de um sistema supervisório está no fato de ter um controle preciso, visível através de telas, alarmes, relatórios, e com isso pode-se ter um banco de dados vasto do processo, determinar melhorias ao longo de sua utilização, podendo esses sistemas gerenciar processos de todas as naturezas e tamanhos, com diferentes graus de complexidade, o que reflete também a sua importância no controle de processos mais rígidos como a indústria farmacêutica.

Existem no mercado diversos *softwares* de supervisão, contendo estes diversos sistemas operacionais diferentes, com diferentes pacotes de recursos e funcionalidades, alguns necessitam de licença para sua utilização e outros são disponíveis sem a necessidade de aquisição da licença para operar. Dentre os sistemas supervisórios mais conhecidos, pode-se citar o o ScadaBR, Elipse E3, Siemens WinCC, Wonderware Intouch, Rocwell Automation FactoryTalk View SE, General Eletric iFix, Schneider Eletric Vijeo Citect, dentre outros que se encontram disponíveis no mercado.

Neste trabalho há uma implementação de um sistema supervisor, utilizando a plataforma do *software* Elipse E3 para controle de temperatura e nível em tanques de uma planta didática desenvolvida no laboratório de Tecnologias Indústrias da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é desenvolver e implementar a supervisão em um sistema de nível e temperatura de uma planta didática, construída no laboratório de tecnologias industriais, através do *software* de sistema supervisorio da plataforma Elipse E3 e apresentar outros sistemas supervisorios disponíveis no mercado atual, bem como os impactos em um projeto.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Estudo teórico acerca dos processos industriais, *hardwares* e *softwares* que constituem os processos atuais de produção e controle;
- Estudo acerca dos sistemas supervisorios visando sua composição e funcionamento;
- Expor sistemas supervisorios disponíveis no mercado;
- Estudo da aplicação do sistema supervisorio na plataforma ELIPSE E3 para um projeto já existente;
- Discussão dos resultados obtidos.

### 2.2 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em cinco capítulos, no primeiro capítulo faz-se uma introdução acerca do assunto exposto neste trabalho. No segundo capítulo, são colocados os objetivos e estrutura do trabalho proposto. Segue-se de um levantamento teórico a respeito do assunto, apresentando-se temas importantes a respeito da automação nos processos industriais atuais e suas contribuições. Capítulo quatro é destinado a expor de forma mais detalhada sistemas supervisorios, suas principais características e alguns dos principais sistemas disponíveis no mercado atual. Por fim apresenta-se a metodologia seguida da conclusão e referências bibliográficas que possibilitaram desenvolver esse trabalho.

### 3. Revisão da Literatura

#### 3.1. Automação industrial

Automação descreve um conceito amplo, aonde são utilizados de sistemas de controles no intuito de eliminar tarefas repetitivas, riscos, assim como aumentar a velocidade da realização das mesmas, são estes, sistemas apoiados nas utilizações de computadores, sistemas programáveis, robôs, sistemas supervisórios, CLP's, sistemas de aquisições de dados, dentre outros dispositivos.

Segundo Rosário (2005) a automação industrial é uma tecnologia que integra a eletrônica, através dos *hardwares*, a mecânica, por meio dos dispositivos atuadores, e a informática, com os *softwares*. A união dessas áreas possibilita o gerenciamento e controle de processos nas indústrias.

Automação industrial tendo evoluído, passou a assumir um passo importante nos processos industriais, através dos avanços tecnológicos, melhorias de sistemas, expansão do mercado nessa área. Viu-se a necessidade cada vez maior da implementação da automação em diferentes níveis do processo, desde ao chão de fábrica até níveis como a distribuição ao consumidor. Porém, na automação pode-se variar de acordo com a necessidade de sua utilização assim como o grau de complexidade com o qual ela é empregada em um processo, pode-se ter níveis de automação mais simples aonde há a interferência do homem no processo, assim como processos bem sofisticados aonde há a utilização de inteligências artificiais que tomam as melhores decisões de acordo com o levantamento de dados adquiridos em tempo real.

A utilização da automação industrial permitiu um grande aumento no volume de produção, diminuiu falhas ao longo do processo, reduziu-se o risco na execução de tarefas, de perdas, permitiu-se um melhor gerenciamento das partes do projeto, com tudo isso aumentou-se a qualidade dos produtos, assim como o surgimento de novas etapas que não eram possíveis antes da utilização da automação industrial. Um grande avanço é importante em salientar, é flexibilidade de produção, visto que pode-se mudar os processos de acordo com as necessidades, ou decisões tomadas pelos responsáveis, de forma mais rápida e eficaz, eliminando-se a parte de treinamentos ou aquisições de novos maquinários.

### 3.2. Indústria 4.0

Com tantas evoluções nos sistemas tecnológicos, como *hardwares* mais potentes, *softwares* com maiores capacidades e funcionalidades, hoje se fala em uma quarta revolução industrial, chamada de indústria 4.0.

Segundo Coelho (2016) as fábricas serão muito mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Coelho (2016) diz que é uma fábrica que faz produtos inteligentes, em equipamentos inteligentes, em cadeias de abastecimento inteligentes

Atualmente em quase todos os setores do mercado ouve-se falar do termo indústria 4.0 e as mudanças que isso irá trazer na forma de pensar, produzir, organizar e gerir as tarefas, e aonde o ser humano irá se encontrar dentro desses processador produtivos. O impacto causado pela chegada da indústria 4.0 hoje é muito grande, e evolui de forma cada vez mais crescente, o que causa uma desigualdade ainda maior entre empresas desenvolvidas e não desenvolvidas, o que ocasiona a criação de setores especificamente destinados a desenvolvimentos de processos, sistemas, como também a busca por estes já existentes para aquisição.

Com a evolução da internet, hoje tem-se diversos dispositivos conectados à rede de diferentes formas, a comunicação entre eles torna as etapas de produção de forma mais dinâmica e essencial para o sucesso do projeto, hoje a distância torna-se um fator cada vez mais irrelevante, visto que pode-se ter acesso às informações de diferentes localizações, dispositivos, formas (*online*, aplicativos, e-mails, etc.), tomar decisões e emitir relatórios aos responsáveis caso isso se faça necessário. Nos dias atuais a chegada da indústria 4.0 não se dá apenas na etapa de produção, visa-se também o avanço na forma de aquisição dos produtos, escolha, e acompanhamento quando os adquiridos.

Nessa abordagem, as máquinas usam auto-otimização, autoconfiguração e até mesmo inteligência artificial para completar tarefas complexas, a fim de proporcionar eficiências de custo muito superiores e bens ou serviços de melhor qualidade BAHRI (2016 apud Santos et al., 2018, p.112). Esses sistemas conectados através da Internet of Things (IoT) interagem uns com os outros, usando protocolos padrão baseados na internet, e analisam dados para prever falhas e adaptar-se às mudanças (THE BOSTON CONSULTING GROUP apud Santos et al., 2018, p. 112).

### 3.3. SDCD

Muitos sistemas de controles necessitam operar em condições de trabalho aonde o tempo é fundamental para se obter excelência no resultado esperado, por isso a utilização de sistemas em tempo real é fundamental na automação de processos, na elaboração de projeto e tomadas de decisões no gerenciamento de funções.

Sistemas de controles centralizados, hoje estão dando lugar aos sistemas digitais de controle distribuídos (SDCD), aonde existe a comunicação entre diversos atuadores do sistema com acesso a suas informações em tempo real, com isso tem-se uma melhor eficácia em comparação aos sistemas antes centralizados. Sistemas centralizados tendem a causar falhas catastróficas como a interrupção inteira do processo por falha em um controlador lógico programável (CLP), grande volume de cabos, e a necessidade de amplificação de sinais gerados pelos sensores distantes ao CLP, o que causa também à amplificação de ruídos, deixando os dados não tão confiáveis.

Com o progresso e barateamento do desenvolvimento de semicondutores surge a tendência em se utilizar a topologia de decisão distribuída, o que permite facilmente o incremento da confiabilidade, redução no cabeamento, diminuição no custo de instalação e escalabilidade. (PEREIRA, 2006).

A tecnologia de meio distribuído suporta uma diversidade grande de meios de comunicação. Pereira (2006) afirma que essa tecnologia envolve não apenas um módulo que permite flexibilidade e facilidade de implementação, mas a utilização de múltiplos módulos inteligentes (que se comunicam através de um protocolo de comunicação com padrão aberto).

Tecnologias de sistemas distribuídos simplificam o projeto e tornam o processo cada vez mais integrado e com dados mais confiáveis ao longo dos sistemas e atuadores, reduzindo falhas e aumentando-se a qualidade das partes.

### **3.4. Controlador Lógico Programável**

Os controladores lógicos programáveis, são amplamente utilizados nos processos atuais, consistem de um sistema programável para executar uma tarefa ou várias tarefas, podendo elas ser condicionais ou não.

Pretuzzella (2014) diz que CLP é um tipo de computador industrial que pode ser usado para executar funções de controle. Segundo a norma IEC61131-1 (2003 apud Bretas, 2019) define o CLP como um aparelho eletrônico, utilizado em ambientes industriais, que possui memória programável contendo instruções para controlar processos através de entradas e saídas do sistema.

Os CLP's são constituídos de entradas e saídas destinadas a executar tarefas, são considerados sistemas em tempo real devido a forma que consiste sua aquisição de dados, são amplamente utilizados no controle de máquinas. Foram criados de forma a poderem operar em diferentes ambientes de processos, desde os mais robustos aos mais delicados, podendo estes executar desde as tarefas simples às que demandam uma grande complexidade e necessitam de uma enorme exatidão. Sua criação permitiu a substituição de tarefas antes repetitivas, permitiu-se a eliminação de exposição de riscos, como também permitiu-se desenvolver tarefas antes não possíveis de serem executadas manualmente. São capazes de suportarem condições muito adversas, como altas temperaturas, ruídos, poeiras, dentre diversos fatores que normalmente interfeririam em um processo industrial.

Com a utilização do CLP em processos, a indústria teve um grande aumento no volume de produção devido a terem eliminado muitos serviços manuais, reduzirem falhas no processo, além de tornarem as tarefas mais rápidas e precisas. Uma grande vantagem na utilização dos CLP's está em sua flexibilidade, visto que feita sua programação esta pode ser utilizada em outros CLP's e também podem ser alteradas quando necessárias sem a necessidade de parar o processo e fazer uma intervenção mecânica.

Devido a crescente a criação de diversos controladores lógicos programáveis com diversidade de fabricantes com diferentes formas de comunicação e linguagens, tornou-se necessário a criação de uma padronização para os mesmos. A linguagem comumente utilizada na programação de CLP's é a LADDER. Essa linguagem é muito simples e procura imitar os diagramas elétricos utilizados pelos técnicos mais antigos. O objetivo dessa linguagem era evitar uma quebra de paradigmas muito grande, facilitando a aceitação do produto no mercado.

O diagrama de contatos (LADDER), figura 3.1 e figura 3.2 – tabela 3.1, consiste em um desenho formado por duas linhas verticais, que representam os polos positivo e negativo de uma bateria, ou fonte de alimentação genérica. Entre as duas linhas verticais são desenhados ramos horizontais que possuem chaves e outros elementos, que podem ser normalmente abertas ou normalmente fechadas, representando o estado das entradas do CLP.

Figura 3.1 – Exemplo de programação em linguagem ladder.

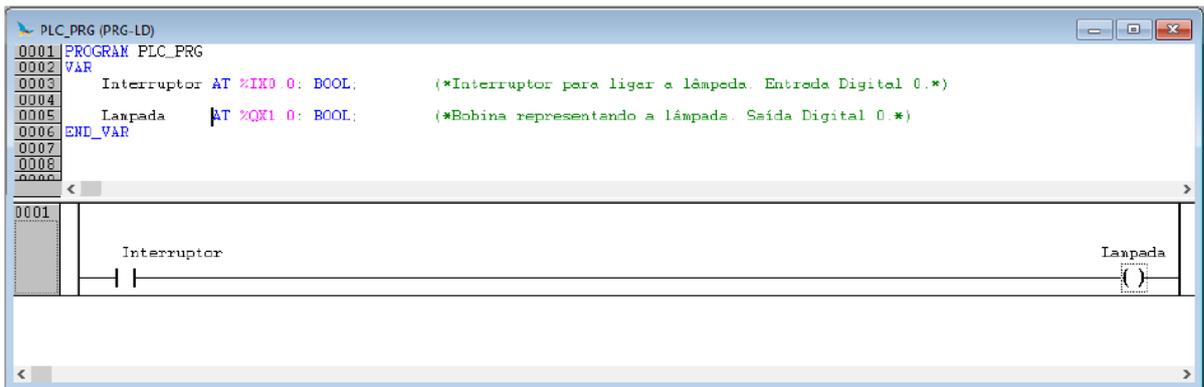


Tabela 3.1 – Exemplo de alguns elementos básicos da linguagem ladder

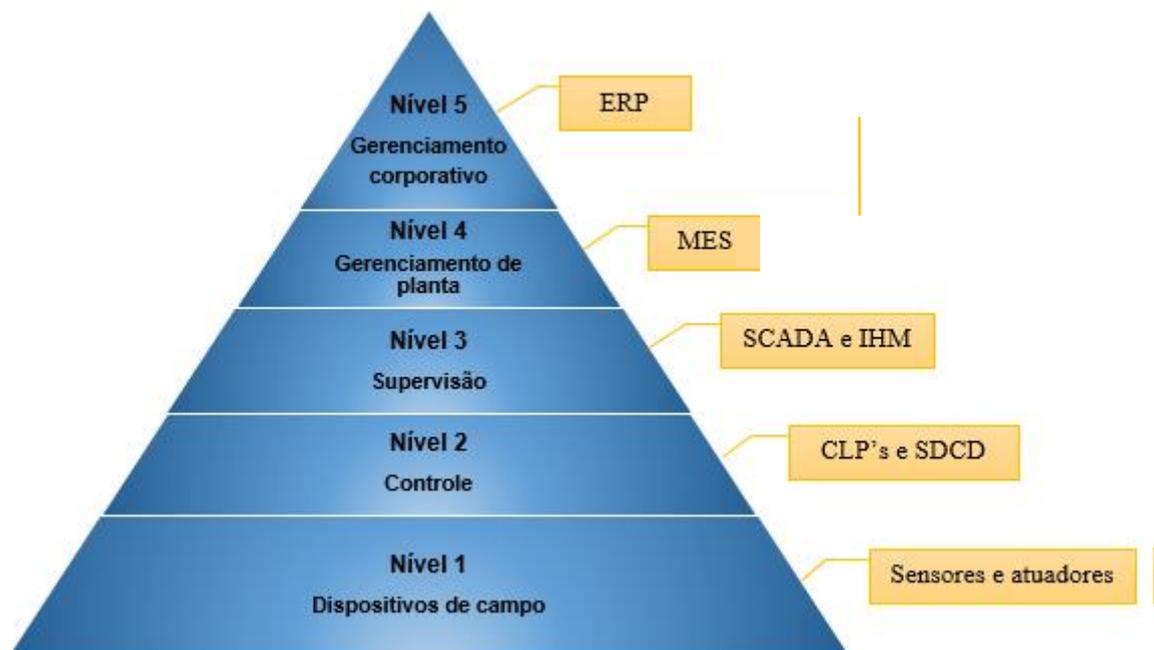
<b>Tabela 2.1 – Elementos Básicos em Ladder</b>		
<b>Nomeclatura</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Símbolo</b>
Contato Normalmente Aberto	NA	
Contato Normalmente Fechado	NF	
Bobina ou Saída	--	

Fonte: EURIPES (2007).

### 3.5. Pirâmides da Automação

A automação industrial tem sistemas em diversos níveis do processo, cada um atuando de forma a conseguir melhor resposta de cada etapa respectivamente, podendo estes ser sensores, atuadores, CLP's, SDCD, dentre outros, porém cada um destes trará o necessário para o processo fluir de forma a conseguir ocorrer como projeto e esperado. Pode-se observar na figura 3.3 uma representação da arquitetura que compõe a automação industrial, com suas respectivas ferramentas atuante.

Figura 3.3 – Pirâmide da Automação.



Fonte: Adaptado de SANTOS (2017).

Segundo Goeking (2010) pode-se colocar os Níveis de pirâmide da seguinte forma. Nível 5: Administração de recursos da empresa, neste nível encontram-se os *softwares* para gestão de vendas financeiras - Gerenciamento corporativo Mainframe (*Ethernet MAC TCP/IP*) Nível 4: Nível responsável pela programação e pelo planejamento da produção, realizando o controle e a logística de suprimentos - Gerenciamento de planta Workstation (*Ethernet MAC TCP/IP*) Nível 3: Permite a supervisão do processo. Normalmente possui banco de dados com informações relativas ao processo Protocolos - Supervisão Workstation, PC, IHM (*ControlNet Profibus FMS Fieldbus HSE*) Nível 2: Nível onde se encontram os equipamentos que executam o controle automático das atividades da planta - Controle CLP, PC, CNC, SDCD (*Fieldbus HI CAN Profibus DP, PA Hart Asl LonWorks InterBus*) Nível 1: Nível das máquinas dos dispositivos e dos componentes da planta - Dispositivos de campo, sensores e atuadores Sensores digitais e analógicos.

Dito isso, e especificando melhor os níveis de processo de uma automação industrial pode-se por fim, compreender a importância que cada um tem no desenvolvimento do processo e de que forma contribui para os resultados, assim pode-se detalhar de melhor forma o trabalho aqui descrito.

## 4 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

O advento das transformações da indústria e a competitividade, assim como a necessidade de se produzir de forma mais eficiente e rápida, criou-se a necessidade de uma melhor supervisão, tomada de decisões, e controle do processo de maneira mais simples e eficaz, o que nos permite a introdução de interface homem-máquina (IHM), ou seja, a utilização de sistemas supervisórios.

Sistemas supervisórios também chamados de SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) são sistemas que permitem que em um processo produtivo você possa coletar e rastrear informações através da aquisição de dado, essas informações, após adquiridas, podem ser manipuladas, analisadas, armazenadas, e de acordo com a necessidade, serem informadas aos responsáveis o que se espera do sistema programado.

Atualmente, os sistemas de automação industrial utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos, eventualmente dispersos geograficamente, e a respectiva apresentação de modo amigável para o operador, com recursos gráficos elaborados (interfaces homem-máquina) e conteúdo multimídia. (DA SILVA; SALVADOR 2005)

Os sistemas supervisórios foram evoluindo ao longo dos anos, sendo isto possível devido ao avanço tecnológico. Os sistemas supervisórios presente no mercado atual são os predominantemente dito “inteligentes”, são aqueles os quais tomam decisões a respeito do processo ao qual estão inseridos, caso assim esteja programado para fazer ou informam melhores tomadas de decisões que auxiliam ao responsável da área o controle do processo, dessa forma obtém-se melhores resultados, otimiza-se o processo, assim como também se evitam eventuais falhas que existiriam sem o auxílio do sistema. Segundo de Souza (2005) desempenham atualmente três funções básicas na automatização de processos industriais: supervisão, operação e controle.

Em sistemas supervisórios a interface com o usuário se dá através de telas gráficas de tendências, alarmes, relatórios, informativos numéricos, dentre outras formas que são possíveis verificar as condições atuais do processo e atuar sobre ele caso se faça necessário. Segundo

Jurizato e Pereira (2002). O trabalho do projetista consiste basicamente na elaboração das telas gráficas, de acordo com o processo a ser controlado, da configuração dos comandos e da indicação para a boa operação da planta.

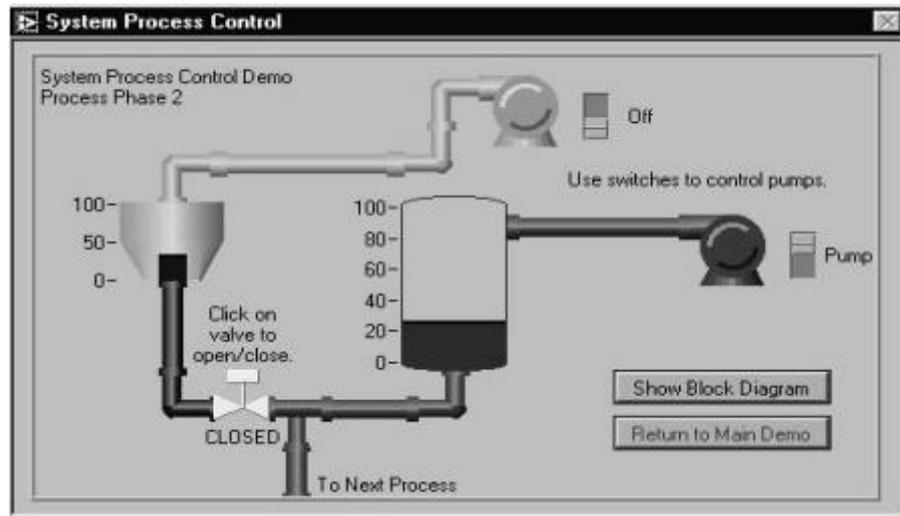
Segundo da Silva e Salvador (2005) funcionamento de um sistema supervisório baseia-se em identificação de *tags*. Que são todas as variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação, podendo executar funções computacionais (operações matemáticas, lógicas, com vetores ou *strings*, etc.) ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo que está sendo controlado. Essas informações representam situações reais de um processo como, volume, temperatura, pressão, dentre outros de acordo com os atuadores do sistema e de acordo com essas *tags* os dados são apresentados ao usuário.

Conforme as condições de um processo são programadas dentro de um sistema supervisórios e os valores assumidos pelas *tags*, pode-se utilizar diversos recursos informativos como alarmes sonoros, mensagens gráficas, exibição de relatórios, dentre outros, caso os parâmetros não se encontrem ou se encontrem dentro do esperado, dessa forma vê-se a importância de um projeto bem elaborado para que se alcance os ótimos resultados.

A elaboração da tela depende basicamente da criatividade do projetista e dos recursos presentes no *software* utilizado pelo mesmo. Segundo Jurizato e Pereira (2002) As telas de um sistema supervisório buscam representar de forma esquemática o processo em questão, nela estão presentes os principais parâmetros que necessitam de supervisão e controle, podem conter dados de vazão, temperatura, pressão, gráficos de tendência, assim como também conter variáveis de controle como botões de liga/desliga, potenciômetros dentre outras funções de acordo com o *software* e a necessidade do processo.

Nas figuras 4.1 e 4.2 são apresentados alguns exemplos de telas de um sistema supervisório. A figura 4.1, mostra uma utilização simples de um sistema supervisório, onde há um controle de nível de dois tanques, pode-se observar a inserção gráfica de tanques de forma distinta assim como botões de controle liga/desliga e controle de válvula abre/fecha.

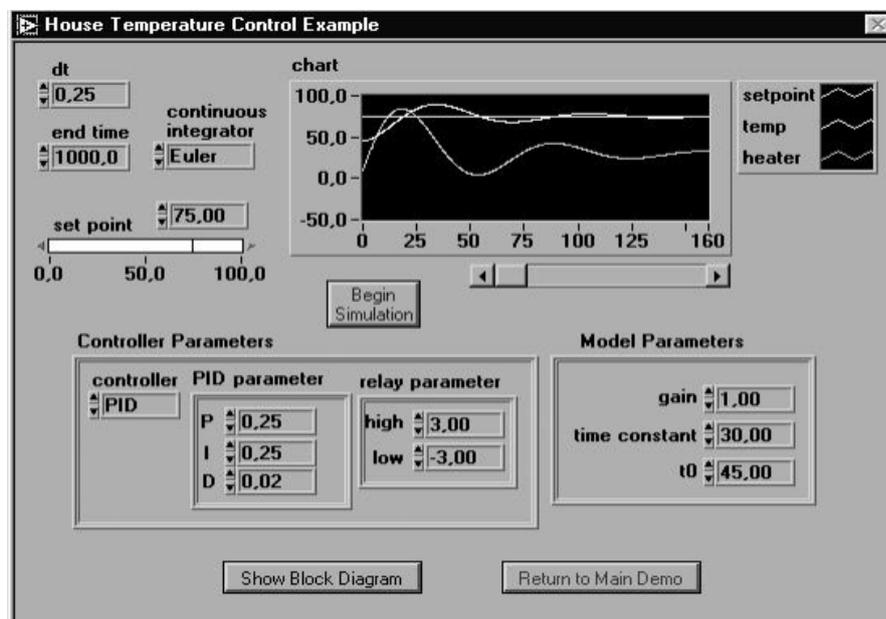
Figura 4.1 – Exemplo de Sistema Supervisório.



Fonte: JURIZATO E PEREIRA (2002).

Na figura 4.2 pode-se observar um controle mais complexo utilizado em um sistema supervisório, através de um controle Proporcional, Integral e Derivativo - PID com utilização de elemento gráfico, um controle deslizante de *set point*, caixas de valores que são responsáveis pela introdução de valores no algoritmo PID.

Figura 4.2 – Exemplo de Sistema Supervisório.



Fonte: JURIZATO E PEREIRA (2002).

O esquema básico de sistema supervisório é constituído em princípio pela inclusão de um microcomputador do tipo PC a um sistema de controle já implementado ou não, que na maioria dos casos é formado por um CLP e seus periféricos. (JURIZATO; PEREIRA, 2002).

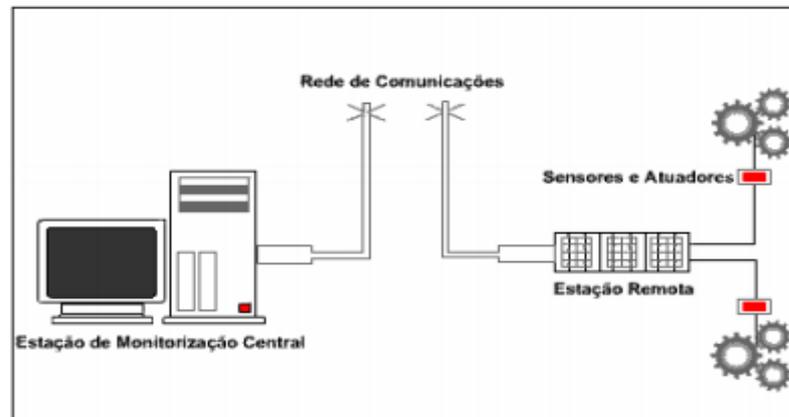
O processo de aquisição de dados em um sistema supervisor se dá através das informações transmitidas através dos CLP's ou RTU's (*Remote Terminal Unit*) captadas pelos valores atuadores em que eles estão associados. A rede de comunicação é a plataforma por onde as informações fluem dos CLPs/RTUs para o sistema SCADA e, levando em consideração os requisitos do sistema e a distância a cobrir, pode ser implementada através de cabos *Ethernet*, fibras ópticas, linhas *dial-up*, linhas dedicadas, rádio modems, etc. (DA SILVA; Salvador, 2005). A diferença entre os CLPs e os RTUs está em sua distribuição de informações e sua flexibilidade, visto os CLP's tem uma maior flexibilidade de programação e controle de entradas e saídas e o quanto aos RTUs por serem sistemas de acesso a informações remoto, tem seus dados de forma distribuídos e através do sequenciamento de informações possui uma maior precisão.

Segundo Jurizato e Pereira (2002) a comunicação entre o computador principal e os CLP's segue o mesmo protocolo, mas devido ao desenvolvimento da tecnologia e a chegada dos *gateways* de dados, hoje pode-se ter uma intercomunicação em diversos protocolos, o que possibilita que todo o sistema de controle seja supervisionado. De forma simplificada o funcionamento de um sistema supervisor baseia-se na comunicação de diversos protocolos existentes entre *master* e *slave*. Algumas das implementações mais comuns de redes que se tem são as *modbus* e *profbus*.

Para possibilitar a troca de informações entre sistemas supervisórios e CLPs, foram desenvolvidos *drivers* de comunicação, já que os fabricantes de CLP's e sistemas supervisórios podem não ser os mesmos. (JURIZATO; PEREIRA, 2002).

A figura 4.3 apresenta um esquema básico de um sistema de supervisão e controle.

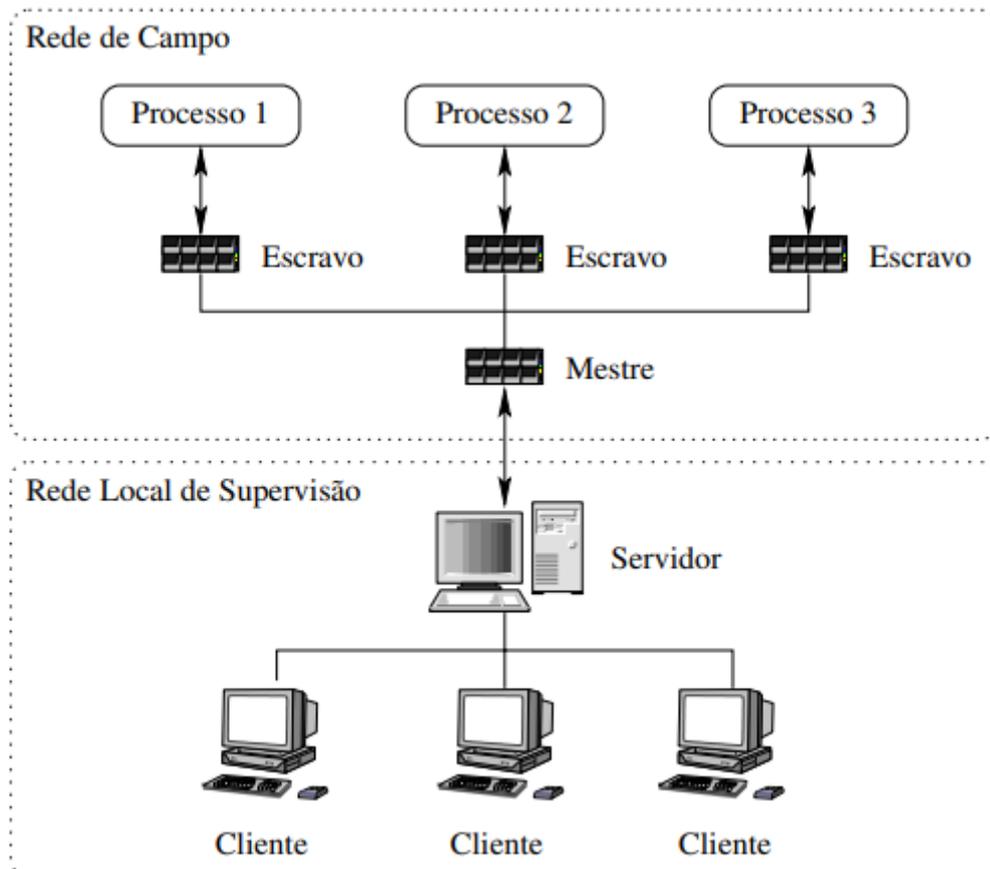
Figura 4.3 – Esquema básico de supervisão.



Fonte: DA SILVA (2004).

Na figura 4.4 é apresentada a comunicação de um sistema de supervisão.

Figura 4.4 – Comunicação de um sistema de controle.



Fonte: DE SOUZA (2005).

Segundo Jurizato e Pereira (2002) atualmente no mercado existem diversos sistemas supervisórios desenvolvidos por várias empresas de tecnologias, muitos desses sistemas são de

fabricação nacional que possuem protocolos e *drives* destinados a esses sistemas, contudo também foram desenvolvidas interfaces de comunicação para sistemas internacionais, visto que com a crescente automatização de processos, diversos sistemas foram desenvolvidos em diferentes países, essas interfaces contribuem para que sistemas supervisórios nacionais possam ser implementados e sistemas internacionais já em operação, sem que existam nesses problemas de comunicação e interação.

Os sistemas supervisórios a princípio eram utilizados em áreas restritas, devido a seu dispendioso gasto e dificuldade de implementação, onde se exigia treinamento para utilização dos mesmos como para a manutenção em caso de falhas. Com o desenvolvimento tecnológico e com o surgimento de diversas empresas destinadas a criação e desenvolvimento nessa área, sua implementação se tornou cada vez mais viável, pois os *softwares* e *hardwares* se tornaram mais acessíveis, com programação simples e flexível, o que não necessita treinamentos extensos para que possam ser operados e projetados, com uma interface de fácil entendimento e manipulação.

Hoje no mercado temos sistemas supervisórios que necessitam de licença para sua utilização, ou seja, há a necessidade de despendido de um valor para sua aquisição para posteriormente sua implementação, já outros você utiliza sem a necessidade de licença ou conseguem ser utilizados em uma versão “demo”, de demonstração.

Sistemas supervisórios não licenciados para utilização possuem uma quantidade de recurso e funções limitadas, normalmente são utilizados em projetos escolares ou de simples processos, onde não necessitam de controle rígido e robusto do processo, também pode-se afirmar as mesmas condições para as versões “demos” disponíveis de alguns sistemas que necessitam de licença para operação.

Empresas em geral optam por adquirir licença de sistemas supervisórios presentes no mercado, devido a sua maior confiabilidade de sistema, possuem maiores recursos, ferramentas, com isso obtêm-se controles mais rígidos do processo, maior exatidão nos dados acessados, além de conseguir maiores formas de se reger o projeto. Outro fator determinante ao se decidir a respeito do sistema supervisório ao qual se implementar, está no fato de possíveis defeitos ao se adquirir o sistema ou ao longo de sua utilização, sistemas licenciados são possíveis de se entrar em

contato com o fabricante para a troca do sistema ou manutenção do mesmo quando necessária, o que não ocorre em sistema não licenciados.

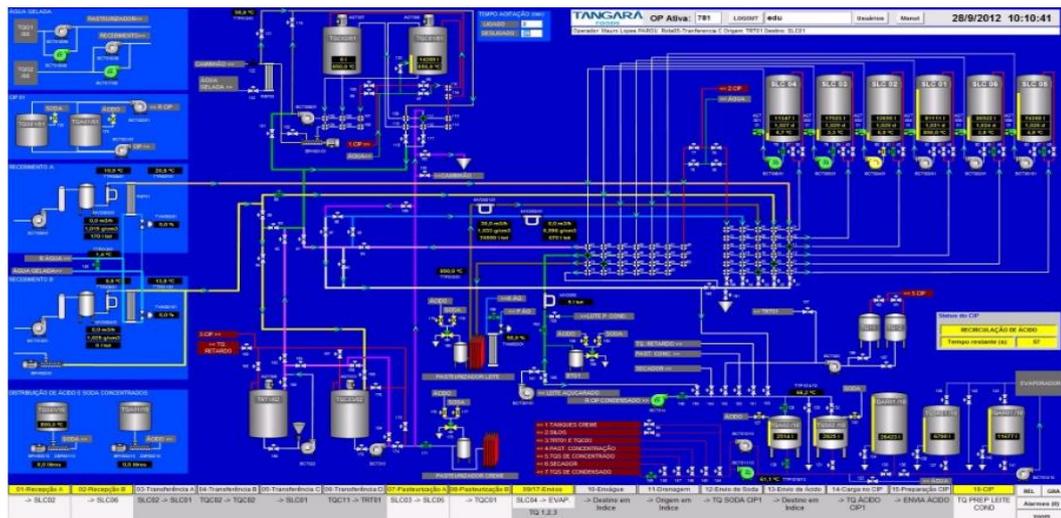
A seguir citam-se alguns sistemas disponíveis no mercado, com seus respectivos fabricantes e algumas informações a respeito.

#### Elipse E3 – Fabricado pela Elipse Software

Sistema supervisor amplamente conhecido e também muito utilizado em universidades devido ao fácil acesso a sua versão “demo” e de fácil utilização, porém sua versão licenciada oferece uma grande quantidade de recursos e ferramentas para um bom controle de processos, sendo operados via *tablets*, *smartphones*, *notebooks*, permitindo uma grande quantidade de dados contendo múltiplos usuários. Lista-se a seguir algumas informações a respeito do sistema em questão (Elipse, 2019).

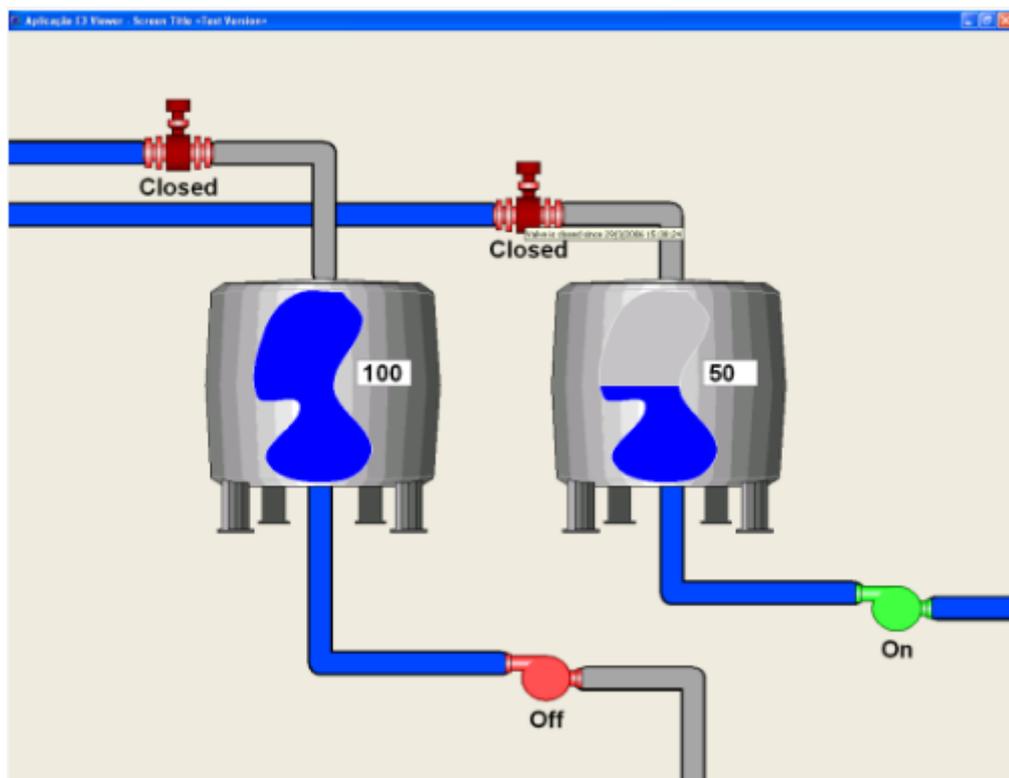
- Conexão com a maioria dos equipamentos (CLP's, remotas, concentradores de dados) de mercado;
- Redução no tempo de desenvolvimento e manutenção, através da padronização das aplicações com o uso de bibliotecas;
- Integração com sistemas corporativos e de gestão;
- Retorno rápido e duradouro do investimento;
- Multiusuários e multiprojetos: Permite editar e executar diversos projetos simultaneamente;
- Bibliotecas de objetos gráficos e estruturas de dados reutilizáveis;
- Fácil gerenciamento da aplicação;
- Grande flexibilidade na gestão de alarmes e eventos;
- Poderosa ferramenta de *scripts*;
- Acesso nativo a bancos de dados comerciais;
- Está disponível em versões de 32 e 64 *bits*;
- Indicado para aplicações de tradução de protocolos, oferecendo opções de protocolos de energia clientes ou servidores (IEC 61850, 101/103/104, DNP 3.0, IEC 61850, etc.) e também para os principais equipamentos de controle do mercado.

Figura 4.5 – Exemplo de Sistema Supervisório.



Fonte: Elipse (2019)

Figura 4.6 – Exemplo de Sistema Supervisório.



Fonte: Elipse (2019).

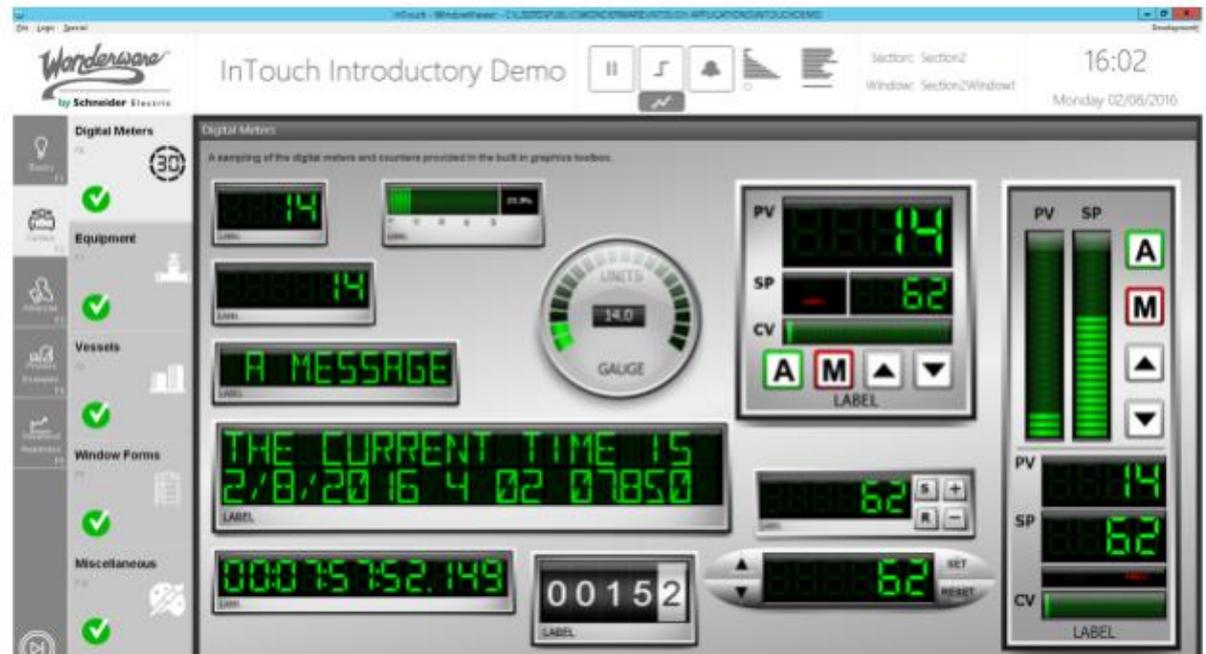
Wonderware In Touch – Fabricado pela Invensys

Sistema de grande utilização no mercado, utilizado em grandes indústrias no mundo, muito conhecido por seus sistemas em tempo real, suas principais descrições são: (Invensys, 2019).

- Gráficos de processo impressionantes e biblioteca de símbolos prontos para uso;

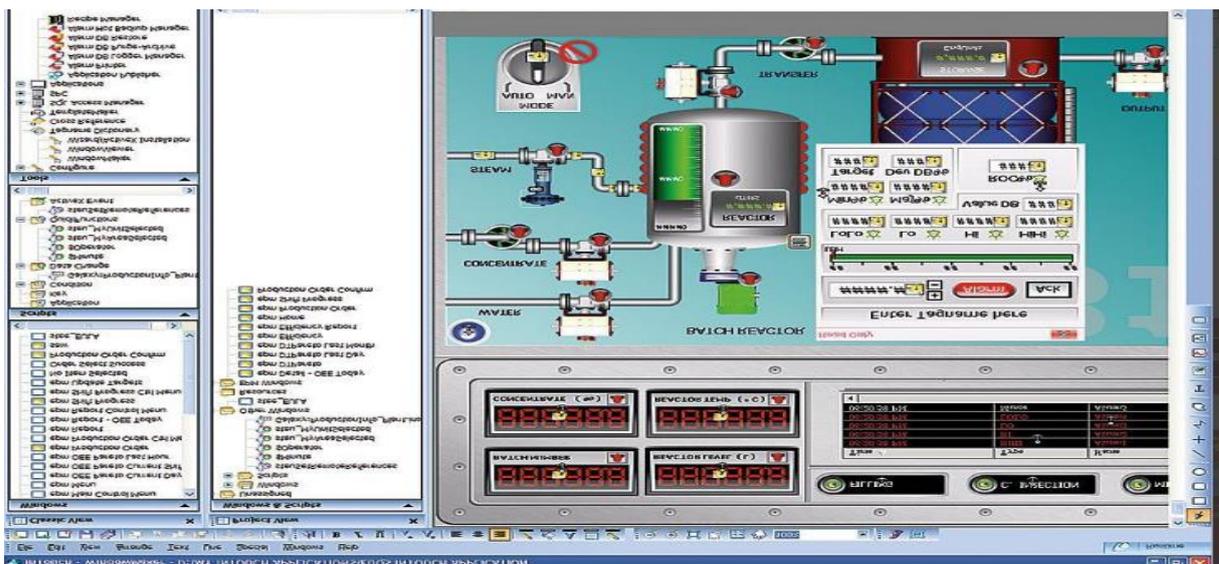
- Aumento a eficácia do operador melhorando a percepção da situação;
- Tomada de melhores decisões em tempo real;
- Aumente a produtividade operacional e de engenharia;
- Acesso o sistema com segurança do seu dispositivo, a qualquer momento, de qualquer lugar.

Figura 4.7 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Invensys (2019)

Figura 4.8 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Invensys (2019)

ScadaBr - (*open source*) Fabricado pela MCA Sistemas

Sistema supervisório livre e gratuito, com código aberto, para aquisição de dados e controle de processos. Suas principais características: (MCA Sistemas, 2019).

- Engine de Alarmes e Eventos parametrizáveis;
- Alarmes Sonoros;
- Sistema de Permissões por Usuários;
- Relatórios de Variáveis, Alarmes e Eventos;
- Ambiente de Desenvolvimento para Aplicações SCADA;
- Acesso em *Browser (Desktop, mobile)*;
- API com exemplos em Java, Visual Basic, PHP e Python, entre outros;
- Aquisição de dados em mais de 20 protocolos como: Modbus TCP/IP e Serial, OPC, DNP3, IEC, Serial ASCII, HTTP;
- Visualização de dados (variáveis ou "*tags*") em tempo-real;
- Registro contínuo das variáveis em Banco de Dados (*Historian/ Datalogger*);
- Construção de telas gráficas (HMI ou Sinópticos).

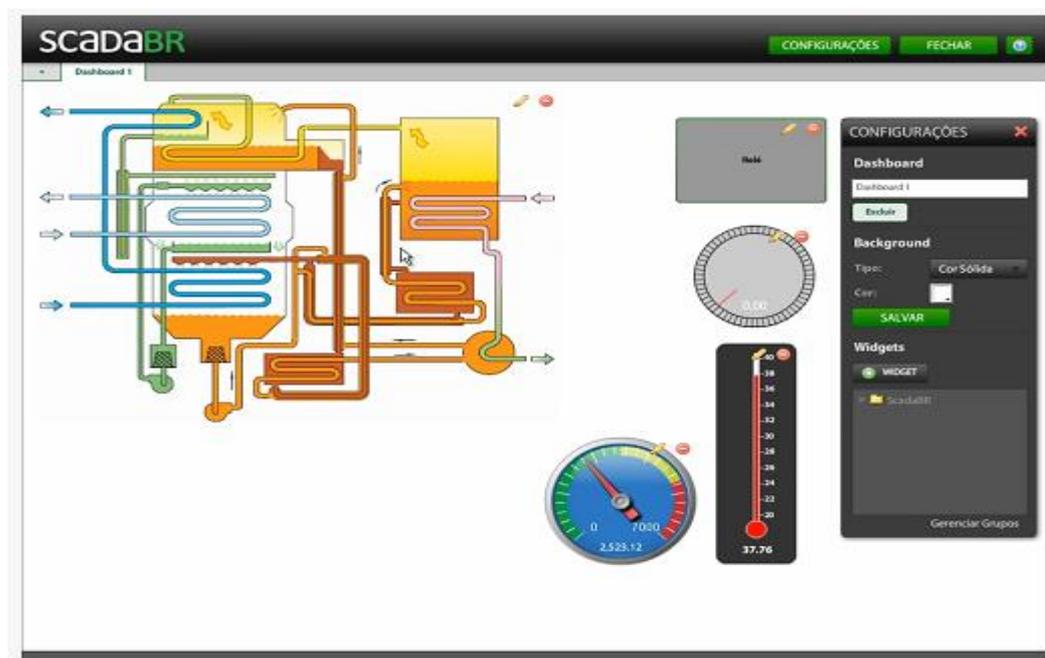
Pode-se observar que em relação aos *softwares* licenciados, este apresenta uma quantidade de recursos inferior aos demais, possui uma quantidade de protocolos bem inferior ao que dificulta sua implementação e comunicação com demais sistemas.

Figura 4.9 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: MCA Sistemas (2019)

Figura 4.10 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: MCA Sistemas (2019)

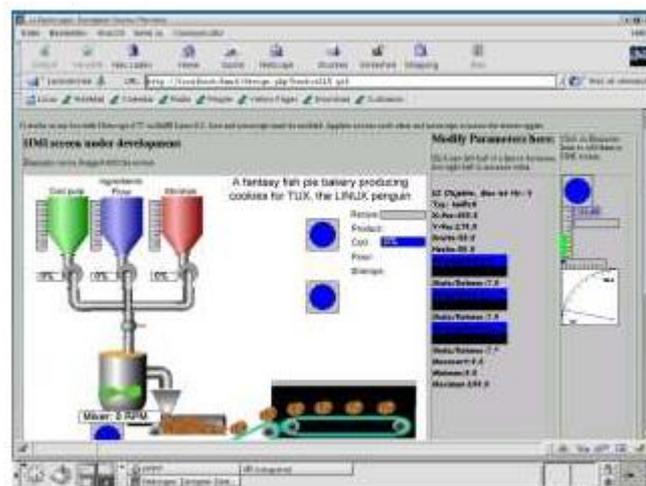
Lintouch – (*open source*) Fabricado pela SWAC

Sistema supervisorio não licenciado destinado a sistema operacional Linux, principais características: (SWAC, 2019)

- Multiplataforma. O Lintouch é executado nas plataformas de *hardware* e *software* mais populares, incluindo sistemas embarcados, como o Motorola PowerPC com Linux e os *desktops* Intel com o Microsoft Windows;
- O Lintouch foi otimizado para dispositivos pequenos e incorporado. Possui pouca área de memória (32 MB de RAM são suficientes para servidor e tempo de execução);
- Rica interface gráfica do usuário, reunindo os dados do processo do Lintouch Server em um protocolo de comunicação baseado em TCP / IP personalizado;
- Fonte aberta. O Lintouch está sendo desenvolvido como um *software* de código aberto, com todo o código fonte, especificações e documentação disponível publicamente.

Na figura 4.11 pode-se observar a limitação de recursos para um *software* não licenciado.

Figura 4.11 – Exemplo de Sistema Supervisorio

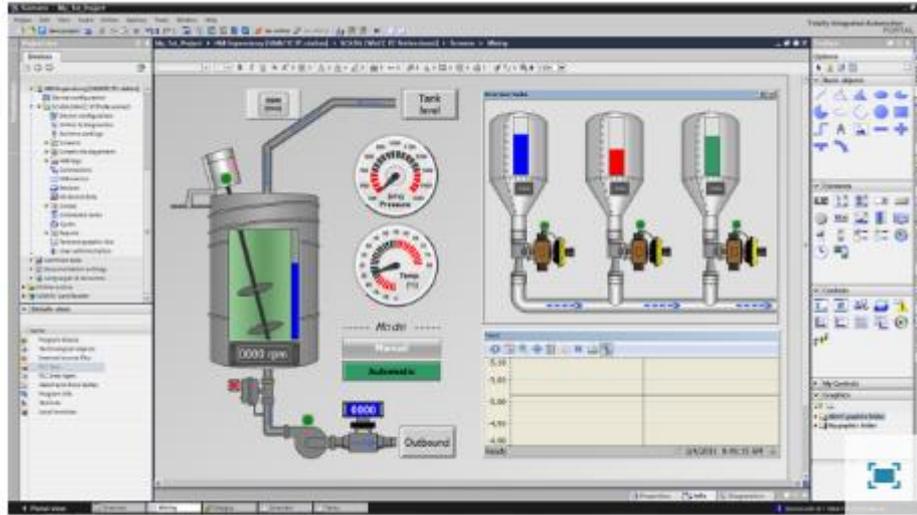


Fonte: SWAC (2019)

Simatic Wincc – Fabricado pela Siemens

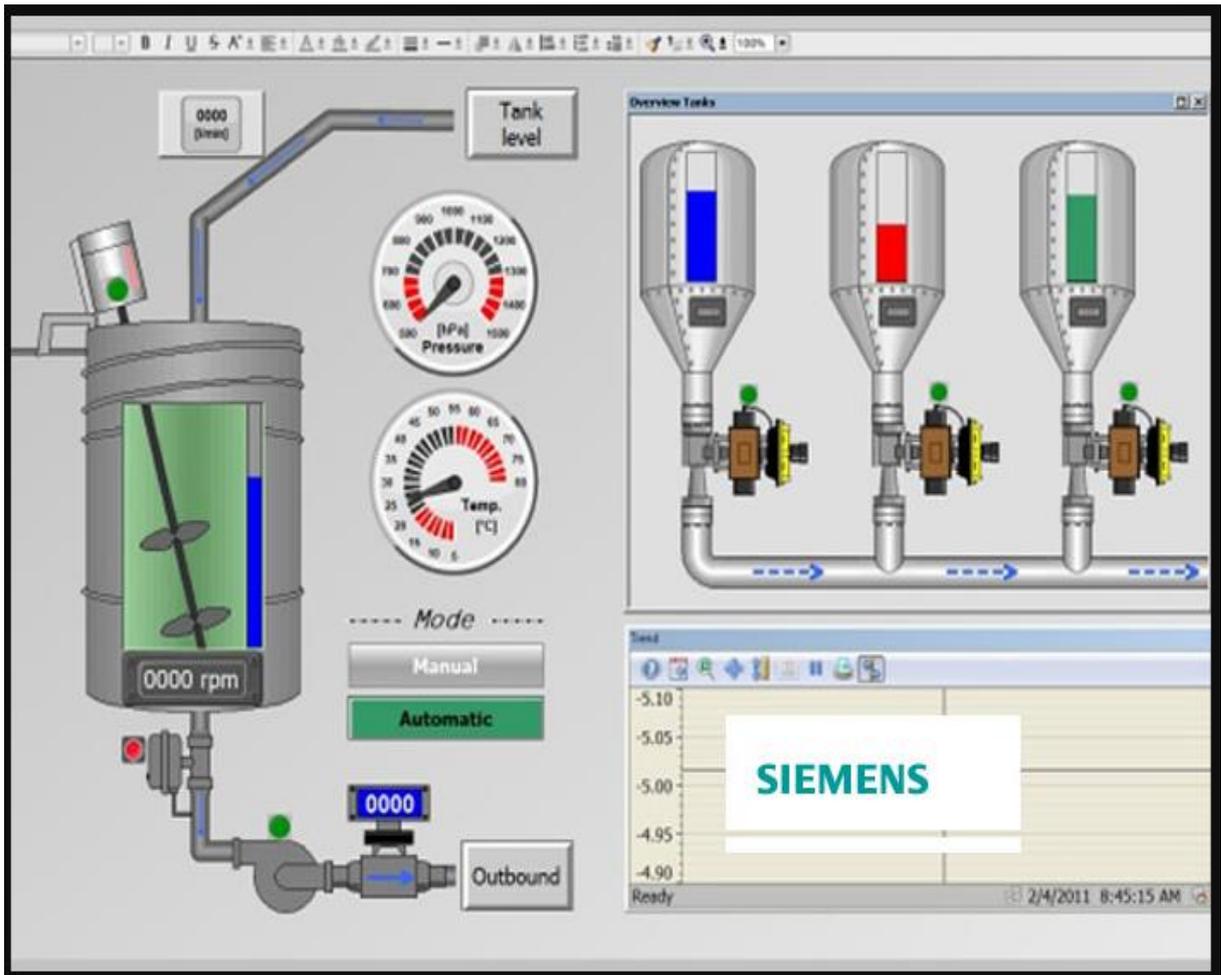
Tem-se um sistema supervisorio muito robusto, com grande quantidade de funções e utilidades, com grande aceitação no mercado, com constante evolução e desenvolvimento, possui soluções inteligentes e atende a processos com grau de complexidade alto.

Figura 4.12 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Siemens (2019)

Figura 4.13 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Siemens 2019

FactoryTalk View SE – Fabricado pela Rockwell Automation

Sistema supervisório de grande conhecimento no mercado atual, utilizado em muitos processos industriais, possui grande confiabilidade nos dados, destinado a corrigir falha nos processos e tempos ociosos.

Figura 4.14 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Rockwell Automation 2019

Figura 4.15– Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Rockwell Automation

## 5 METODOLOGIA

Este trabalho desenvolveu-se no Laboratório de Tecnologias Industriais (TECIND) na Universidade Federal de Ouro Preto, utilizou-se um controlador de nível e temperatura de uma planta didática constituída por tanques acoplados e sensores, presente no laboratório com a utilização de um CLP Duo da Altus Sistemas de Automação, implementou-se um sistema supervisório para controle através da plataforma Elipse E3, expondo-se os dados e resultados obtidos.

### 5.1. Materiais

Para realização do trabalho proposto utilizou-se de três tanques acoplados, os dois tanques superiores presentes no projeto foram dotados de sensores de nível, do tipo *on/off* da marca ICOS, modelo LA16M-40 (figura 5.1), de forma a ter um controle de mínimo e máximo de cada tanque, sendo estes tanques utilizados como reservatório no projeto.

Figura 5.1: Sensor de nível.



Fonte: Próprio autor.

Para o tanque inferior utilizou-se de um sensor ultrassônico de modelo HC-SR04 (figura 5.2) para controle preciso do nível do sensor até o líquido presente no reservatório.

Figura 5.2: Sensor ultrassônico



Fonte Bretas (2019)

Foram utilizadas válvulas solenoides da marca Emicol, modelo EVA01 (figura 5.3), para o controle de vazão do líquido nos respectivos recipientes utilizados. A válvula é alimentada por uma tensão de 127Vca / 60Hz, possuindo uma vazão mínima de 7L/min e máxima de 40L/min.

Figura 5.3 - Válvula solenoide EVA 01.



Fonte: Bretas (2019)

Utilizou-se de uma eletrobomba de água (figura 5.4), que possibilitou que água fosse levada dos tanques inferiores para os tanques superiores. Alimentada por uma tensão de 127Vca à 60Hz, de 34W de potência e com vazão de 2,7L/min, dado obtido através do experimento.

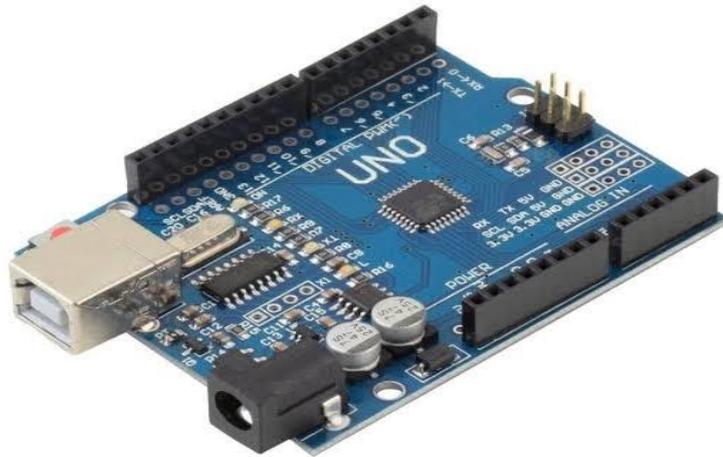
Figura 5.4 -Eletrobomba de água.



Fonte: BRETAS (2019)

Empregou-se também no projeto a utilização de um arduíno Uno (figura 5.5), para filtros de ruídos do sistema, responsável por realizar a conversão dos dados registrados pelo sensor de nível e enviar ao CLP, realizando-se assim uma nova leitura dos dados o que possibilita um melhor controle do processo.

Figura 5.5 – Arduino Uno



Fonte: Curtocircuito (2019)

Para o controle de dados do processo foi utilizado um CLP Duo da empresa Altus (figura 5.6), segundo Bretas (2019) sendo este composto por IHM integrada, 42 pontos de entrada e saída, possuindo teclas funcionais e com porta de comunicação RS232 e RS485.

Figura 5.6 – CLP Duo.



Fonte – BRETAS (2019)

Utilizou-se do *software* de programação desenvolvido pela Altus, compatível com o CLP Duo, Master Tool IEC. O *software* foi responsável por desenvolver a linguagem para o controle posterior do sistema supervisorio Elipse E3 (figura 5.7). O mesmo conta com 6 diferentes tipos de linguagem, cinco delas que se encaixam dentro das normas IEC61131-3 que regulam esse tipo de sistema, e outra desenvolvida pelo próprio fabricante

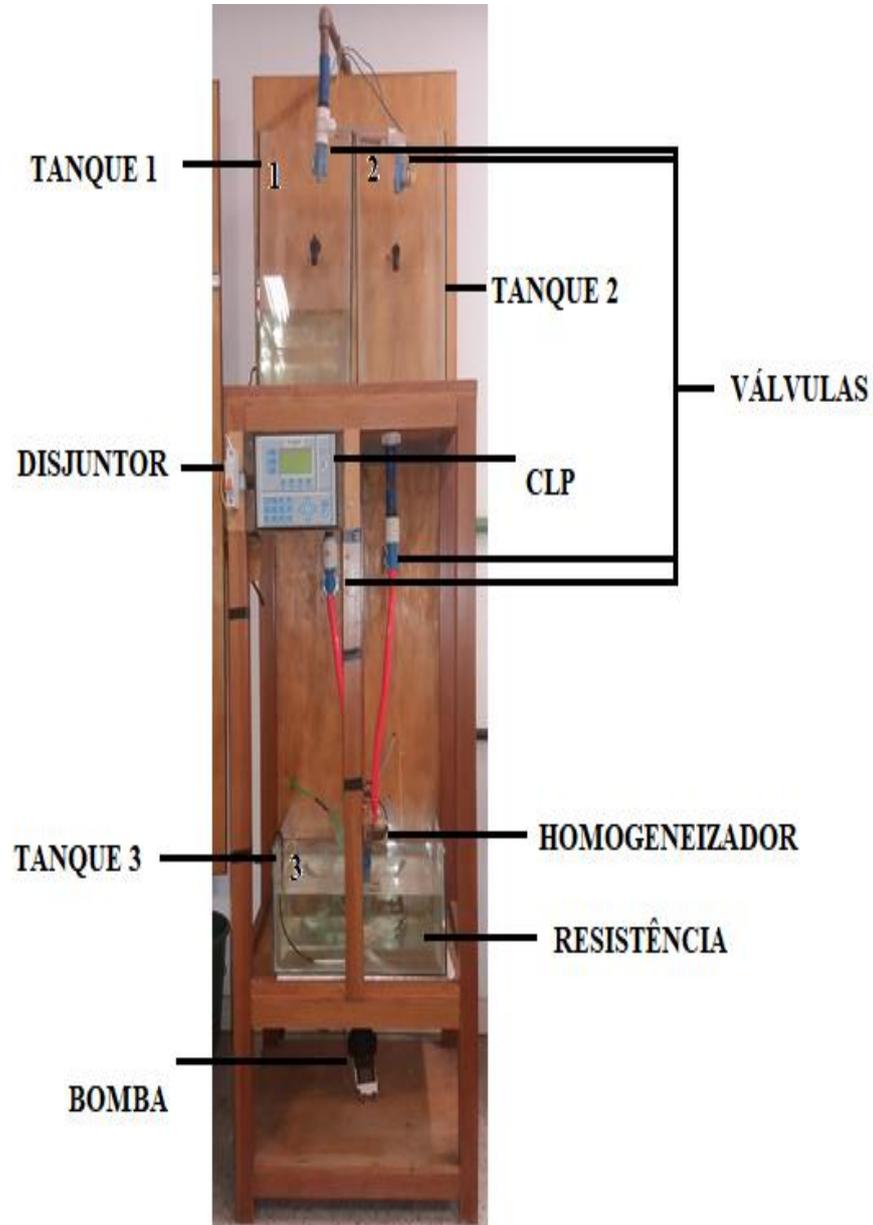
Figura 5.7 -Tela inicial do *software* MasterTool IEC.



Fonte: BRETAS (2019)

Na figura 5.8 observar a montagem completa do projeto, com os respectivos componentes e suas disposições na montagem.

Figura 5.8 – Montagem detalhada com os respectivos componentes



Fonte: BRETAS (2019).

## 5.2 Controle do Processo

O projeto baseia-se no controle do sistema de tanques utilizando-se dos sensores de nível, válvulas de vazão, tudo isso acompanhado pelo sistema supervisório. Seu funcionamento se dá pela seguinte forma, os tanques superiores funcionam como reservatório do tanque principal, localizado inferiormente, quando um dos tanques se encontra vazio, o líquido é direcionado

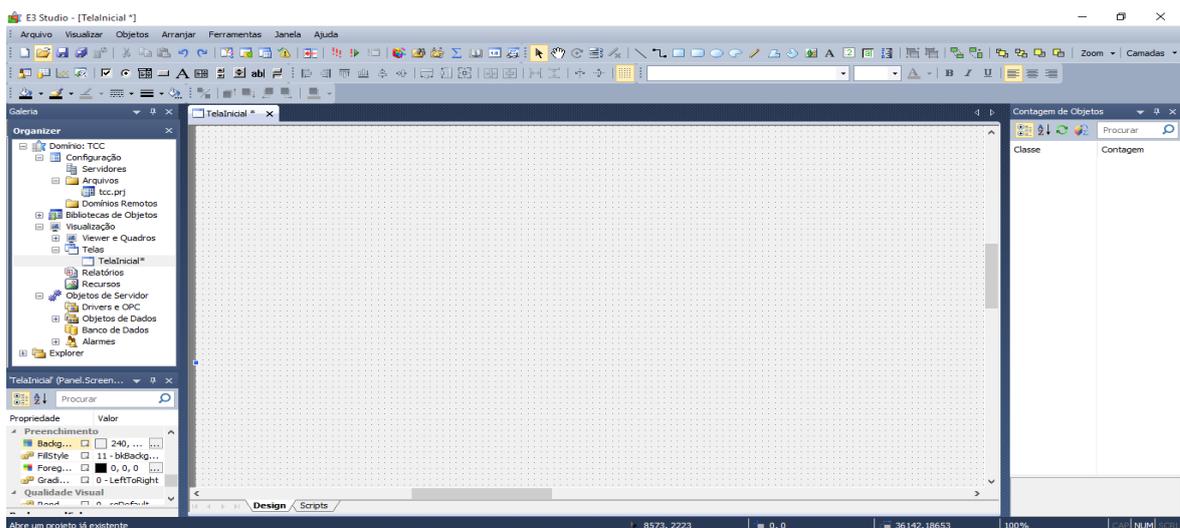
somente a esse tanque até que o sensor de nível máximo seja acionado, caso os dois tanques estejam cheios a válvula solenoide localizada na parte inferior dos tanques é acionada, liberando o líquido para o tanque inferior até que o sensor de nível inferior seja acionado, visto que o tanque inferior possui o sensor ultrassônico o qual se deseja fazer o controle de volume d'água presente no recipiente.

A programação para controle do processo foi desenvolvida no Master Tool IEC, em programação LADDER, onde fez-se o acionamentos necessários e as condições para que o todo o sistema funcionasse como projetado.

Os dados dos sensores, válvulas e bombas são recebidos pelo CLP Duo, o qual é feito a comunicação com o sistema supervisorio Elipse E3, o qual foi desenvolvido a implementação do projeto e objeto de estudo deste trabalho.

O *software* Elipse E3 apresenta uma versão “demo” para quem não possui a licença para sua utilização, o trabalho foi desenvolvido nessa versão. O intuito deste projeto foi criar telas e alarmes de forma a simular o processo real, e obter dados através do sistema supervisorio Elipse E3. O *software* apresenta um ambiente para desenvolvimento de telas, gráficos, animações, dentre outras funções, que possibilitam a criação de um ambiente que vai da criatividade do projetista.

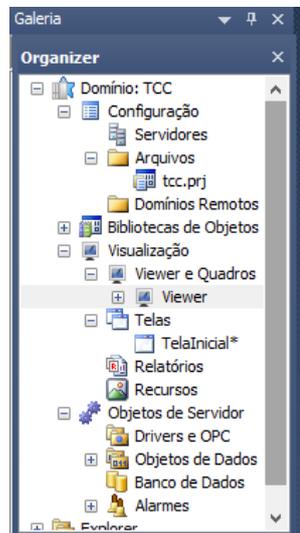
Figura 5.9 – Tela inicial do Elipse E3



Fonte: Próprio autor.

O *software* apresenta um conjunto de funções que permitem ao projetista inserir, diferentes elementos gráficos (figura 5.10 e figura 5.11), e os associar a grandezas físicas provenientes do CLP, com isso é possível a utilização de alarmes, quando estes passam valores pré-estabelecidos ou abaixam de valores pré-estabelecidos, é possível a implementação de alarmes visuais que indicam a chegada ou não de sinais elétricos, o que permite a verificação de *on/off* o que pode ser usado em bobinas, solenoides, válvulas do tipo boia, todos esses componentes presentes no projeto. Permite-se também o recebimento de dados analógicos, é possível inserir contadores, e *timers*. Dessa forma fez-se a comunicação com o CLP e com isso, endereçou-se as grandezas de acordo com os seus respectivos sinais e os associou aos devidos elementos gráficos presente no projeto.

Figura 5.10 – Tela pra inserção de elementos gráficos



Fonte: Próprio autor.

Figura 5.11 – Tela para inserção de elementos gráficos

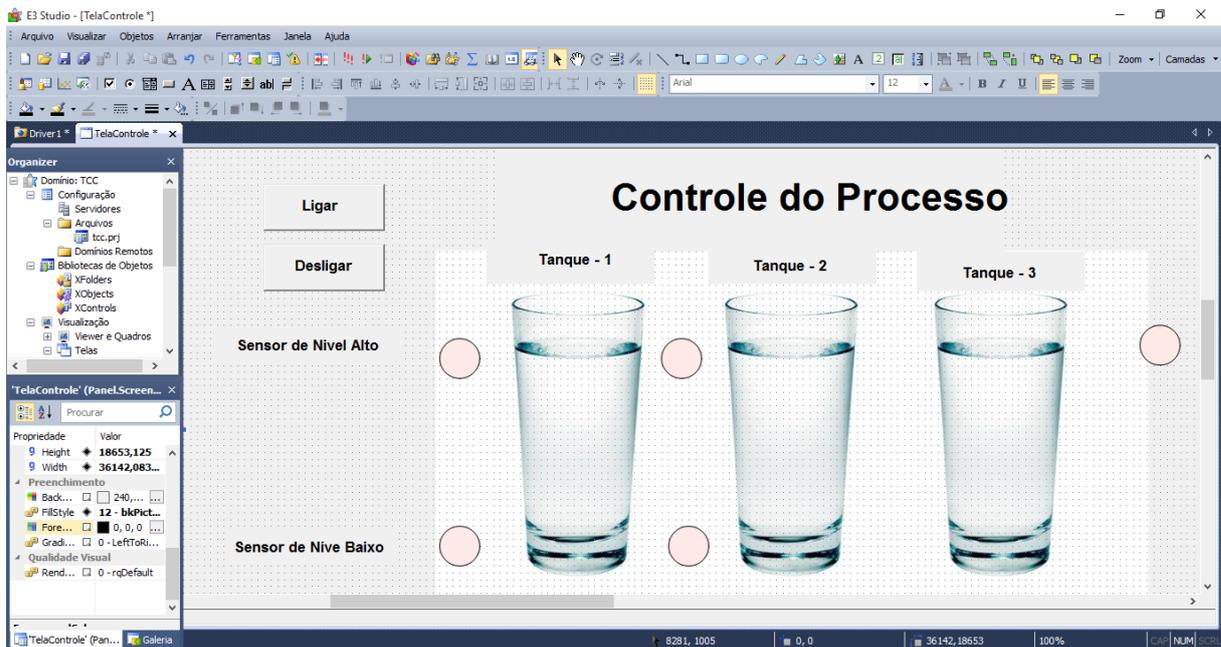


Fonte: Próprio autor.

Pode-se também criar diferentes usuários para acesso ao sistema, com diferentes tipos de permissão, o que mostra um nível hierárquico dentro do processo ou basicamente uma divisão de informações quando requeridas, o que não é o foco deste trabalho

Na figura 5.12, tem-se o ambiente após a inserção de alguns elementos gráficos, de forma a representar de forma esquemática o processo o qual verifica-se o funcionamento.

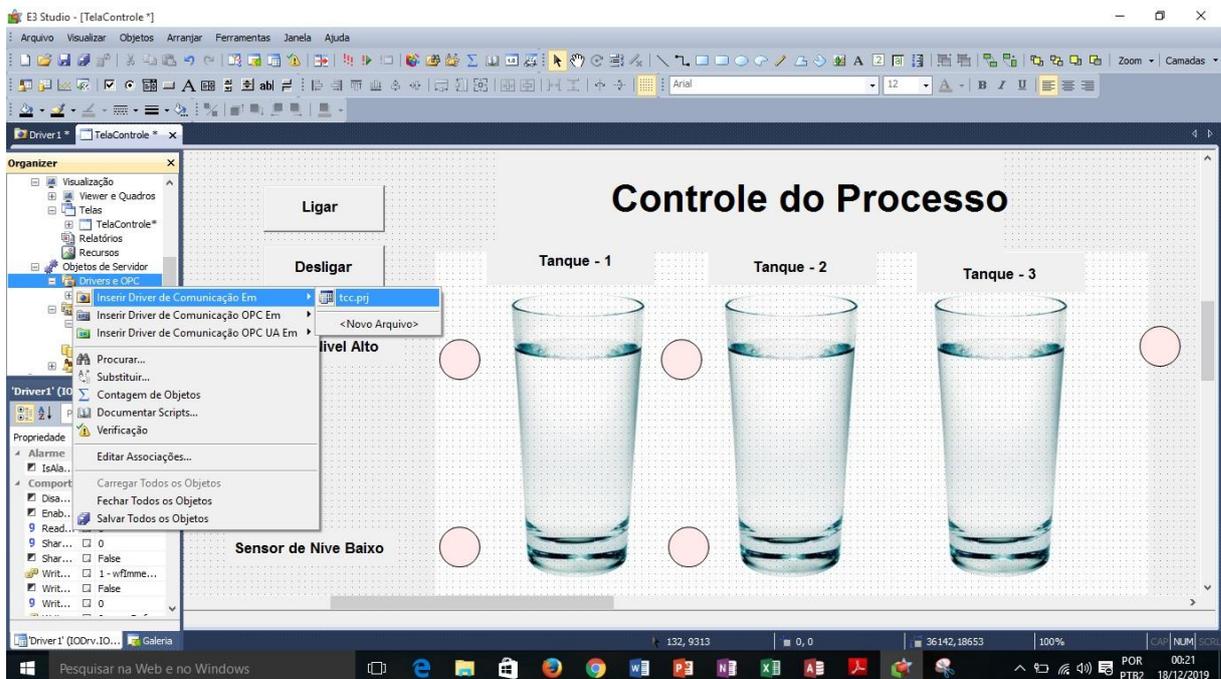
Figura 5.12 – Tela após inserção de elementos gráficos



Fonte: Próprio autor.

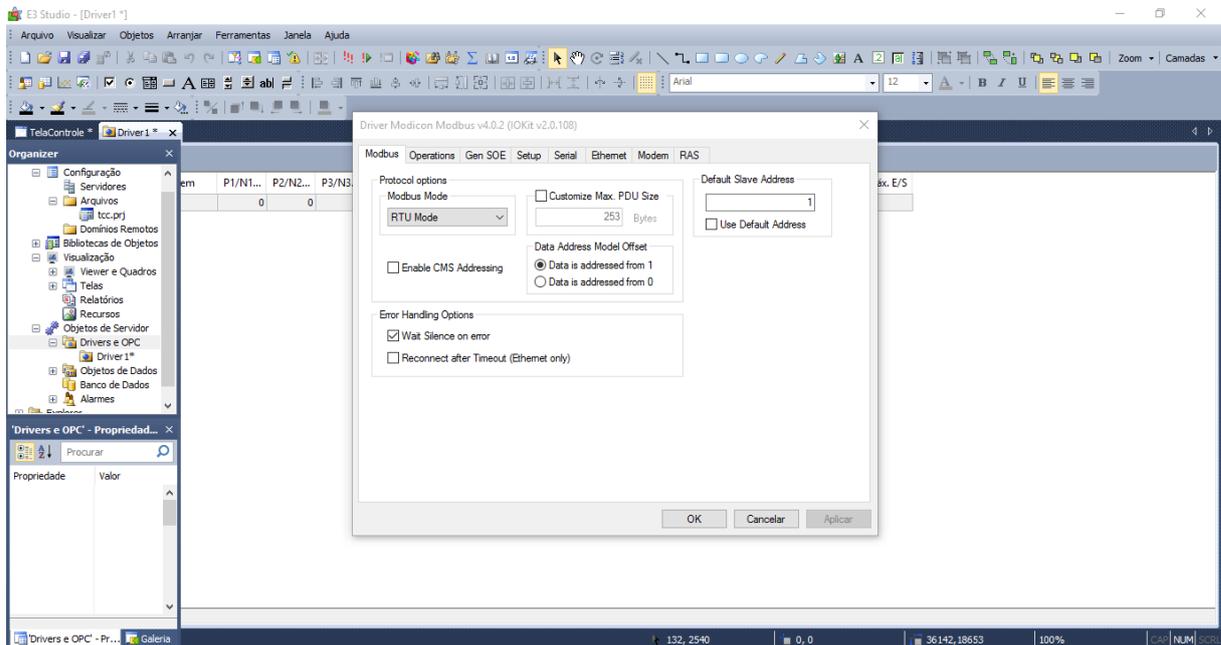
A comunicação do supervisor com o CLP é feita através de uma comunicação Modbus serial, utilizando-se um PC e o CLP Duo, colocando-se o endereçamento correto e as devidas propriedades. As figuras 5.13 à 5.16, referem-se a comunicação sendo realizada.

Figura 5.13 – Tela comunicação



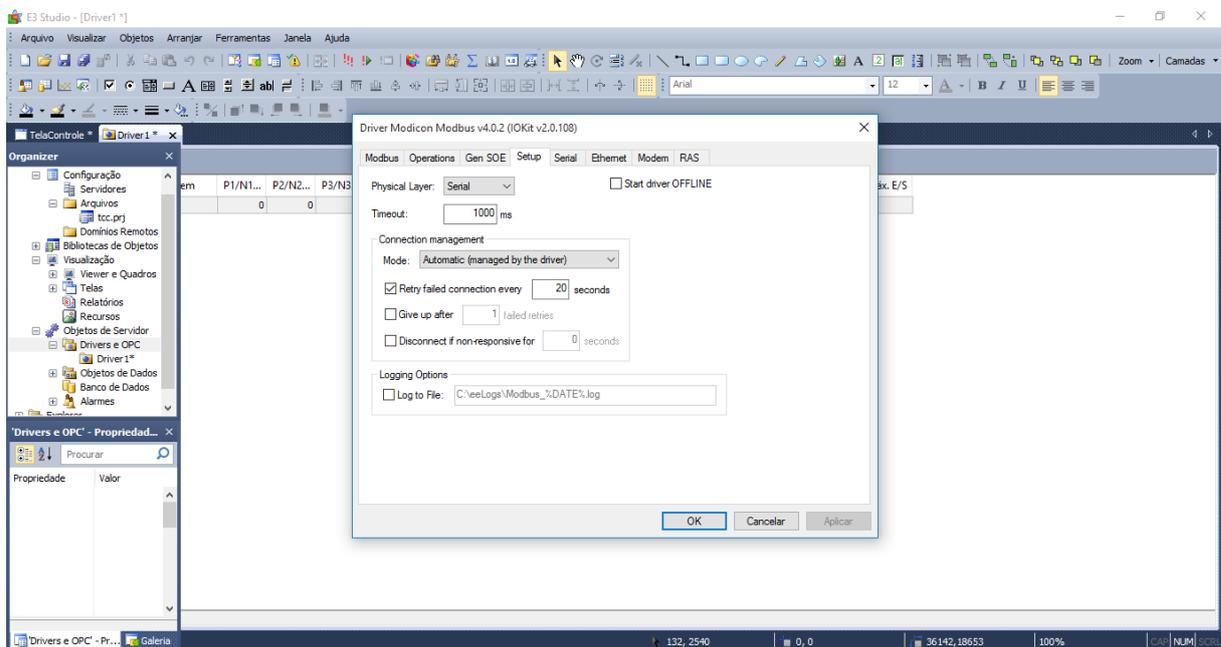
Fonte: Próprio autor.

Figura 5.14 – Tela comunicação



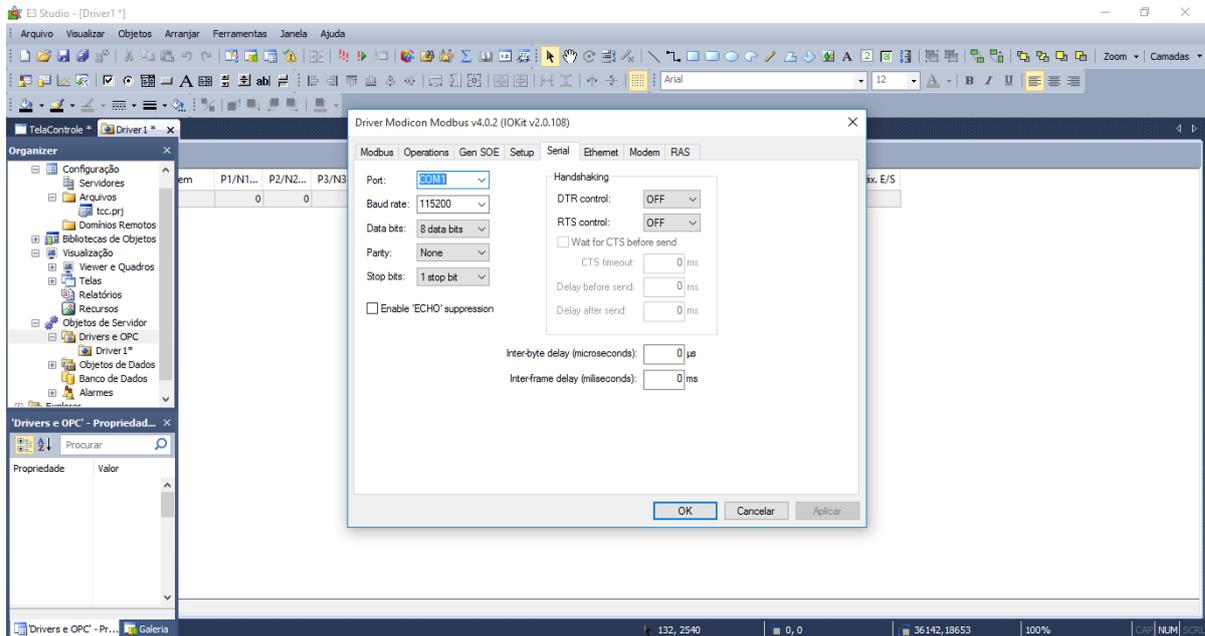
Fonte: Próprio autor.

Figura 5.15 – Tela comunicação



Fonte: Próprio autor.

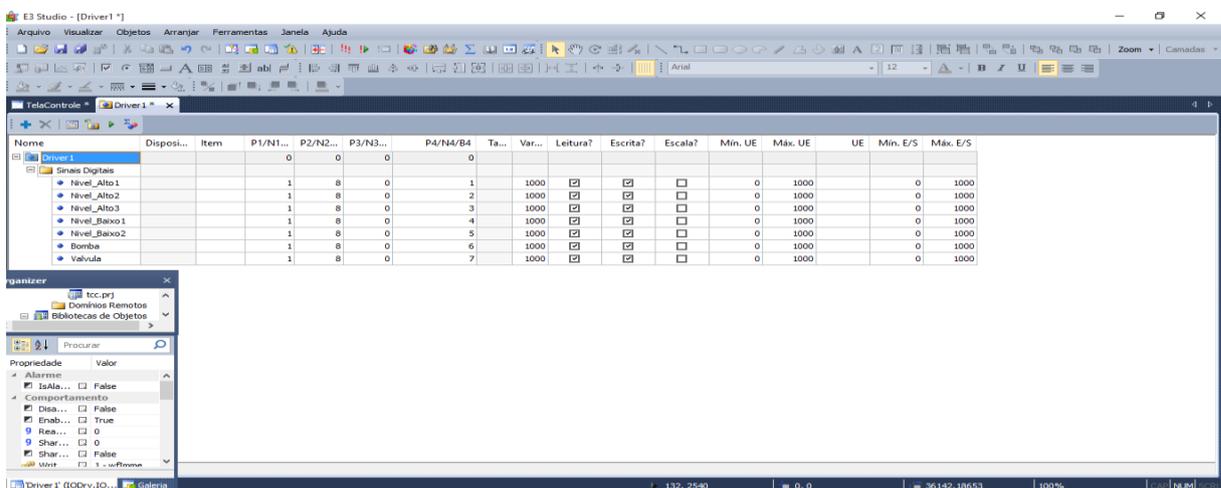
Figura 5.16 – Tela comunicação



Fonte: Próprio autor.

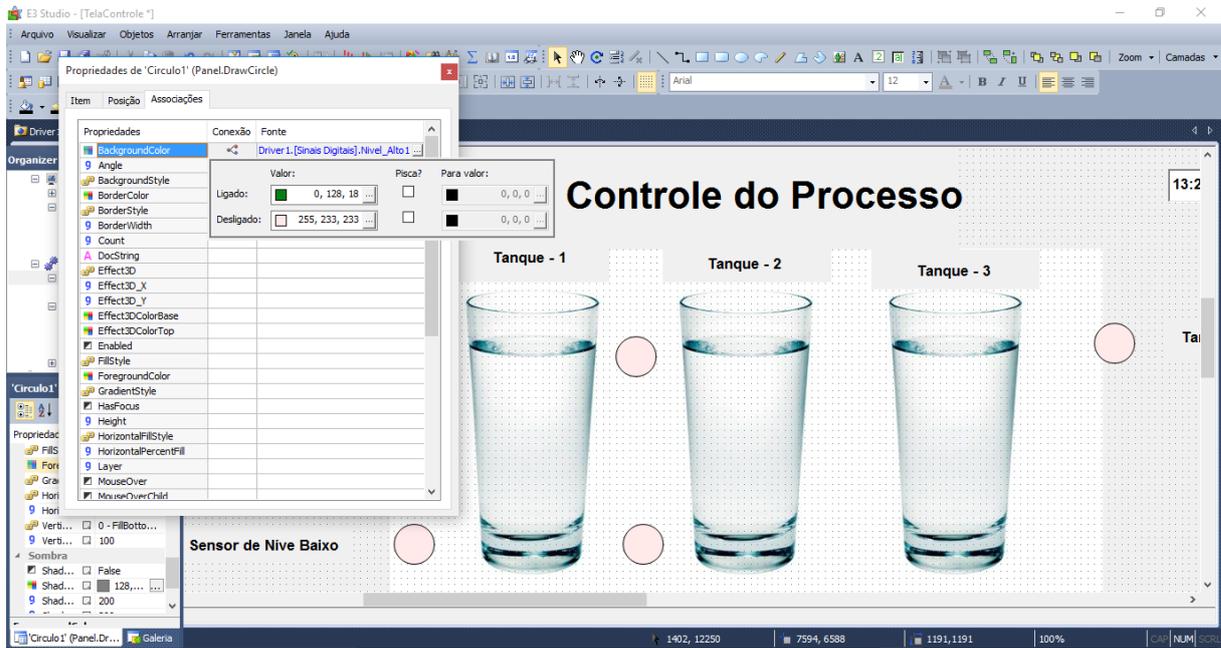
Associa-se os elementos gráficos a endereços de portas do CLP, através desses endereços os elementos gráficos podem receber sinais tanto do tipo analógico como sinais digitais, tendo-se a possibilidade de criar condicionais para as telas, com isso tem-se informações a respeito do processo em tempo real, o que possibilita tomadas de decisões e controle sobre o mesmo. As figuras 5.17 e 5.18 representam a forma com essas associações foram criadas no projeto. Como os sinais presentes nesse projeto se davam de forma digital, as associações e endereçamentos seguiram o mesmo processo de criação.

Figura 5.17 – Tela associação de sinais



Fonte: Próprio autor.

Figura 5.18 – Tela associação de sinais



Fonte: Próprio autor

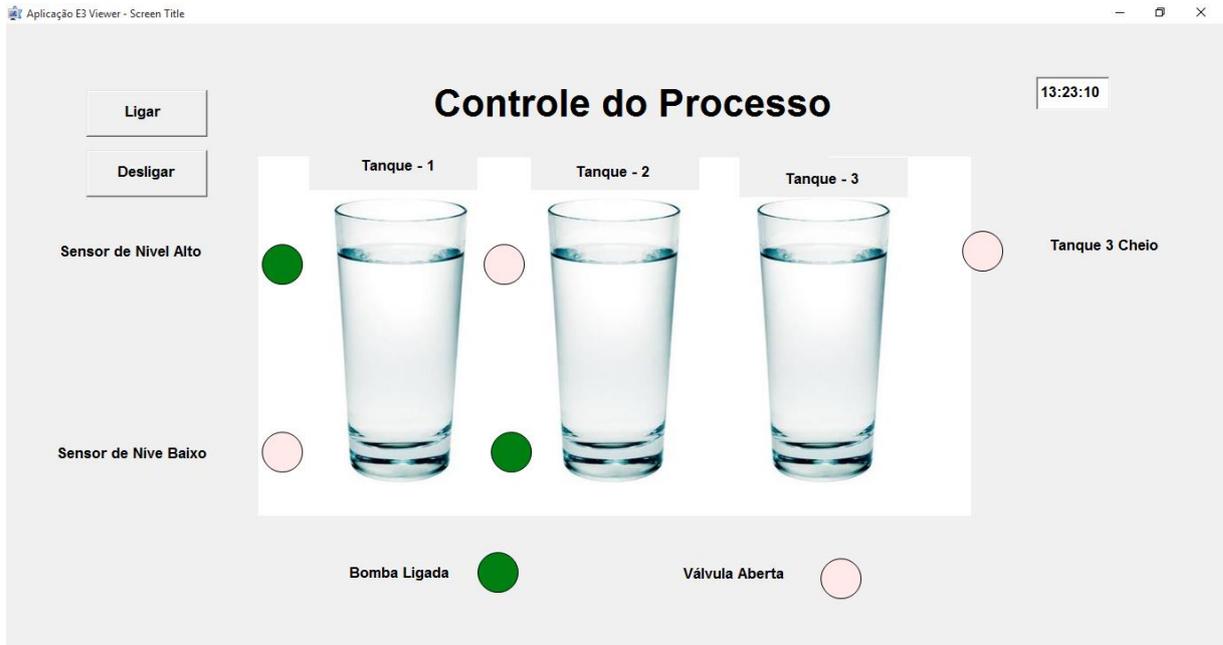
Após realizar as devidas inserções de elementos gráficos, associa-los de forma correta aos sinais provenientes do CLP e realizar a comunicação entre os sistemas, pode-se executar a implementação do sistema supervisorio na planta didática do laboratório de Tecnologias Industriais. Nas figuras 5.19 e 5.20 representa-se o sistema supervisorio em execução, verificando-se as associações realizadas e funcionamento do mesmo.

Figura 5.19 – Tela inicial controle de tanques



Fonte: Próprio autor

Figura 5.20 – Tela controle de tanques



### 5.3. Resultados

Com a implementação de todo o sistema, realizou-se a parte experimental do projeto e pode-se observar de maneira física todo o seu funcionamento. Obteve-se resultados muitos satisfatórios e com os vários testes realizados conseguiu-se aprimorar o sistema, observar as possíveis melhorias e alterações quando se fizeram necessárias. Pode-se observar que a utilização de sensores de baixo custo não permitem grande confiabilidade dos dados, visto que o volume nos reservatórios variaram em uma faixa de 1L. Para enchimento total dos tanques, com as dimensões já citadas e com os dados especificados de bomba, verificou-se através do sistema supervisorio que é necessário 7,5 minutos, o que condiz com os dados obtidos pelo trabalho já realizado anteriormente, e são necessários 11 minutos para que seja esvaziado, também condizendo com os dados compartilhado. Verificou-se com eficiência a utilização e alarmes gráficos informando o funcionamento do sistema, a ativação de bombas, solenoides e sensores, o que mostra que a implementação do sistema supervisorio ocorreu de forma correta observando-se os teste realizados.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho observa-se que a automação está cada vez mais presente nos processos, sendo implementada de forma a facilitar e torna-los mais precisos. A automação está presente em todos os níveis, desde o chão de fábrica até os mais altos níveis gerenciais.

O trabalho teve por finalidade o estudo dos sistemas supervisórios, como são implementados nos processos industriais e em quais níveis desse processo ele se encontra, suas principais características e funcionamento, assim como exemplos de *softwares* presentes no mercado, e por fim uma implementação com exemplo prático desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Industriais da Universidade Federal de Ouro Preto.

A utilização de sistemas supervisórios permite grandes resultados quando implementados, devido a facilidade de acesso aos seus dados e suas diferentes formas de controle, para trabalhos futuros pode-se citar algumas melhorias como a utilização de melhores sensores, novas formas de comunicação como redes sem fio, utilizar novas implementações, ou uma forma diferente de projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRETAS, G. L. **Sistema de Controle de Temperatura**. 2019. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 16 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

DANEELS, A.; SALTER, W. *What is SCADA?* In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCELERATOR AND LARGE EXPERIMENTAL PHYSICS CONTROL SYSTEMS. Trieste, Italy, 1999.

DA SILVA, A. P. S.; SALVADOR, M. **O que São Sistemas Supervisórios?** Disponível em: <<http://centralmat.com.br/Artigos/Mais/oQueSaoSistemasSupervisorios.pdf>> Acesso em: 11 novembro, 2019.

DE SOUZA, R. B. **Uma arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.

FAUSTINO, M. R. **Norma IEC61131-3: Aspectos históricos, técnicos e um exemplo de aplicação**. 2005. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

GOEKING, W. **Da Máquina a Vapor aos Softwares de Automação**. 52 ed., 2010. Disponível em: [https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria\\_maio\\_10.pdf](https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria_maio_10.pdf). Acesso em: 11 nov. 2019.

JURIZATO, L. A.; PEREIRA, P. S. R. **Sistemas Supervisórios**. Disponível em: <<http://centralmat.com.br/Artigos/Mais/sistemasSupervisorios.pdf>> Acesso em: 11 novembro, 2019. Rever a referencia

LOPES, M. A. M. **A importância dos sistemas supervisórios no controle de processos industriais**. 2009. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 347 p.

NATALE, F. **Automação Industrial**. 10. Ed. São Paulo: Érica, 2013. 252 p.

PEREIRA, G.A. **Sistema Experimental de Monitoramento e Controle para casas de vegetação baseado em rede de controle distribuídos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica de São Paulo. 2006.

PIMENTA, K. B. 2008, **Notas de aula** – Informática Industrial. UFOP – Ouro Preto.

PETRUZZELLA, F.D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4 ed. São Paulo. AMGH Editora Ltda. 2014.

ROSÁRIO, J. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Pearson, 2005. 356 p.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, T.D.F.M.LIMA, F.M.B. CHARRUA-SANTOS INDUSTRIA 4.0: desafios e oportunidades. **Revista produção e desenvolvimento**, [s. l.], 15 jan. 2018. Disponível em: <<http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento>> Acesso em: 11 nov. 2019.

SCHMIDT, A. M. **Controle de nível de líquido utilizando controlador lógico programável**. 2008. 35 p. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2008.

SILVA, T. V. **Simulação de modelos matemáticos de uma planta didática para controle de nível e temperatura em um *cluster beowulf***. 2012. 75 p. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2012.

YABARRENA, J.M.S.C. **Tecnologias System on chip e can em sistemas de controle distribuídos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo. 2006.