

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MILENA EMI KATAOKA**

**AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: TELEMETRIA DE GESTÃO DO CONSUMO DA  
ÁGUA**

**LONDRINA**

**2023**

**MILENA EMI KATAOKA**

**AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: TELEMETRIA DE GESTÃO DO CONSUMO DA  
ÁGUA**

**Industrial Automation: Water Consumption Management Telemetry**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Mecânica da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Roger Nabeyama Michels

**LONDRINA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**MILENA EMI KATAOKA**

**AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: TELEMETRIA DE GESTÃO DO CONSUMO DA  
ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Mecânica da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 2/junho/2023

---

Roger Nabeyama Michels  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Claudia Santos Fiuza Lima  
Doutorado em Engenharia Mecânica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Marcos Massaki Imamura  
Mestrado em Engenharia Industrial  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por me guiar e estar comigo em todos os momentos da minha vida, sendo eles bons ou ruins.

Um agradecimento ao meu orientador Prof. Dr. Roger Nabeyama Michels, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória, por todos os conselhos e por toda a dedicação profissional.

Agradeço aos meus pais Cíntia e Fabrício por sempre me incentivarem e estarem presentes, acreditando e encorajando em todas as fases dos meus estudos.

Agradeço ao meu marido Gabriel Rocatelli por viver ao meu lado em toda a trajetória da graduação e acreditar muito em meu potencial, por vezes, muito mais do que eu era capaz de acreditar.

Agradeço à banca avaliadora - professores Cláudia e Marcos - por aceitarem a participação e contribuírem durante toda a construção deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho é composto por um projeto de automação industrial de distribuição de água. A abordagem do sistema de telemetria é composta por um projeto que busca aplicação da internet das coisas, mais conhecido como *IoT*, sua principal finalidade é integrar todos os dados que compõem a distribuição de água de uma indústria agrícola que atua operando um sistema de irrigação, consumo dos processos produtivos e de reserva de emergência. O sistema é composto por equipamentos físicos que coletam a variável física (vazão de água e nível de água) e geram dados em tempo real à uma interface onde o operador pode consultar de maneira remota todos as informações coletados das lagoas, dos poços e dos reservatórios. Além da consulta dos dados, há a possibilidade de gerar relatórios gráficos de tendência e também, em uma situação de alerta de emergência, ter o conhecimento da ocorrência.

**Palavras-chave:** controlador lógico programável; sistema supervisório; gestão da água; sistema de comunicação.

## ABSTRACT

The present work is composed by a project of industrial automation of water distribution. The telemetry work approach is composed of a project that seeks application of the internet of things, better known as IoT, its main purpose is to integrate all the data that work a water distribution system of an industry that operates a water distribution system. water from an industry that operates an irrigation system, consumption of processes and emergency reserve. The system is composed of physical equipment that collects a physical variable (water flow and water level) and generates data remotely in real time to an interface where the operator can consult all the equipment, such as information on the ponds, wells and reservoirs. In addition to consulting the data, there is a possibility to generate graphical trend reports and also, in an emergency alert situation, to have knowledge of the occurrence.

**Keywords:** programmable logical controller; supervisory system; water management; communication system.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Siglas

A/D	Conversão de analógico para digital
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CAD	Desenho Assistido por Computador
CLP	Controlador Lógico Programável
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i>
D/A	Conversão de digital para analógico
E/S	Entrada e Saída
FDM	<i>Frequency-Division Multiplexing</i>
GIS	Sistema de Informações Geográficas
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IA	<i>Intelligence Artificial</i>
IEC	Comissão Internacional de Eletrotécnica
IHM	Interface Homem-Máquina
IoT	<i>Intelligence of things</i>
LED	<i>Light emitter diode</i>
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OPCUA	<i>Open Platform Communications Unified Architecture</i>
PID	Sistema de Controle Proporcional, Integral e Derivativo
RAM	<i>Random Access Memory</i>

ROM	<i>Read Only Memory</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
TDM	<i>Time-Division Multiplexing</i>
UCP	Unidade Central de Processamento
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
WSN	Rede de Sensores Sem Fio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
2.1	Objetivos gerais	10
2.2	Objetivos específicos	10
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Revolução Industrial</b>	<b>12</b>
4.1.1	Automação Industrial	13
4.1.2	Indústria 4.0	15
<b>4.2</b>	<b>CONTROLE SUPERVISÓRIO E AQUISIÇÃO DE DADOS (SCADA)</b>	<b>17</b>
4.2.1	CLP - Controlador Lógico Programável	18
4.2.2	IHM - Interface Homem-Máquina	22
4.2.3	REDES DE COMUNICAÇÃO	23
<b>4.3</b>	<b>SENSORES</b>	<b>25</b>
4.3.1	Medidor de nível	25
4.3.2	Medidor de vazão	26
<b>4.4</b>	<b>TELEMETRIA</b>	<b>27</b>
<b>4.5</b>	<b>FONTE DE ALIMENTAÇÃO</b>	<b>28</b>
4.5.1	Sistema fotovoltaico	28
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Funcionamento dos reservatórios</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Funcionamento dos poços</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Funcionamento das lagoas</b>	<b>36</b>
<b>5.4</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>37</b>
<b>5.5</b>	<b>Programa SCADA</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>44</b>
<b>6.1</b>	<b>Desenvolvimento e análise do sistema supervisionado</b>	<b>44</b>
<b>6.2</b>	<b>Comunicação</b>	<b>44</b>
<b>6.3</b>	<b>Antenas de sinal e sensores de nível</b>	<b>46</b>

6.4	CLP e IHM . . . . .	48
6.5	Relatórios . . . . .	50
7	CONCLUSÃO . . . . .	52
	REFERÊNCIAS . . . . .	53
	ANEXO A DIAGRAMA FUNCIONAL DA TELEMETRIA . . . . .	57



## 1 INTRODUÇÃO

Em 2021, a UNESCO realizou o Relatório Mundial das Nações Unidas, no qual foi pontuado que em âmbito mundial, os principais aquíferos estão passando por um crescente estresse hídrico. Além disso, a principal atividade que mais interfere na utilização de recursos hídricos, é a irrigação, sendo que para o setor é destinado cerca de 30% do consumo dos aquíferos.

A transformação e modernização com o advento da indústria 4.0 alavancaram a utilização de tecnologias na agricultura, tornando possível o acompanhamento de todos os procedimentos de produção de maneira eficiente alinhado com a sustentabilidade no campo, permitindo registros, monitoramentos, armazenamento de informações e conhecimento de dados em tempo real. As principais tecnologias aplicadas são sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sistema de Informações Geográficas (GIS), Rede de Sensores Sem Fio (WSN), drones, softwares, entre outros. (AMORIM, 2020)

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) cerca de 48,9% do consumo da água está no setor destinado à irrigação, todavia é necessário apontar que para o valor citado, pode haver divergência de acordo com a interferência da sazonalidade. A indústria utiliza do recurso na irrigação de maneira consultiva, denominada por setores que retiram e consomem, para que não haja o consumo excessivo e prevenir e minimizar os efeitos da seca, a ANA emite normas que possuem o objetivo de assegurar o acesso dos recursos hídricos.

A recorrência de inclusão dos sistemas supervisórios em distribuições de recursos hídricos têm sido implantados cada vez com mais frequência, quando há a conveniência de melhorias quanto à eficiência na produtividade, base de dados seguros, diminuição de erros e prevenção de acidentes. Os sistemas mais simples monitoram os equipamentos que realizam as medições, já os mais complexos são capazes de realizar o controle industrial.

A automação industrial se faz presente com grandes responsabilidades quando há a intervenção de visão de crescimento econômico e produtivo. O presente trabalho é composto por um descritivo da implantação da telemetria em uma indústria agrícola que busca tornar a automação na distribuição da água, a telemetria é um serviço prestado pela empresa Engética Engenharia, empresa na qual realizei meu estágio obrigatório, vale ressaltar que o projeto será abordado com a exclusão da parte programável do Controlador Lógico Programável (CLP), pois foi desenvolvido por uma terceira empresa.

## **2 OBJETIVOS**

Neste capítulo é abordado o objetivo geral do trabalho e os objetivos específicos que serão aplicados em toda extensão do trabalho.

### **2.1 Objetivos gerais**

Elaborar e implementar o projeto de um sistema de telemetria utilizando CLP, na gestão hídrica para irrigação, processos produtivos e reserva de emergência, localizado na região norte do Paraná.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Desenvolver a bibliografia da telemetria;
- Projetar um sistema que monitorea o consumo da água de acordo com a vazão e o nível da água presentes em reservatórios, poços e lagoas;
- Selecionar os equipamentos conforme requisição de projeto;
- Instalar os equipamentos;
- Relatar todos os procedimentos de projeto.

### 3 JUSTIFICATIVA

A indústria 4.0 trouxe inovações que alavancaram os processos industriais tanto na gestão remota quanto na gestão integrada, dessa forma, a telemetria industrial envolvendo a inteligência das coisas, banco de dados, armazenamento em nuvem e ciber segurança, possui capacidade de controle aos gestores sobre todo o processo produtivo.

O desenvolvimento do trabalho contém um projeto de telemetria para coleta e armazenamento de dados referentes à gestão de recursos hídricos, no qual os principais benefícios são facilidade de monitoramento através de software remoto, leitura de dados em tempo real e armazenamento em banco de dados para visualização de relatórios periódicos, monitoramento de funcionalização dos equipamentos, precisão e assertividade nos dados coletados.

Além disso, a implantação possui capacidade de expansão de novos gerenciamentos, de forma que há a necessidade de atualizações no software do CLP, tais expansões podem ser atribuídas à outros setores produtivos, tais como, consumo de água por setor, monitoramento de manutenções, sistema de captação da água da chuva, controle de nível de combustível de máquinas, entre outros.

Ademais, o presente trabalho colabora com o acervo de pesquisas e desenvolvimentos na área de automação industrial em sistemas de telemetria na gestão de distribuição da água. O trabalho será dividido em cinco etapas, sendo elas:

**Etapa 1:** Definição do escopo do projeto, onde será traçado os objetivos e parâmetros necessários para a aplicação da telemetria.

**Etapa 2:** Revisão bibliográfica do conteúdo técnico informativo de todos os componentes necessários para implantação da automação industrial e compreensão do projeto.

**Etapa 3:** Elaboração dos requisitos para a funcionalidade de todos equipamentos e sistemas integrados.

**Etapa 4:** Instalação do projeto na planta fabril.

**Etapa 5:** Elaboração do relatório final da disciplina com a necessidade de encerrar o trabalho retornando o escopo e objetivos traçados em seu princípio.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo se inicia os principais conceitos para aplicação da telemetria que serão aplicados à metodologia do desenvolvimento do projeto, sendo dividido em conceitos básicos da automação industrial e da telemetria .

### 4.1 Revolução Industrial

Segundo Ortiz, Marroquin e Cifuentes (2020), o conhecimento, a experimentação e a inovação são três fundamentos importantes que resultaram no início da história do desenvolvimento da indústria, gerando cidades estruturadas, populações que buscam desenvolver conhecimento e processos de produção onde é capaz de contribuir para a chamada revolução industrial.

A primeira revolução industrial ocorreu no final do século XVIII, com a busca pela produção dos bens de consumo, onde surgiram as primeiras máquinas industriais à vapor com intuito de auxiliar na produção têxtil. A segunda revolução nos anos 1870, teve expansão primeiramente na Europa, onde foi explorado energia hidrelétrica e derivados fósseis (petróleo), outras ocorrências foram as aplicações de conhecimentos em máquinas à vapor, ocorrendo principalmente em locomotivas e barcos. (SANTOS; ARAÚJO, 2016)

O surgimento de multinacionais, automatização de processo produtivo, produção em série, avanço da indústria química, eletrônica e uso de robôs foi marcado pelo início da terceira revolução industrial, em meados do século XX. Desdobramentos desse cenário trouxe a produção à base de controladores onde eram programados de acordo com a necessidade de um aprimoramento no processo produtivo. (SANTOS; ARAÚJO, 2016)

De acordo com Alcácer e Cruz-Machado (2019), o início da quarta revolução industrial ocorreu por meio da digitalização ou automação das fábricas, onde iniciou-se a utilização de sistemas por meio do qual era possível obter a capacidade de tomada de decisões em tempo real dos dados por meio de análises pré estabelecidas armazenadas na nuvem. Os grandes pilares são divididos em *Intelligence of things* (IoT), Big Data, análise de dados, realidade aumentada, segurança cibernética, robôs colaborativos, *Intelligence Artificial* (IA), simulações, sistemas integrados, impressão 3D e armazenamento em nuvem.

Há um conceito visionário a respeito do que será a quinta revolução industrial, ainda é difícil definir com um consenso sólido, porém, a sustentabilidade, o ser humano com enfoque central, a resiliência organizacional, a interação e a colaboração do homem e da máquina se tornam grandes tendências para o futuro. (PEREIRA; SANTOS, 2022)

A Figura 1 ilustra de maneira resumida e simples, as cinco revoluções industriais citadas anteriormente, nas quais é possível notar diferentes fases e relevância equivalente a cada marco histórico que ocorreu.

**Figura 1 – As Revoluções Industriais.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

#### 4.1.1 Automação Industrial

De acordo com Parede e Gomes (2011), a automação industrial não está resumida apenas em substituir a ação humana ou animal de tarefas repetitivas, perigosas e exaustivas, mas também em obter maior qualidade nos processos, ganho em otimização do espaço e da produção, acentuada redução de custos e tempo de produção.

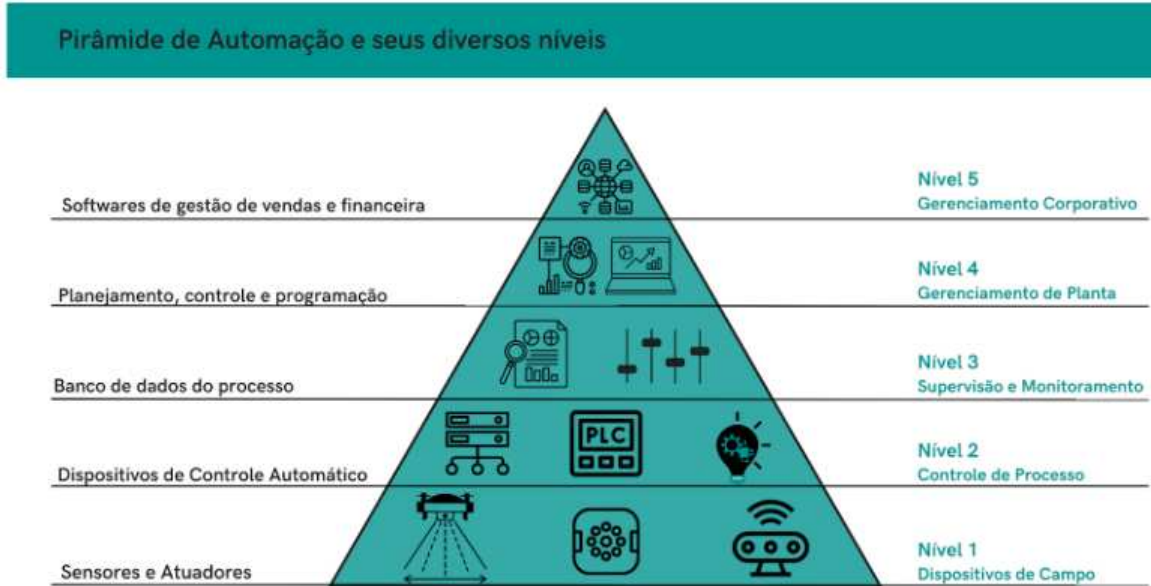
Segundo Ribeiro (1999), o conceito de automação é a utilização de máquina com mínima interferência humana, onde há o controle de processos automáticos. Dessa forma, para que haja a automação, é necessário haver um mecanismo de própria atuação, geralmente utilizando a potência elétrica ou mecânica, onde há a realização de uma determinada ação em condições estabelecidas.

A automação industrial demanda grandes responsabilidades e vantagens quando se trata de desempenho, dessa forma, é possível apontar grandes aplicações quanto ao aumento de velocidade e rendimento, melhora na qualidade e no controle, ganho econômico, flexibilidade e aprimoramento funcional e aumento da confiabilidade. (INDUSTRIAL. . . , 2022)

Conforme Goeking (2010), a automação pode ser dividida em 5 níveis, onde o primeiro nível é a base da pirâmide e o quinto nível é o topo da pirâmide, conforme ilustrado na Figura 2.

A estrutura representada gera um maior entendimento quanto aos modelos de desenvolvimento que construíram ao longo dos anos aprimoramento de tecnologias para a automação.

**Figura 2 – As Revoluções Industriais.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Conforme demonstrado na Figura 2, é plausível notar que para cada fase da pirâmide é exemplificado por uma série de características fundamentais que será discorrido a seguir:

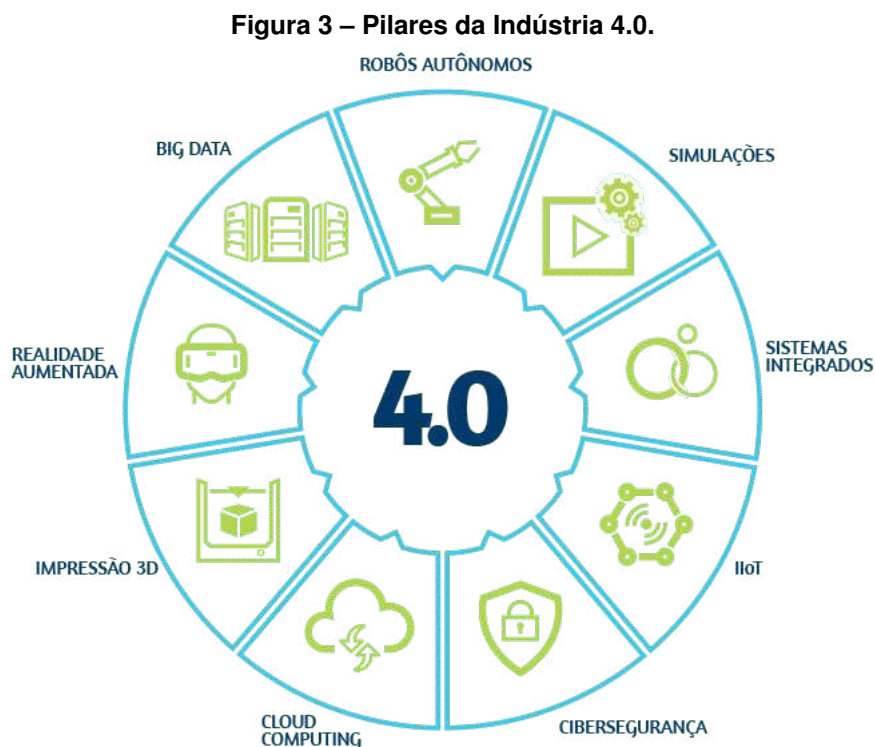
- O Nível 1 abrange o desenvolvimento de sistemas supervisionados, no qual auxilia o adequado funcionamento das máquinas de produção, por meio de sinalização de *Light emitter diode* (LED), medições de sensores digitais e analógicos, relés, inversores de frequência, conversores, sistemas de partida, entre outros. (GOEKING, 2010)
- O nível 2 engloba a inserção de novos dispositivos onde possuem a finalidade de controlar supervisões relacionadas aos procedimentos fabris. Os controladores podem ser digitais, dinâmicos e analógicos, sua principal função é repassar comandos para os equipamentos presentes no nível 1. Os principais controladores são divididos em Comando Numérico Computadorizado (CNC), CLP e Sistema de Controle Proporcional, Integral e Derivativo (PID). (GOEKING, 2010)
- Segundo Martins (2012), o nível 3 é composto por um sistema supervisor de banco de dados no qual há informações relacionadas à produção, como relatórios, estatísticas de processos e índices de produtividade. O banco de dados é alimentado por equipamentos presentes no nível 1 e 2, tais dados são utilizados para gerar análises administrativas onde há supervisão e monitoramento.
- O quarto nível é caracterizado pelo planejamento, controle e programação, de forma que haja a presença de um sistema corporativo no qual efetua o gerenciamento da

planta fabril, gerando tarefas que influenciarão os níveis 1, 2 e 3. O controle e a logística também estão integrados no quarto nível com intuito de administrar os recursos ligados à produção. (YAMAGUCHI, 2006)

- O topo da pirâmide, denominado nível 5, é apresentado o nível de gerenciamento corporativo, onde há a gerência de um ou mais computadores que realizam os processamentos de todos os recursos com intuito de efetuar a operação de monitoramento de uma planta, realizada por um ou mais softwares gerenciais/corporativos. Os computadores devem possuir capacidade, confiabilidade e sigilo quanto a base de dados que estão constantemente sendo processados. (FREDERICO; MARTINS, 2012)

#### 4.1.2 Indústria 4.0

A indústria 4.0 foi um termo atribuído às fábricas inteligentes, nas quais por meio de um sistemas ciber físicos ocorre a integração das máquinas instaladas e as atividades humanas. Além disso, a indústria 4.0 está associada à vários desenvolvimentos tecnológicos, conforme exemplificado na Figura 3, cada um dos aspectos abordam uma organização que gerencia e controla a gama de operações onde valoriza o produto e a indispensabilidade de satisfazer o cliente. (PETRILLO; CIOFFI; FELICE, 2018)



De acordo com Alcácer e Machado (2019), a indústria 4.0 pode ser dividida em alguns aspectos fundamentais, que são:

- **Sistemas Integrados:** A integração de sistema horizontal tem a finalidade de melhorar o ciclo de vida do produto, gerando uma conexão entre empresas. Já a integração vertical está relacionada à manufatura, planejamento de negócios, produção e gestão. (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019)
- **Big Data ou digitalização:** é definido como um grande volume de dados que são armazenados e processados que podem ser utilizados para auxiliar em pesquisas, análises e planejamento estratégico. (BIG. . . , 2016)
- **Internet das coisas (IoT):** é atribuída a conexão via rede que permite com que pessoas ou máquinas estejam conectadas em qualquer hora, qualquer local com outras máquinas e pessoas, tendo como referência tanto o mundo físico, como a interação virtual no mesmo espaço e tempo. (SUNDMAEKER *et al.*, 2010)
- **Sistema ciber físico (*Cyber-Physical Systems* (CPS)):** são importantes para a gestão ambiental pois cumprem cronogramas de produção por meio de dados, informações e cronogramas de produção. Dessa forma, o sistema ciber físico comunica o sistema produtivo por meio de tarefas programadas, tornando o uso de recursos e insumos de maneira consciente. (PETRILLO; CIOFFI; FELICE, 2018)
- **Inteligência Artificial IA ou robótica autônoma:** é composto por robôs colaborativos que realizam tarefas de maneira eficiente por um tempo superior se comparado com a contribuição do colaborador, fazendo com que haja a redução de custos na produção, execução de tarefas altamente precisas, execução de tarefas que necessita grande esforço humano com segurança. (ROJKO, 2017)
- **Fabricação aditiva ou impressão 3D:** é uma tecnologia capaz de criar peças complexas a partir do zero, adicionando camada por camada se baseando em uma personalização de modelo Desenho Assistido por Computador (CAD) 3D, dessa forma é possível realizar a customização economizando recursos e evitando o desperdício. (TOFAIL *et al.*, 2018)
- **Computação em nuvem:** é composto por dados nos quais podem ser acessados por meio de internet ou pela rede. A implementação da computação otimiza o acesso a dados, rompendo as barreiras físicas de maneira dinâmica. (WU; ROSEN; SCHAEFER, 2014)
- **Simulação ou realidade aumentada:** é uma aplicação que consiste em elaborar uma computação gráfica transformando algo que é real para o ambiente virtual, há possibilidade de realizar simulações onde é possível abordar análises do produto. (CERUTI *et al.*, 2019)



Sendo assim, a pretensão de aplicação da indústria 4.0 está atrelada à confiabilidade, latência, longevidade dos dispositivos em relação a taxa de transferência de dados e sistema de comunicação. Grande parte dos dispositivos possuem uma base de infraestrutura baseada em protocolos industriais. (VARGHESE; TANDUR, 2014)

## 4.2 CONTROLE SUPERVISÓRIO E AQUISIÇÃO DE DADOS (SCADA)

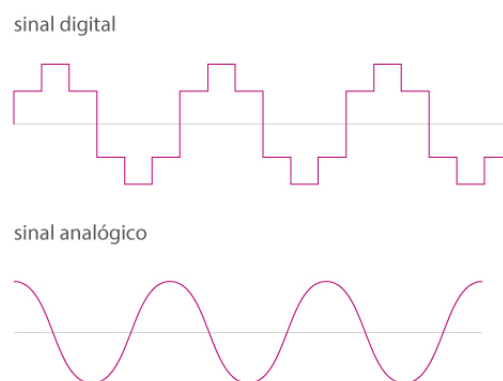
De acordo com Ribeiro (1999), a principal finalidade para a aquisição de dados está relacionada ao armazenamento e análise de dados com intuito de monitorar os processos. Desse modo, é necessário que tal armazenamento ocorra em tempo real e com grande precisão.

Os sistemas SCADA são realizados por meio da utilização tanto do hardware, como do software, ambos necessitam de um protocolo de comunicação e conexão de uma rede local, a combinação dos fatores citados, trarão disponibilidade e segurança dos dados. (COSTA, 2009)

De acordo com Silveira e Santos (2009), há dois tipos de sinais, o sinal digital e o analógico, no entanto, os dispositivos mesmo tendo uma classificação de funcionamento, internamente operam em um sistema misto (digital/analógico). A Figura 4 ilustra a leitura dos dois diferentes sinais em relação às frequências, o sinal analógico opera com valores intermediários enquanto o sinal digital trabalha com números inteiros em dois níveis lógicos, sendo ligado ou desligado.

Os sinais digitais são pouco afetados pelos ruídos, são mais precisos que os analógicos e os projetos são mais baratos pois essencialmente os circuitos são de chaveamento, já os circuitos analógicos necessitam de dispositivos mais robustos. (SILVEIRA; SANTOS, 2009).

**Figura 4 – Diagrama de blocos básicos do CLP.**

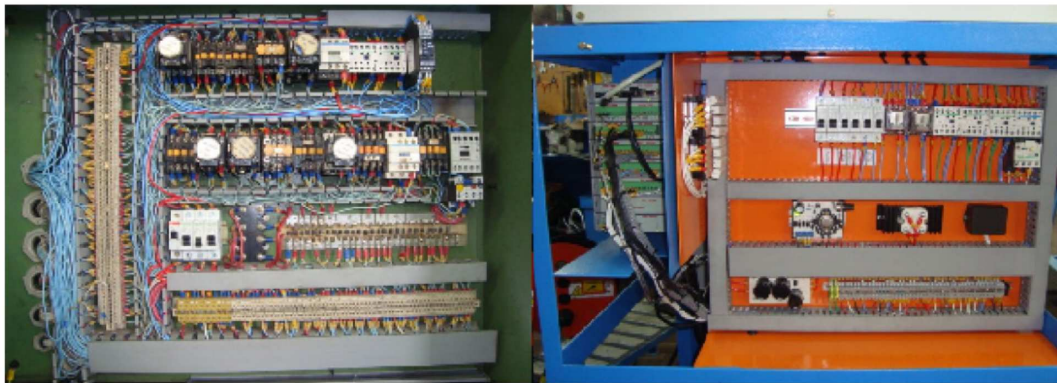


**Fonte: Cortes (2017).**

#### 4.2.1 CLP - Controlador Lógico Programável

De acordo com Parede e Gomes (2011), no final da década de 1960 ocorreu o surgimento do primeiro CLP, tal equipamento trouxe consigo uma revolução nos controles e comandos industriais. Anteriormente, toda automação que havia sido desenvolvida era por meio dos relés, conforme a parte esquerda da Figura 5, que possuíam uma base em lógica fixa, conhecida como *hardwired*, no qual havia a necessidade de muitos relés eletromecânicos interligados por circuitos elétricos, longas fiações e grandes armários para comportar todos os componentes. Do lado direito da Figura 5, é exemplificado um quadro elétrico por meio do comando de CLP.

**Figura 5 – Pannel com relés e contadores e pannel com CLP.**



**Fonte: Cunha (2012).**

O avanço tecnológico no desenvolvimento de CLP ocorreu atrelado ao desenvolvimento de computadores e arquiteturas tanto de hardware quanto de software. Sendo assim, com o passar dos anos, houve uma melhora significativa no poder de processamento e impacto na diminuição do tamanho dos dispositivos. (PAREDE; GOMES, 2011).

O CLP pode ser definido como um equipamento no qual possui um sistema eletrônico complexo para utilização industrial capacitado a gerenciar o controle industrial com aplicações eminentemente flexíveis. (PRUDENTE, 2011).

A Figura 6 ilustra alguns dos diferentes tipos de CLP da marca Siemens, tais equipamentos são escolhidos pela economia de espaço e design modular .

Predominantemente há dois tipos de processo industrial que possuem capacidade de manipular e controlar variáveis, sendo elas do tipo analógica, que consistem em um monitoramento em tempo contínuo, muito aplicado em controle de processos e de manipulação, como a indústria química e do tipo discreta, ou digital, que é caracterizada em aplicações industriais manufatureiras, cujo maior expoente é a indústria automobilística. (SILVEIRA; SANTOS, 2009)

A norma Comissão Internacional de Eletrotécnica (IEC) (61131, 1993) contém o descritivo completo para projetos de controladores lógico programáveis, o principal objetivo da norma

**Figura 6 – CLP Siemens Simatic S7.**



**Fonte: Siemens (2021).**

é estabelecer padrões relacionados ao hardware, instalação, testes, documentação, programação e comunicação, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 – Norma IEC 61131.**

heightParte	Título	Conteúdo	Publicação
1	Informações Gerais	Definição de Terminologia e Conceitos	2003 (2ª Edição)
2	Equipamentos e Testes	Teste de Verificação e Fabricação eletrônica e Mecânica	2003 (2ª Edição)
3	Linguagens de Programação	Estrutura do Software CLP, linguagens e execução do programa	2003 (2ª Edição)
4	Diretrizes de Usuário	Seleção, instalação e manutenção de CLP	2004 (2ª Edição)
5	Comunicação	Funcionalidades para comunicação com outros dispositivos	2000 (1ª Edição)

Cada fabricante de CLP possuía a própria arquitetura de operação dos equipamentos com seus respectivos softwares para realizar a programação e simulação dos dispositivos. Porém, a IEC estabeleceu uma norma padrão das linguagens de programação, que ficou conhecida como IEC 61131-3, com a finalidade de integrar os diferentes modelos de fabricantes diferentes em uma arquitetura unificada. (PAREDE; GOMES, 2011).

Linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer. Programar é fornecer instruções a um sistema computacional, que irá executar automaticamente as decisões de controle, em função do estado atual das entradas e saídas do sistema em um determinado instante. (SANTOS, 2010)

A linguagem de programação, segundo a norma IEC 61131-3 é bastante eficiente, pois permite ao usuário representar um programa de automação ou de um processo tanto em diagrama lógico como em lista de instruções, tornando-se atualmente um padrão entre os diversos fabricantes de CLP. Esta linguagem é uma das muitas de alto nível. Entende-se por alto ní-

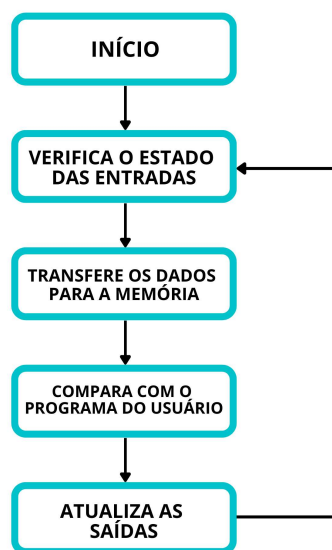
vel aquela que se aproxima da linguagem humana. Foi desenvolvida levando-se em conta os conhecimentos da área de automação, tendo então surgido representações para a mesma linguagem, de acordo com a Tabela 2. (NATALE, 2008)

**Tabela 2 – Linguagens de programação.**

height	Classe	Linguagem	Abreviatura
Textual		Listas de Instruções	IL
Textual		Diagrama Ladder	LD
Gráfico		Diagrama de Blocos Funcionais	FBD
Gráfico		Texto Estruturado	ST
Gráfico		Sequenciamento Gráfico de Funções	SFC

O funcionamento básico do conjunto de instruções conhecido como programa funciona de maneira cíclica, com etapa de entrada, onde os sinais coletados do ambiente externo são lidos e armazenados no banco de memórias, tem também a etapa de programa, onde ocorre a execução de um roteiro com instruções para gerar dados à saída e por fim a etapa de saída, no qual armazena a aplicação aos módulos de saída. A Figura 7 ilustra o funcionamento básico da varredura do CLP. (ZANCAN, 2011).

**Figura 7 – Ciclo de varredura de um CLP.**



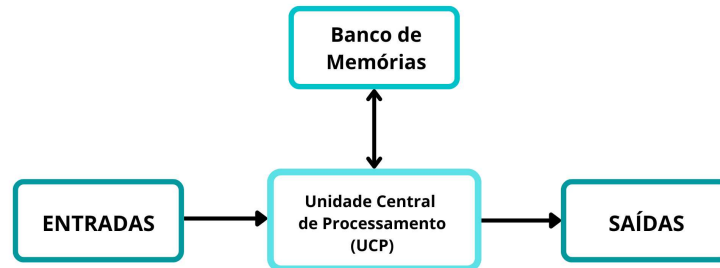
**Fonte: Adaptado de Zancan (2011).**

Segundo Ribeiro (1999), as principais limitações estão na capacidade limitada nas tomadas de decisões, para cada situação específica, deve ser feito a programação de acordo com a necessidade, também é preciso realizar calibrações periódicas para analisar a precisão da medida e por fim, a manutenção é importante para que os equipamentos sejam mantidos em boas condições de operação.

De acordo com Parede e Gomes (2011), CLP possui três módulos básicos, tais como unidade central de processamento, bloco de memória e módulos de entrada e saída, como

ilustrado na Figura 8. Além do funcionamento básico, há a fonte de alimentação, terminal de programação, blocos de comunicação e para algumas aplicações, interface homem-máquina.

**Figura 8 – Diagrama de blocos básicos do CLP.**



**Fonte: Adaptado de Parede e Gomes (2011).**

As portas de entrada são conectadas pelos transdutores, os quais encaminham dados elétricos à Unidade Central de Processamento (UCP) que é composta pelos processos programados previamente pelo usuário, ativando ou desativando as portas de saída que são conectadas aos dispositivos atuadores que serão controlados. (ZANCAN, 2011).

Cada componente do CLP possui a própria funcionalidade, sendo definida por:

- Unidade Central de Processamento: A CPU percorre todos os circuitos lógicos programados com a finalidade de controlar e supervisionar todas operações realizadas pelo CLP. (RIBEIRO, 1999).
- Bloco de Memória: É composto pelo programa desenvolvido pelo fabricante(firmware), programa desenvolvido pelo usuário e dados do programa desenvolvido também pelo usuário. (PAREDE; GOMES, 2011). De acordo com Fialho (2018), as memórias tipo *Random Access Memory* (RAM) podem ser gravadas e regravadas de maneira volátil, por isso armazenam os dados de maneira temporariamente, já as memórias do tipo *Read Only Memory* (ROM) são memórias destinadas a armazenar os dados que não serão alterados nem mesmo com a falta de energia.
- Fonte de alimentação: Dependendo do modelo de CLP a fonte pode ser interna ou externa, sendo que as internas podem ser encaixadas ou montadas no CLP. A fonte possui a finalidade de transformar a tensão de 110 a 220VCA, para a alimentação dos módulos Entrada e Saída (E/S), sensores e atuadores que possuem tensão de 24VCC e 5VCC para o microprocessador, memórias e circuitos auxiliares. (ZANCAN, 2011).
- Módulos de entrada e saída: Conectam a UCP de toda ocorrência externa, os módulos de entrada são alimentados por sinais dos sensores, já os módulos de saída encaminham sinais para os atuadores, há dois tipos de sinais, os digitais e analógicos (PAREDE; GOMES, 2011). Segundo Silveira e Santos (2009), os principais dispositivos de entrada são chaves seletoras, pushbuttons, sensores, contato de partida, contato de

relés, já os dispositivos de saída são relés de controle, solenóides, válvulas, alarmes, entre outros.

- Bateria: Em situações nas quais há a interrupção de energia elétrica para alimentação do circuito, a bateria mantém o devido funcionamento do CLP. (ZANCAN, 2011).

De acordo com Ribeiro (1999), o CLP traz muitos benefícios nas aplicações industriais, sendo eles:

- Aumento de produtividade, devido ao aumento do índice MTBF(Tempo médio entre falhas).
- Maior segurança aos operadores, por meio do aumento da confiabilidade dos equipamentos.
- Menor consumo de energia
- Melhoria de qualidade no produto final
- Manutenção facilitada e maior flexibilidade de aprimoramento agregado a outros procedimentos.
- Possui um armazenamento para gerar um banco de dados, possibilitando gerar relatórios, análises e previsões.

#### 4.2.2 IHM - Interface Homem-Máquina

De acordo com Franco (2015), uma IHM pode emitir sinal de atuação ou realizar o monitoramento de um determinado sinal, pois possui um display e um processador. Para a realização do monitoramento, há uma interface gráfica na qual pode ser utilizada pelo operador para consulta e para a emissão de sinal.

A interface da IHM é realizada por meio de softwares disponibilizados pelo fabricante, no qual é necessário uma programação utilizando as ferramentas de parametrização. Há três parâmetros fundamentais, que são navegação, evento e alarme. (PAREDE; GOMES, 2011).

A IHM tem finalidade de proporcionar facilidade de visualização gráfica para o operador e a operação do sistema em tempo real dos equipamentos presentes, podendo ser sensores, relés, solenóides, controladores, atuadores elétricos, hidráulicos, pneumáticos e mecânicos. (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Segundo Prudente (2011), as principais vantagens do uso da IHM são o monitoramento em tempo real de atividades das instalações, aquisição de dados diários, mensais e anuais, envios de dados quando há a ocorrência de emergências e detecção de tempo de parada para manutenção.

De acordo com Ribeiro (1999), muitos CLP possuem um modelo de IHM que é ou pode ser integrado no sistema, porém os modelos que não são integrados podem ser projetados em um painel ligado ao CLP. Alguns equipamentos são programados com a finalidade do operador interagir diretamente nos registros internos, possibilitando inspeção de malha e controle de saídas analógicas, porém é importante haver chaves de proteção de autorização dos dados.

As páginas gráficas presentes na IHM são predominantemente coloridas, não animadas e com um menu programado pelo usuário ou pelo fornecedor. As principais telas de operação são abertura, visão geral, tendência real, alarmes ajuda, ajustes de parâmetros e relatórios instantâneos. As telas são realizadas com o intuito de organizar as principais funcionalidades para o operador.(RIBEIRO, 1999).

#### 4.2.3 REDES DE COMUNICAÇÃO

As redes industriais existem para que haja a exportação de dados em locais distantes, as redes devem ser seguras e de baixo custo operacional. O principal papel das redes de comunicação é realizar a transmissão de dados de maneira eficiente em loop, onde ocorre por meio da corrente, independente se a tensão está variando. A corrente padrão utilizada é dada de 4 a 20mA. (PAREDE; GOMES, 2011).

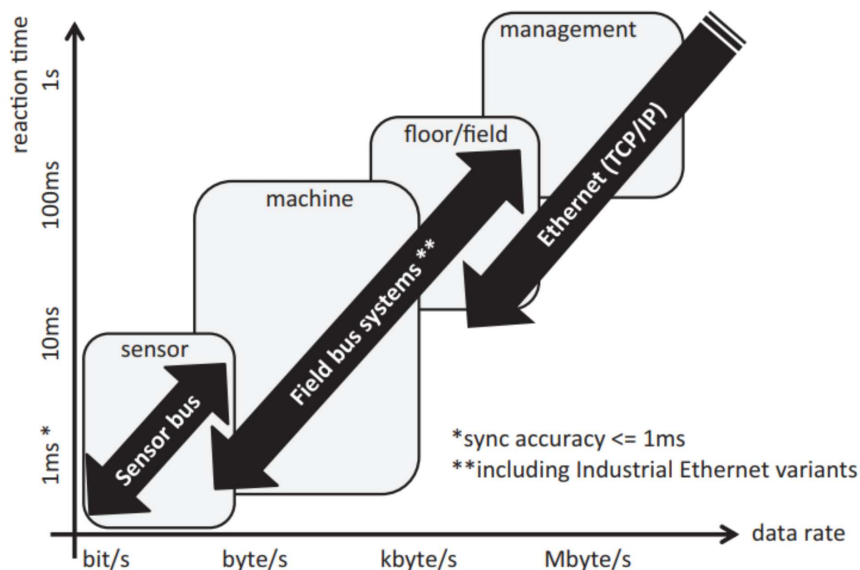
“O protocolo de comunicação é o conjunto de regras determinadas para a comunicação entre equipamentos, adequando semanticamente e sintaticamente os dados a serem transmitidos.” (ASSIS, 2012). Conforme a Figura 9 ilustra é possível ter o conhecimento de forma hierárquica as comunicações utilizadas na automação industrial juntamente com o tempo de reação do sistema.

O sistema wireless, conhecido como sistema de radiofrequência, é utilizado para a maioria das automações industriais, no qual monitora e controla os processamentos, atuadores e realiza supervisão e gerenciamento. As principais vantagens são a redução significante de cabeamento, simplificação de instalação e remanejamento de processos futuros.(PAREDE; GOMES, 2011).

Segundo Parede e Gomes (2011), os protocolos de comunicação são como idiomas nos quais dois ou mais equipamentos conversam, seguindo regras, símbolos e caracteres específicos. Para a escolha do protocolo, é necessário analisar as seguintes variáveis, tais como, custo de hardware, quantidade de portas de entrada e saída, distância física máxima suportada, tempo de resposta e a facilidade de parametrização.

Segundo Ribeiro (1999), a telemetria pode usufruir de técnicas de instrumentação como radiofrequência, microondas e fibras ópticas, o canal de comunicação é atribuído à transmissão e recepção de sinais. A utilização de sinais por radiofrequência e microondas não necessita ligação física, mas por meio de transporte no ar, em contrapartida, no caso da fibra óptica, é necessário o cabeamento de fibra, onde a informação é transferida e recebida por meio da modulação da luz.

Figura 9 – Hierarquia de Comunicação de Automação Industrial.



Fonte: Matheus e Königseder (2017).

Segundo Parede e Gomes (2011), para a escolha da rede de comunicação, dois fatores importantes são a antena e a área de cobertura. Os principais fabricantes e protocolos de mercado, nos quais estão mais presentes em automação industrial são:

- **Rockwell:** Devicenet, Controlnet, Ethernet/IP
- **Siemens:** AS-I, Profibus DP; PA; FMS, Profinet
- **Schneider:** Modbus, Modbus plus, Modbus TCP

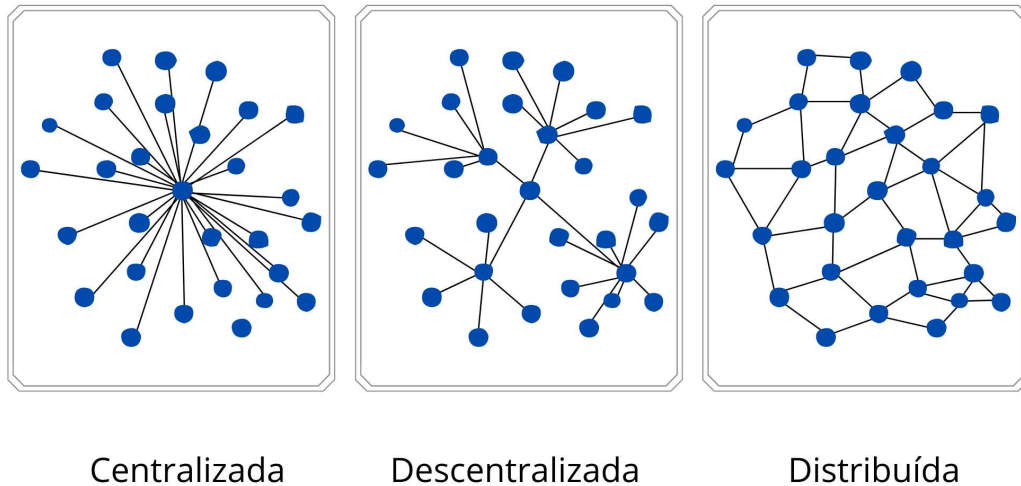
De acordo com Capelli (2013), a tendência dos tipos de redes e protocolos é a migração generalizada para o tipo Ethernet industrial. As principais características são alta capacidade de resposta em tempo real, rede de fácil migração, simplicidade operacional, desempenho elevado e custo reduzido. Os protocolos podem ser divididos em três categorias, sendo centralizada, descentralizada e distribuída, como ilustrada na Figura 10, a escolha da categoria depende da melhor adequação do processo produtivo.

De acordo com Lucas (2019), em 2006 a OPC Foundation lançou a norma OPC UA como protocolo de comunicação com capacidade de integrar a troca de informações em diversos dispositivos de diferentes fabricantes, proporcionando um sistema de segurança. A principal aplicação do protocolo está na automação industrial.

OPC UA possui padrão aberto, gratuito e é descrito na norma IEC 62541. As principais vantagens de funcionamento são, capacidade de modelagem de equipamentos físicos complexos em sistemas digitais, possui comunicação de cliente/servidor com conexão estabelecida e é a principal ferramenta para implementação da *IoT*. (POGACEAN; BROSCHEI; SÜSS, 2016)



**Figura 10 – Tipologias típicas da rede Ethernet.**



**Fonte: Adaptado de Capelli (2013).**

De acordo com Cavalieri e Chiacchio (2013), o padrão OPC UA foi desenvolvido com base em linguagem XML (eXtensible Markup Language) e tecnologia Web Service, que permitiu o transporte de dados tanto vertical como horizontal de maneira segura e confiável.

### 4.3 SENSORES

Os sensores enviam informações aos controladores de grandezas físicas como temperatura, umidade, luz, pressão, calor, velocidade, nível, entre outros, e transforma em um sinal, no qual é interpretado e convertido posteriormente por outros dispositivos. (CAMARGO, 2014).

O funcionamento do sensor pode ser o abrir e fechar de contato, quando há a exigência de medir uma grandeza elétrica, há a necessidade de aplicar um transdutor que é capaz de coletar o fenômeno físico, ou estímulo, no qual será convertido a magnitude em sinal elétrico, sendo que o sinal é proporcional à amplitude do fenômeno ou estímulo. (SILVEIRA; SANTOS, 2009).

#### 4.3.1 Medidor de nível

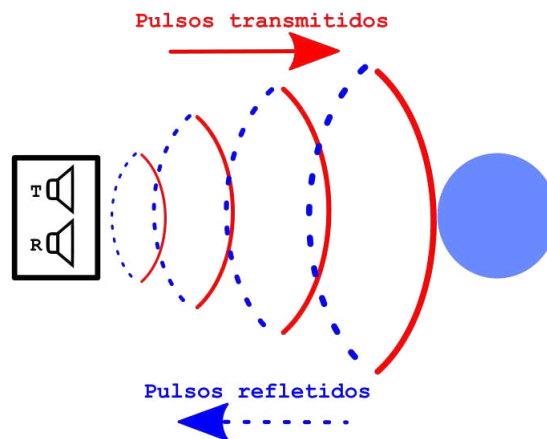
Segundo Ribeiro (1999), o valor numérico coletado por meio de um parâmetro físico não elétrico geralmente possui sistema de aquisição de dados analógicos. Sendo assim, o principal funcionamento do sensor é a capacidade de converter um sinal não elétrico em um sinal elétrico. De maneira geral, há uma classificação de acordo com o princípio elétrico de cada modelo de sensor, sendo de operação passiva, onde é necessário a alimentação do sensor por meio de uma fonte externa e a operação ativa, que consiste na não necessidade de alimentação com fonte externa.

O funcionamento dos sensores ultrassônicos é dividido em emissão, recepção e análise de ondas sonoras, tais ondas são refletidas e interrompidas quando há a presença de um obstáculo físico, tais sensores possuem capacidade de fornecer sinais elétricos discretos ou analógicos. (CAPELLI, 2013).

Os principais parâmetros técnicos do sensor ultrassônico são tensão, faixa de medição, grau de proteção, tipo de material e engenharia aplicada no processo de fabricação. Para que seja efetiva a escolha do modelo e marca é necessário analisar a grandeza medida, dimensão do equipamento e tensão de alimentação disponível no local de instalação. (SILVA; CASILLO, 2019).

Os sensores ultrassônicos transmitem um ou múltiplos pulsos e assim que colide com um objeto, o pulso refletido se choca com o sensor, que por sua vez faz a medição do tempo de duração, assim ilustra a Figura 11. O pulso pode ser de caráter analógico ou digital, tendo possibilidade de ligação com um atuador, controlador ou computador. (BORGES, 2017).

**Figura 11 – Princípio de funcionamento dos sensores ultrassônicos.**



**Fonte: Borges (2017).**

#### 4.3.2 Medidor de vazão

De acordo com Cassiolato e Orellana (2008), a vazão é uma das principais grandezas mais realizadas em processos produtivos industriais. Tal grandeza é obtida por meio da quantidade em volume que escoar para um intervalo de tempo em uma tubulação. Dessa forma, há várias maneiras de realizar a medição da vazão, sendo por meio do tubo de Pitot, eletromagnetismo, impacto da velocidade em uma turbina, entre outros.

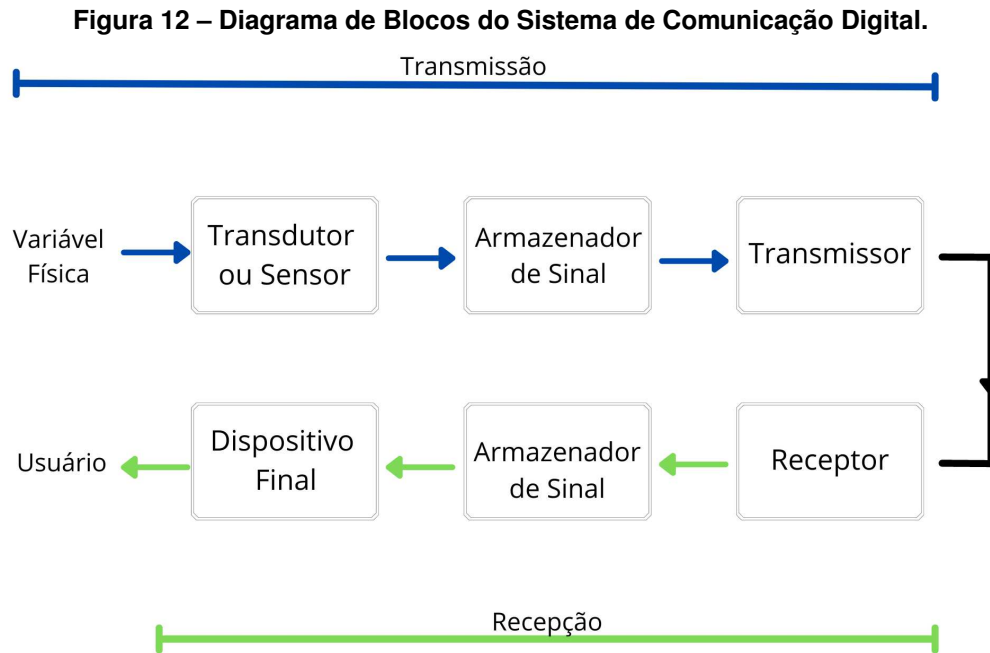
Diversos tipos de medidores são encontrados de acordo com propriedades de escoamento, como o tipo do fluido, a velocidade de escoamento, tipo de escoamento, precisão do dado e custo. (HELLER; PÁDUA, 2006)

#### 4.4 TELEMETRIA

Segundo Ribeiro (1999), a definição de telemetria é dada por transmissão da informação de medição por meio de consulta em locais distantes ou remotos, que utiliza-se de cabos, ondas de rádio, linhas telefônicas, entre outros meios de comunicação. A telemetria pode ser dividida em medir, transmitir e receber uma informação.

As indústrias que possuem sistemas complexos de distribuição de óleo, água e gás, com equipamentos de bombeamento, compressores e armazenadores e necessitam de medições que ocorrem em longas distâncias necessitam da telemetria para que haja um controle de processo, consumo e distribuição em tempo real. (RIBEIRO, 1999).

O sistema de funcionamento da telemetria é separado por dois meios de ocorrência, a primeira é dada pelo envio de dados e a segunda é dada pelo recebimento de dados, assim como ilustra a Figura 12.



Fonte: Adaptado de Aquino (2012).

Segundo Ribeiro (1999), a telemetria possui um sistema de aquisição de dados composta por 5 etapas, que são elas:

1. Variáveis do processo que são medidas pelos sensores.
2. Os sinais que o sensor coleta podem ser condicionados por meio de amplificadores, filtros, linearização ou outras condições para ocorrer a normalização das saídas até o multiplexador.
3. Os sinais do multiplexador são encontrados no tempo ou na frequência para que possa ser transmitido para um canal ordenado. Tais sinais necessitam da transmissão por

meio de um único canal ou link de radiofrequência, dessa forma, para cumprir a demanda, a multiplexação de sinal é alocada no processamento de sinal por meio da divisão em frequências, do inglês *Frequency-Division Multiplexing* (FDM) ou da divisão no tempo, *Time-Division Multiplexing* (TDM). O sinal é um requisito de interface e pode ser modificado de Conversão de analógico para digital (A/D) ou Conversão de digital para analógico (D/A). (GROUP, 2006).

4. A onda da radiofrequência ocorre por meio de um cabo coaxial, fibra óptica ou linha telefônica.
5. Os dados chegam ao receptor que simultaneamente são mostrados e analisados na estação final.

O sinal que deve ser medido ou monitorado pela telemetria, pode ser encontrado como elétrico, mecânico, térmico e acústico, para os sinais não elétricos, é necessário transformar em elétricos utilizando dispositivos que transformam ou convertem os sinais, conhecido como transdutor. (GROUP, 2006).

O transdutor é um dispositivo que tem a capacidade converter a energia para um sistema de transmissão. Os sinais que saem do transdutor possuem características relacionadas à amplitude, frequência e fase. Grande parte dos sinais condicionadores são resistores, capacitores e amplificadores, porém para situações mais complexas é necessário outras técnicas. (GROUP, 2006).

#### **4.5 FONTE DE ALIMENTAÇÃO**

As fontes de alimentação tem papel fundamental na tensão de alimentação presente em um circuito elétrico, dessa forma, a tensão pode ser fornecida tanto por meio da rede elétrica, como por outras fontes, após o fornecimento, ocorre uma conversão para baixa tensão. (FERNANDES *et al.*, 2017)

O projeto abordado no trabalho, haverá uma fonte de alimentação aplicando a energia fotovoltaica, pelo fato de que na localização específica não há outras alternativas de fonte de alimentação que atenda um melhor bom custo benefício.

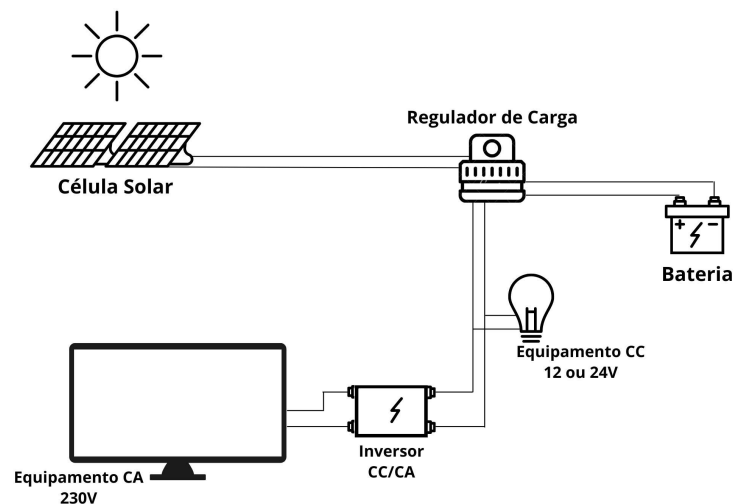
##### **4.5.1 Sistema fotovoltaico**

A energia solar fotovoltaica é denominada a energia proveniente da conversão de luz solar (efeito fotovoltaico) em eletricidade. Para que seja possível ocorrer essa transformação, é necessário ter componentes e equipamentos que efetuaram a transformação de acordo com os valores das grandezas elétricas demandadas. (PINTO; FAINA; CARDOZO, 2000).

De acordo com Carneiro (2009) , um sistema fotovoltaico autônomo é fundamentalmente concebido quando o equipamento possui a necessidade de ser alimentado por cargas que irão operar de forma independente das redes elétricas.

A célula solar é um dispositivo fabricado por um material semicondutor, geralmente o silício, onde o há a necessidade de componentes de armazenamento e componentes de condicionamento de potência. Para o armazenamento de energia, conforme a Figura 13, é necessário a utilização da bateria para assegurar a alimentação elétrica no período em que não há a luz solar, quanto ao condicionamento de potência, há a necessidade do controlador de carga para que seja realizada a gestão de cargas e o inversor quando há a necessidade de alimentação em corrente alternada(CA) de acordo com a frequência e amplitude de rede. (PINHO; GALDINO, 2014)

**Figura 13 – Sistema Autônomo com célula fotovoltaica.**



**Fonte: Baseado em Carneiro (2009).**

Segundo (CARNEIRO, 2009), os equipamentos e suas especificações podem ser definidos em:

- Módulo fotovoltaico: As principais especificações do sistema são: orientação, inclinação, área, fenômeno de sombreamento e cabeamento. O material composto pelas células é de silício monocristalino, policristalino ou filme fino.
- A célula fotovoltaica é composta silício, o qual é um material semicondutor eletricamente carregados positiva e negativamente, o acúmulo de ambas as cargas dão origem ao campo elétrico e conseqüentemente a diferença de potencial, ocorrendo o equilíbrio. Quando ocorre a incidência solar, os fótons excitam os elétrons, fazendo com que haja um fluxo de elétrons (corrente elétrica).
- Regulador de Carga: Equipamento que contém um circuito no qual avalia a tensão, a corrente e a temperatura da bateria, as principais especificações são demanda de

energia e curva característica da bateria. As principais funções são: recarregar a bateria e evitar a sobrecarga da bateria. Para que ocorra o funcionamento do regulador de maneira adequada, é necessário averiguar se a tensão presente na célula é superior à tensão da bateria.

- Bateria: Equipamento que armazena a energia elétrica em energia potencial química e posteriormente converte a energia potencial química em energia elétrica. As principais especificações são tempo de carga(horas), descarga(tensão) e corrente (Ampére).
- Inversor: Estabelece a conexão do gerador fotovoltaico até a rede elétrica de corrente alternada, de modo que ocorra o ajuste de frequência e tensão da rede seja compatível com a necessidade de projeto. As principais características são forma de onda e eficiência na conversão de potência.
- Outros parâmetros importantes: Fornecimento diário de energia, fatores de perda, radiação solar incidente conforme inclinação e potência fotovoltaica.

## 5 METODOLOGIA

O sistema de telemetria foi desenvolvido para aplicação de distribuição de água em uma indústria na região norte do Paraná que se aplica no setor da agricultura, com principal aplicação na irrigação. Tal sistema foi desenvolvido em conjunto com a empresa Engética Engenharia e uma terceira empresa que desenvolverá a lógica programável, dessa forma, no presente trabalho não foi abordado a lógica realizada no CLP.

A principal função da telemetria foi coletar dados de vazão e nível de duas lagoas para a sede na qual possui dois reservatórios de distribuição, há também a presença de dois poços, que são utilizados quando há a necessidade de uma demanda maior, como por exemplo quando há o baixo nível das lagoas.

O projeto foi desenvolvido enquadrado sob três normas brasileiras, sendo a Norma Técnica Brasileira (NBR)-5410 (Instalações elétricas em baixa tensão), NBR-5419 (Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas) e Norma Regulamentadora (NR)-10 (Segurança em instalações e segurança em eletricidade). Além disso, para os principais parâmetros de CLP, foi utilizado a IEC 61131.

O planejamento do sistema abordou a aplicação de equipamentos nos quais tornaram possível mensurar o consumo de água, minimizando gastos de manutenção e gerando maior controle e confiabilidade na coleta de dados. O início do planejamento foi aplicado todo o funcionamento e suas respectivas especificações técnicas.

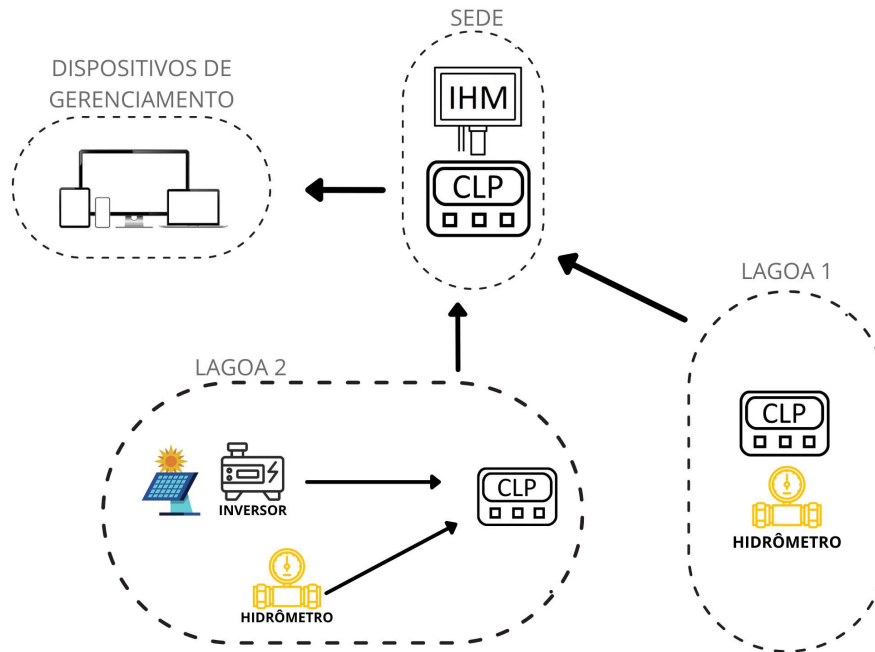
De acordo com Stellman e Greene (2005), a aplicação da engenharia necessita da elaboração documentada, na qual esteja definido os principais requisitos, as propriedades e a funcionalidade do produto ou serviço que será desenvolvido em fase de projeto. Dessa forma, conforme elaborado a fundamentação teórica, foi possível elaborar determinadas aplicações conforme os objetivos traçados.

A Figura 14 ilustra de maneira simplificada o funcionamento da telemetria, juntamente com as respectivas localizações de cada equipamento. Sendo assim, de maneira geral a sede foi composta pelo CLP principal e a IHM, tais dispositivos puderam encaminhar dados para dispositivos móveis, também houve a presença do CLP localizados em cada lagoa. Vale ressaltar que, os reservatórios e os poços estão localizados na sede.

Os principais requisitos para o sistema são:

- Representação do processo por meio da interface homem máquina em tempo real para consulta;
- Medição da vazão para consumo e nível de ambas as lagoas;
- Medição do nível e controle de funcionamento da bomba de ambos os poço;
- Medição de nível dos reservatórios;

**Figura 14 – Funcionamento simplificado da telemetria.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

- Alarme sonoro no painel em ocasiões de inconformidades com o sistema, necessitando da intervenção de operação com retorno à normalidade.

O painel da sede onde ficará localizado a IHM, conta com um alarme áudio/visual instalado em sua porta, e acionado por meio de uma das portas de saída do CLP, para indicar todos os alarmes descrito nesse escopo, por meio da tela o usuário irá verificar qual a situação o acionou. Para desativar o alarme, foi necessário utilizar uma botoeira instalada na porta do painel, desligando o relé que foi acionado pelo CLP, porém na tela de visualização o alarme só poderá ser finalizado, automaticamente, após o sistema voltar à normalidade.

A Figura 15 ilustra a representação da planta 2D superior das distâncias das duas lagoas com a sede, vale ressaltar que a Figura 14 mostra que na lagoa 2 houve a presença de energia solar e inversor de frequência pelo fato da localização não possuir energia elétrica via cabo, sendo assim, o método mais adequado para a aplicação foi a instalação de placas solares.

Para as próximas abordagens sobre o funcionamento dos reservatórios, dos poços e das lagoas, foi necessário a compreensão de alguns fluxogramas de acordo com cada requisito de implantação. Sendo assim, foi utilizado o padrão segundo a norma de diagrama de fluxo vertical, desenvolvido pela *American National Standards Institute (ANSI)*, ou seja, Instituto Nacional Americano de Padronização. A Figura 16 instrui cada símbolo e seu respectivo significado.

O diagrama elétrico referente à telemetria está explícito de forma detalhada no Anexo B, vale ressaltar que o conteúdo foi realizado pelo setor de projetos elétricos da empresa Engélica Engenharia.

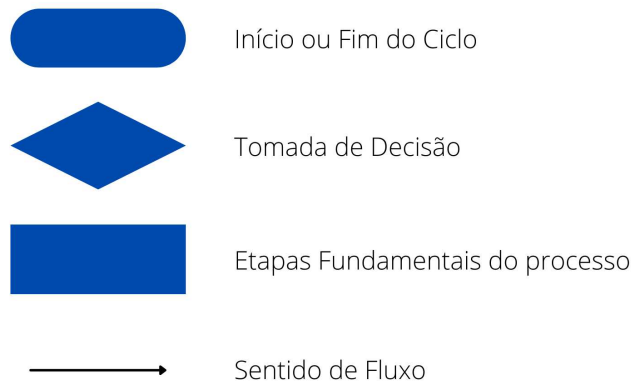


Figura 15 – Distância das lagoas em relação à sede.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 16 – Símbolos de Fluxograma segundo a ANSI.



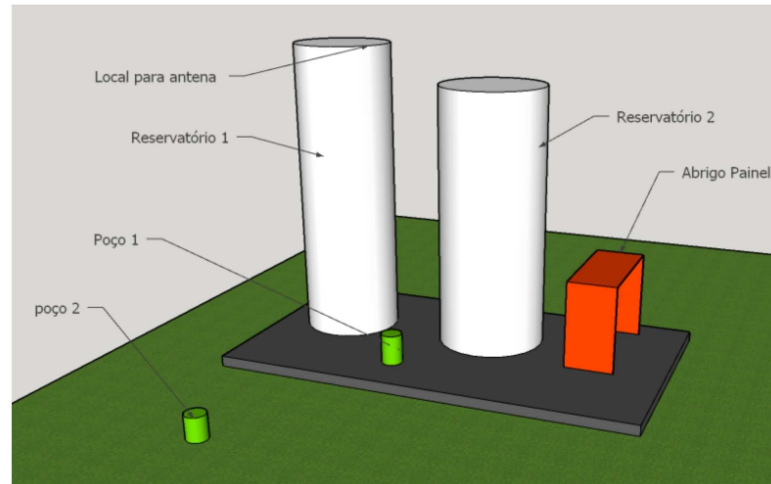
Fonte: Autoria própria (2022).

## 5.1 Funcionamento dos reservatórios

A Figura 17 ilustra a representação dos dois reservatórios presentes na sede do local, vale ressaltar que a capacidade do reservatório 1 e do reservatório 2 é respectivamente de  $40m^3$  e  $50m^3$ . O reservatório 1 conta com suprimento de água reservado para combate a incêndio, devendo este sempre estar com seu nível em 60% ou superior obrigatoriamente. Já o reservatório 2, necessita estar com seu nível sempre superior a 40%, pois a vazão de saída

necessária depende da força da gravidade para enviar a água até seu ponto de uso. No reservatório 2 será aceito o nível abaixo de 40%, se o reservatório 1 estiver com nível superior a 60%, pois este não poderá ter nível inferior a 60% devendo ser abastecido prioritariamente.

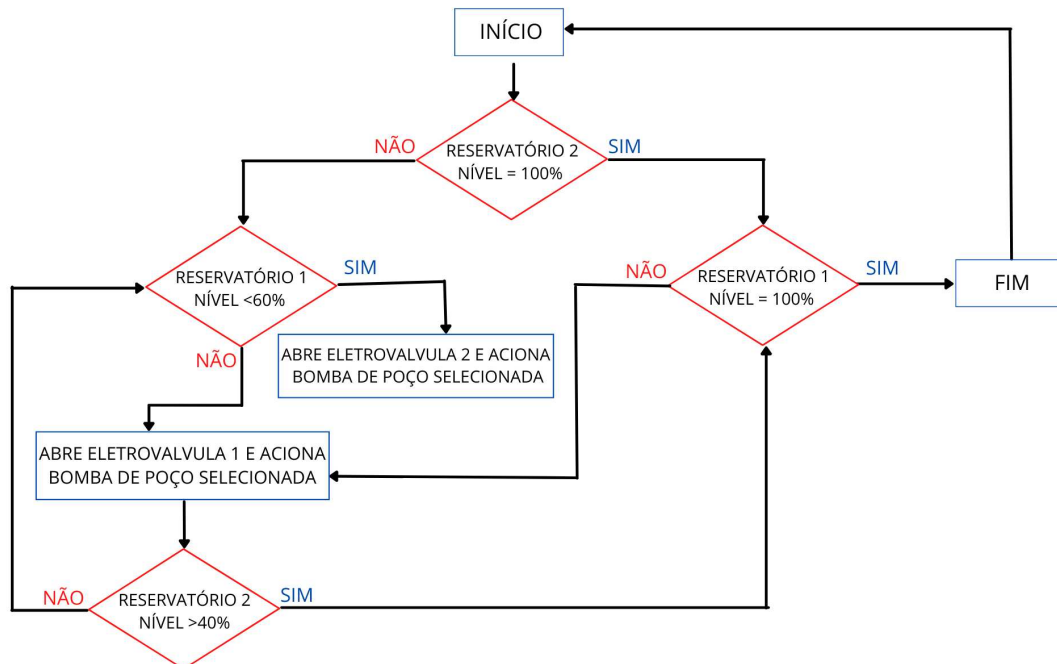
**Figura 17 – Representação dos reservatórios e poços de água.**



Fonte: Autoria própria (2022).

O funcionamento da lógica dos reservatórios está ilustrada no fluxograma apresentado na Figura 18.

**Figura 18 – Fluxograma dos reservatórios de água.**



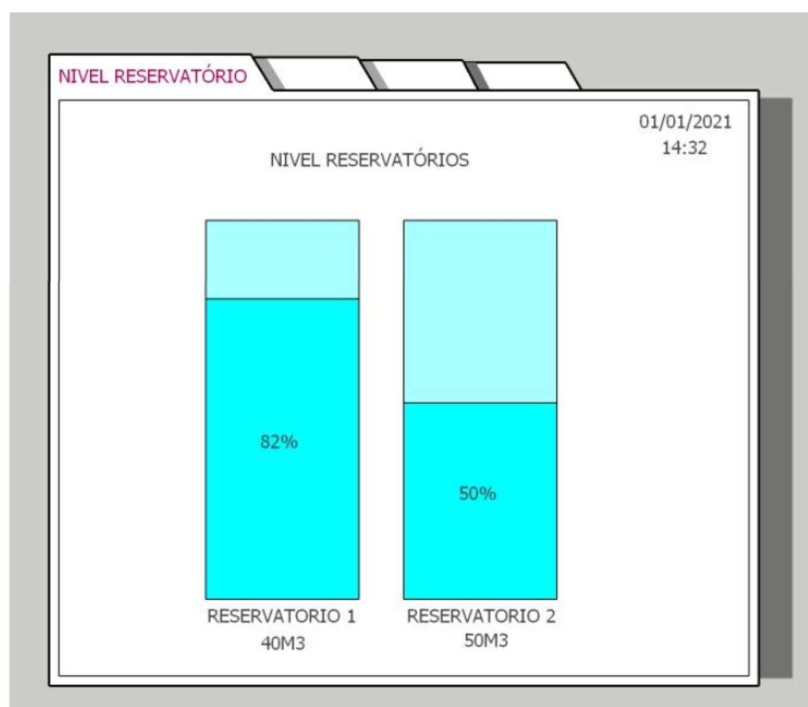
Fonte: Autoria própria (2022).

Além do funcionamento básico dos reservatórios, haverá uma configuração de alarme quando houver a ocorrência do nível baixo dos reservatórios permitidos, sendo este nível abaixo

dos 40%, a tela deverá mudar de cor chamando a atenção do visualizador e acionar uma saída para que soe um alarme instalado na porta do painel.

A tela da IHM mostrará a porcentagem em um gráfico de barra vertical que será possível efetuar a interpretação do nível em que o reservatório se encontra, conforme a Figura 19, porém a imagem pode ser alterada com intuito de melhorar o design e disposição de informações. A medição do nível do reservatório será realizada por meio de um sensor transdutor de pressão, no qual ficará localizado no fundo do tanque. Vale ressaltar que para as demais medições que serão apontadas adiante, também haverá abas representativas no layout.

**Figura 19 – Representação demonstrativa do design e layout da IHM.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 5.2 Funcionamento dos poços

Como citado anteriormente, o funcionamento da telemetria é composto por dois poços, sendo que o poço 1 é o poço que fica de *standby* do poço 2. A principal finalidade de ambos os poços é auxiliar na demanda de distribuição da água juntamente com as lagoas.

Nos dois poços foram utilizados eletrodos que indicaram a não presença de água, em nível ajustado conforme profundidade do poço. Quando ocorrer a não presença de água, os eletrodos atuarão sobre um relé que ficará no painel de controle das bombas, que por sua vez fecha um contato demonstrando um sinal lógico alto (5V) no CLP. O painel possuía um alarme

sonoro instalado em sua porta e a tela de visualização deverá mudar de cor demonstrando o alarme.

Na tela de visualização houveram dois campos com os respectivos nomes, "POÇO 1" e "POÇO 2", nestes foram apresentados os valores totais em metros cúbicos de utilização de água dos poços da última hora, último dia e último mês.

Ainda na tela de amostragem do totalizador dos poços, havia um botão para o operador efetuar uma busca por período de utilização de água, gerando um relatório do período selecionado, para coleta dos dados por meio da porta *Universal Serial Bus* (USB), ou ser acessado por outro meio por meio da rede (*smartphone, notebook, etc...*).

O principal funcionamento das bombas já instaladas em ambos os poços foram dadas por:

- **Bomba do Poço 1:** A bomba do Poço 1 foi acionada por meio da contatora instalada no painel que por sua vez foi acionada por sistema automático, que verificou o nível do reservatório por meio de sensor de pressão e enviou um sinal para o CLP (controlador lógico programável). O CLP verificou qual poço foi selecionado na chave comutadora que se encontra na porta externa do painel e enviou o comando para ligar a bomba, e abrir a solenóide de entrada de água no reservatório. O circuito de alimentação da bomba é formado por três fases de 4mm<sup>2</sup> mais terra da mesma bitola (3x4mm<sup>2</sup>+T4), o disjuntor de proteção do circuito foi dimensionado em 16A. As características nominais da bomba são; - Corrente: 9.9A / - Potencia: 3CV.
- **Bomba do Poço 2:** A bomba do Poço 2 foi acionada por meio do inversor de frequência instalado no painel que por sua vez foi acionada por sistema automático, que verificou o nível do reservatório por meio do sensor de pressão e enviou um sinal para o CLP (controlador lógico programável). O controlador verificou qual poço foi selecionado na chave comutadora que se encontra na porta externa do painel e enviou o comando para ligar a bomba e abrir a solenóide de entrada de água no reservatório. O circuito de alimentação da bomba é formado por três fases de 10mm<sup>2</sup> mais terra da mesma bitola (3x10mm<sup>2</sup>+T10), o disjuntor de proteção do circuito foi dimensionado em 25A. As características nominais da bomba são; - Corrente: 23.8A / - Potência: 8CV.

### 5.3 Funcionamento das lagoas

Na área das lagoas foi utilizado um CLP para absorção dos dados da vazão e nível, este enviou os dados coletados que foram absorvidos pelo CLP da área da sede, formando um banco de dados, para monitoramento por meio da IHM e coleta de dados.

Na tela de visualização houveram dois campos com os respectivos nomes, "LAGOA 1" e "LAGOA 2", nestes foram apresentados os valores totais em metros cúbicos de utilização de água das lagoas.

Assim como já foi citado a demonstração de interface, a visualização dos dados ocorreu de forma idêntica à dos poços, para ambas as lagoas. Sendo possível analisar uma régua gradual relacionada a altura do nível e os dados de consumo diário e mensal.

#### 5.4 Equipamentos

Os sensores e atuadores foram especificados seguindo as necessidades do sistema, houveram a presença de 3 CLP, presentes na lagoa 1, lagoa 2 e sede. Todos os equipamentos seguiram os requisitos presentes nas Tabelas 3 a 6.

Para esclarecimento visual a respeito dos equipamentos de controle e aquisição de dados, o Anexo A contém a representação do funcionamento da telemetria.

Os sensores e atuadores foram escolhidos conforme a necessidade seguindo especificações de tipo de sinal, medida a ser coletada, posicionamento no sistema e custo do produto. Desse modo, tais equipamentos estão listados abaixo, seguindo as respectivas especificações técnicas.

**Tabela 3 – Composição de Entrada do CLP da Lagoa 1.**

CLP Lagoa 1		
Entrada	Tipo	Nome
A1	Analógica	Sensor de Nível Lagoa 1
D1	Digital	Sensor de Vazão Lagoa 1

**Tabela 4 – Composição de Entrada do CLP da Lagoa 2.**

CLP Lagoa 2		
Entrada	Tipo	Nome
A1	Analógica	Sensor de Nível Lagoa 2
D1	Digital	Sensor de Vazão Lagoa 2

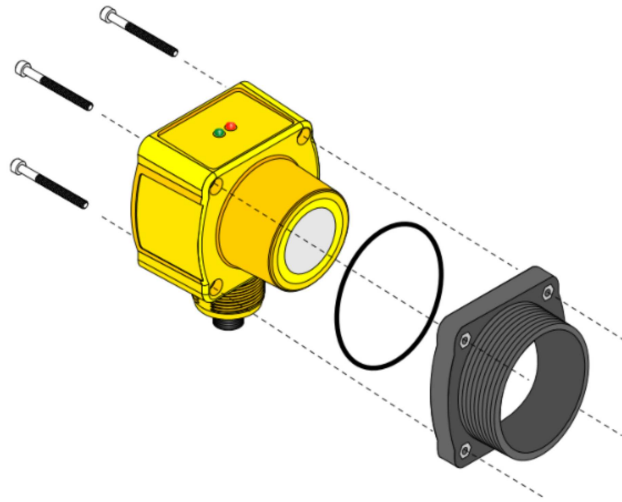
**Tabela 5 – Composição de Entrada do CLP Sede.**

CLP Sede		
Entrada	Tipo	Nome
A1	Analógica	Sensor de Nível Reservatório 1
A2	Analógica	Sensor de Nível Reservatório 2
D1	Digital	Sensor de Vazão Poço1
D2	Digital	Sensor de Vazão Poço2
D3	Digital	Sensor de Nível Poço 1
D4	Digital	Sensor de Nível Poço 2

**Tabela 6 – Composição de Saída do CLP Sede.**

CLP Sede	
Saída	Nome
Q1	Bomba do Poço
Q2	Eletroválvula 1
Q3	Eletroválvula 2
Q4	Alarme

**Figura 20 – Sensor Ultrassônico de Nível.**



Fonte: Catálogo Banner QT50ULB Series Sensors (2022).

**Tabela 7 – Especificações técnicas do transmissor de nível da lagoa.**

Equipamento	Sensor QT50ULB
Saída de Sinal	4 a 20 mA
Alimentação	10 a 30 $V_{dc}$
Faixa de Medição	0,2 a 8 m
Precisão	$\pm 1mm$
Gama de Temperatura	-20 a 70 °C

**Figura 21 – Hidrômetro Woltmann Tangencial.**



Fonte: Catálogo TechMeter Hidrômetros para sistemas de irrigação (2022).

**Tabela 8 – Especificações técnicas do transmissor de vazão da lagoa.**

Equipamento	Hidrômetro Woltmann Tangencial
Diâmetro	8"
Grau de Proteção	IP 68
Saída de Sinal	4 a 20 mA
Tubulação de Entrada	200 mm
Alimentação	12 a 32 $V_{cc}$
Vazão Nominal	250 m <sup>3</sup> /h
Vazão Máxima	500 m <sup>3</sup> /h
Precisão	±2%
Temperatura Máxima de Operação	50 °C
Pressão Máxima de Operação	16 bar
Resolução de saída	1000 l/p

**Figura 22 – Hidrômetro Multjato Akvometer.**

Fonte: Tecnologia Sensor (2022).

**Tabela 9 – Especificações técnicas do transmissor de vazão do poço.**

Equipamento	Hidrômetro Multijato Akvometer
Diâmetro	1"
Comprimento	260 mm
Vazão Mínima	100 l/h
Vazão Nominal	5 m <sup>3</sup> /h
Vazão Mássica	10 m <sup>3</sup> /h
Classe	B

**Figura 23 – Transistor de Pressão.**

Fonte: Tecnologia Sensor (2022).

**Figura 24 – Sensor Reed Switch.**

Fonte: Tecnologia Sensor (2022).

**Tabela 10 – Especificações técnicas do transmissor de nível dos reservatórios.**

Equipamento	Transistor de Pressão
Grau de Segurança	IP 65
Alimentação	24 $V_{cc}$
Sinal de Saída	4 - 20 mA
Resolução de Saída	1 p/l
Faixa de Pressão	1 a 4 bar
Precisão	$\pm 1\%$

**Tabela 11 – Especificações técnicas do transmissor de nível dos poços.**

Equipamento	Sensor Reed Switch Magnético
Tipo	Unidirecional
Alimentação	24 $V_{cc}$
Sinal de Saída	10 mA
Resolução de Saída	1 l/p

**Tabela 12 – Especificações técnicas da antena.**

Equipamento	Ubiquiti Litebeam M5
Processador	Atheros MIPS 74Kc 533MHz
Memória	64 Mb
Polarização	Vertical + Horizontal
Interface de Rede	Ethernet
Frequência de Operação	5151 a 5875 MHz
Fonte de Alimentação	24 V, 0,2 A
Temperatura de Operação	-40 a 70 °C
Consumo Máximo de Energia	4 W



**Figura 25 – Antena UISP airMAX LiteBeamM.**



**Fonte: UISP... (2022).**

## 5.5 Programa SCADA

Todos os equipamentos escolhidos para aquisição de dados possuem protocolo de comunicação OPC UA, a principal motivação para tal escolha é atribuída à capacidade de integrar a troca de informações dos dispositivos, proporcionando um sistema de segurança.

O modelo da IHM que foi utilizado na sede é o Power Panel C50, ilustrado na Figura 26. As principais características técnicas estão apresentadas na Tabela 13.

Conforme os equipamentos de aquisição de dados escolhidos, o tipo da rede utilizada foi a *Ethernet/IP* pelos fatores de capacidade de resposta em tempo real, rede de fácil migração, simplicidade operacional, desempenho elevado e custo reduzido.

Foi citado anteriormente que a elaboração do projeto de telemetria não contaria com a parte programável do CLP, mas é necessário citar que o fabricante do modelo escolhido, possui software próprio para elaboração do programa de supervisão e controle.

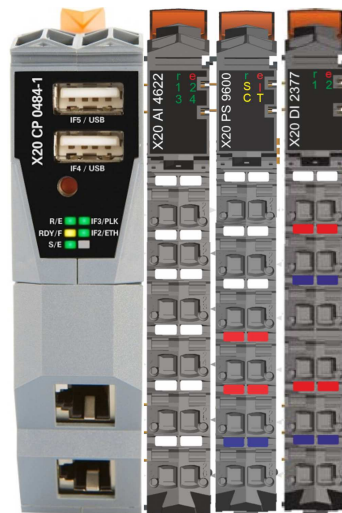
**Figura 26 – IHM Power Panel C50.**



**Fonte: 4PPC50... (2022).**

**Tabela 13 – Especificações técnicas da Interface Homem-Máquina.**

Equipamento	IHM 4PPC50.0702-10A
Grau de Proteção	IP55 e IP20
Display	7 "Sensível ao toque TFT color
Resolução	800 x 480 p
Interface	1x Powerlink, 1x Ethernet, 1x X2X Link, 2x USB
Processador	ARM Cortex - A9
Memória	2 Gb Flash Memory
Alimentação	12 - 24 $V_{dc}$

**Figura 27 – CLP X20 CP0410.**

Fonte: X20CP0410 (2022).

**Tabela 14 – Especificações técnicas do CLP.**

Equipamento	CLP X20CP0410
Grau de Proteção	IP20
Interface	1x Ethernet, 2x USB, 1x X2X Link
Linguagem de Programação	Diagrama Ladder
Consumo Máximo de Energia	2,2 W
Processador	ARM Cortex - A9
Memória RAM	128 Mb
Sinal	Ethernet

O software que foi utilizado é o *Automation Studio*, possui linguagem de programação Ladder e fornece a instalação gratuita no próprio *site*. Este software possui fácil acesso às operações e configurações das tarefas realizadas, além disso, é possível realizar simulações para consulta e compreensão do desenvolvimento.

## 6 RESULTADOS

Conforme os objetivos traçados na fase de elaboração do projeto, foi necessário avaliar a realização da instalação de todos os equipamentos e avaliar a capacidade de monitoramento e precisão de segurança dos dados coletados. Desse modo, o sistema de telemetria compõe de maneira integral os objetivos propostos.

### 6.1 Desenvolvimento e análise do sistema supervisionado

O sistema *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) juntamente com os níveis de controle já citados, foram utilizados para integrar o sistema no uso do CLP. Portanto, foi possível armazenar os dados de níveis das lagoas, reservatórios e poços de maneira que ao longo do tempo fosse possível gerar relatórios e realizar análises, além de que situações críticas relacionados ao abastecimento fosse comunicado por meio de alertas de emergências.

De acordo com a metodologia, foi realizado a confecção dos quadros conforme a necessidade de projeto. Foram realizados testes de bancada e ensaio dos circuitos para que fosse possível analisar tanto a eficiência do projeto, como a precisão dos dispositivos. Para a etapa de coleta de dados, foi necessário a montagem do sistema de aquisição de dados e posteriormente a etapa de validação.

O quadro geral presente na sede foi confeccionado de acordo com a descrição de projeto. A Figura 28 apresentada é composta pela primeira conexão estabelecida após a fase de testes.

O quadro geral presente nas lagoas também foi confeccionado de acordo com a descrição de projeto. A Figura 29 apresentada a instalação realizada.

### 6.2 Comunicação

O sistema instalado na infraestrutura realiza a gestão das comunicações dos modems e dos demais equipamentos, para tal comunicação foi escolhido o modelo *Open Platform Communications Unified Architecture* (OPCUA), pelo fato de ser favorável a comunicação e integração de equipamentos de marcas distintas. O modelo de comunicação OPCUA possibilita tanto o cadastramento como monitoramento dos dados de tensão de bateria, qualidade de sinal e latência de conexão através de análises via *internet*.

A comunicação possibilita o gerenciamento das portas dos modems, cadastro de usuários para fornecimento de acesso de informações a respeito dos dispositivos conectados, configurações e monitoramentos de portas utilizadas.

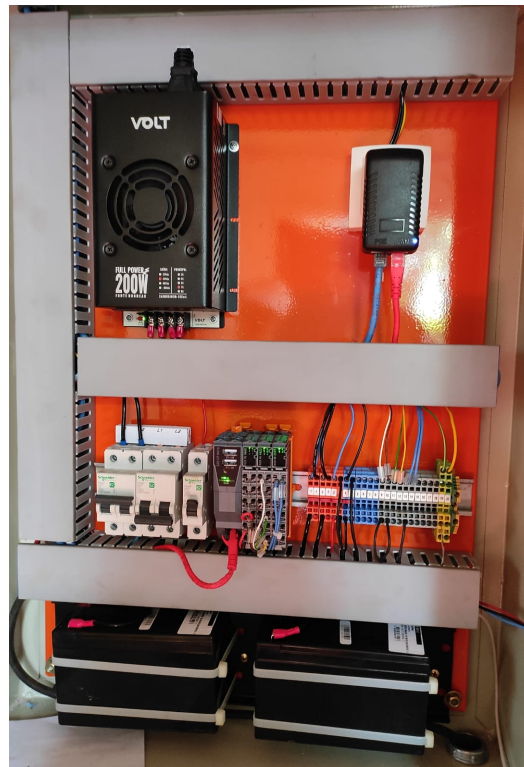
A comunicação possui funcionamento de maneira ininterrupta e os *scripts* foram liberados de maneira manual. O banco de dados foi manipulado de maneira organizada e eficiente, todos

**Figura 28 – Quadro geral da sede.**



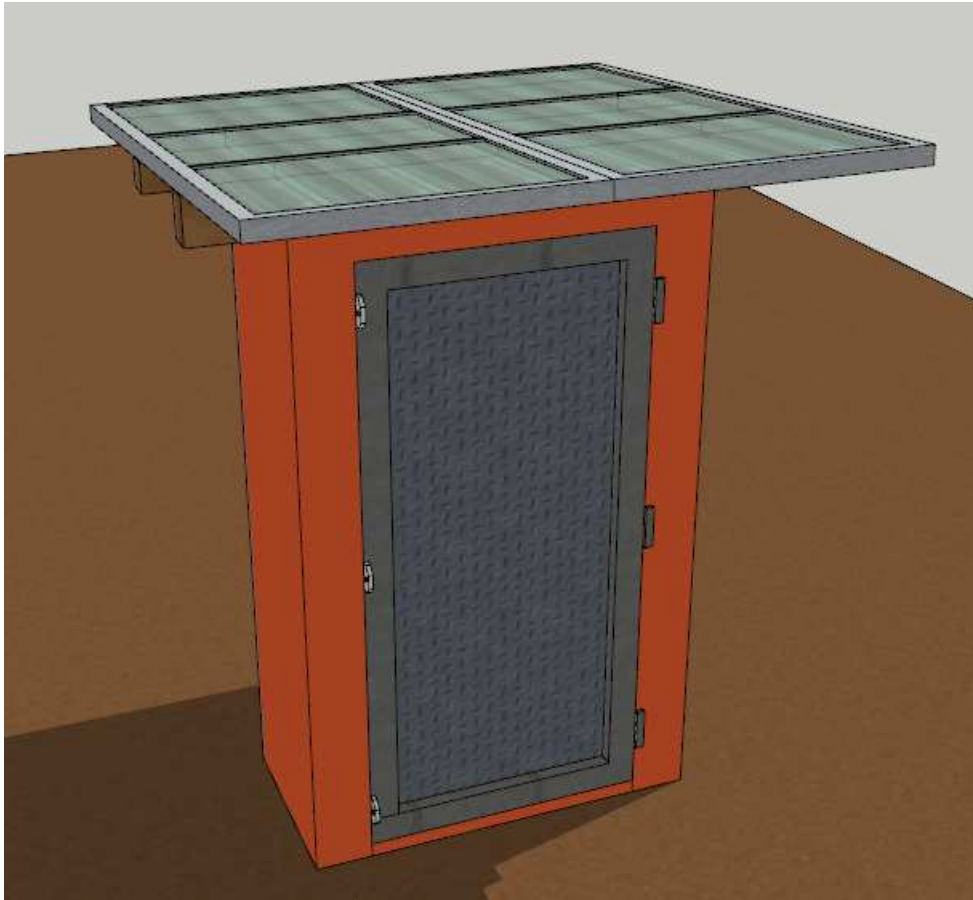
**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 29 – Quadro geral das lagoas.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 30 – Instalação de antenas nas lagoas.**



**Fonte: Aatoria própria (2023).**

os dados são direcionados para uma memória localizada na nuvem para que os dados pudessem ser armazenados de maneira segura e confiável, sendo disponibilizados para consulta.

A localização da lagoa 2 dificultava o acesso de energia via cabo, por esse motivo foi necessário realizar a instalação de duas placas solares para que houvesse a fonte de alimentação do quadro e posteriormente a conexão do CLP. A Figura 30 ilustra o projeto realizado para que tal aplicação fosse condizente a demanda necessária.

### **6.3 Antenas de sinal e sensores de nível**

Para a implementação do sistema autônomo, foi necessário a instalação de antenas para realizar o sistema de comunicação via CLP. As antenas direcionais escolhidas proporcionaram uma melhoria na atenuação do sinal em toda direção necessária, sendo que a amplificação do sinal foi realizada na direção principal.

As instalações das antenas em ambas as lagoas foram direcionadas para a sede com o intuito de melhorar a transmissão de dados, conforme a Figura 31.

Já a instalação da antena na sede, foi realizada acima de um dos reservatórios de maneira amplamente direcionada para ambas as lagoas, conforme a Figura 32.



**Figura 31 – Instalação de antenas nas lagoas.**



**Fonte: Aatoria própria (2023).**

**Figura 32 – Instalação da antena da sede.**



**Fonte: Aatoria própria (2023).**

**Figura 33 – Instalação do sensor de nível.**



**Fonte: Aatoria própria (2023).**

Dois modelos de antenas foram utilizados devido à necessidade de funcionamento, a antena principal da sede tem função de transmissão e recepção em todas as direções, enquanto as antenas presentes nas lagoas possuem funcionalidade de transmissão e recepção em apenas uma direção, ambos os modelos são homologados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Além das antenas já mencionadas, foi necessário instalar o sensor ultrassônico de nível em ambas as lagoas, de maneira que fosse possível realizar a medição se que ocorressem interferências externas. A Figura 33 mostra como foi realizada a instalação.

#### **6.4 CLP e IHM**

O CLP foi montado com dispositivos adicionais com módulos de expansão de entradas e saídas, protetores contra descargas atmosféricas, fontes de alimentação, isoladores galvânicos e interfaces digitais.

A interface do produto final atribuído a Interface Homem-Máquina (IHM) foi desenvolvida de maneira visual com várias abas para consulta do usuário. As abas são separadas em consultas referentes ao consumo das lagoas e poços, níveis de reservatórios e lagoas, além de abas de apoio como início e ajuda.

A tela referente ao consumo pode ser analisada por meio de dados mostrados na tela, mas também há a possibilidade de gerar relatórios referentes aos dados já coletados. A Figura 34 representa a interface citada.

A Figura 35 apresenta a interface ilustrativa referente ao nível de ambos os reservatórios.

Para a representação da interface quando há uma emergência, foi realizado de maneira que a tela ficasse travada até que o sistema fosse normalizado, além do efeito sonoro ao lado

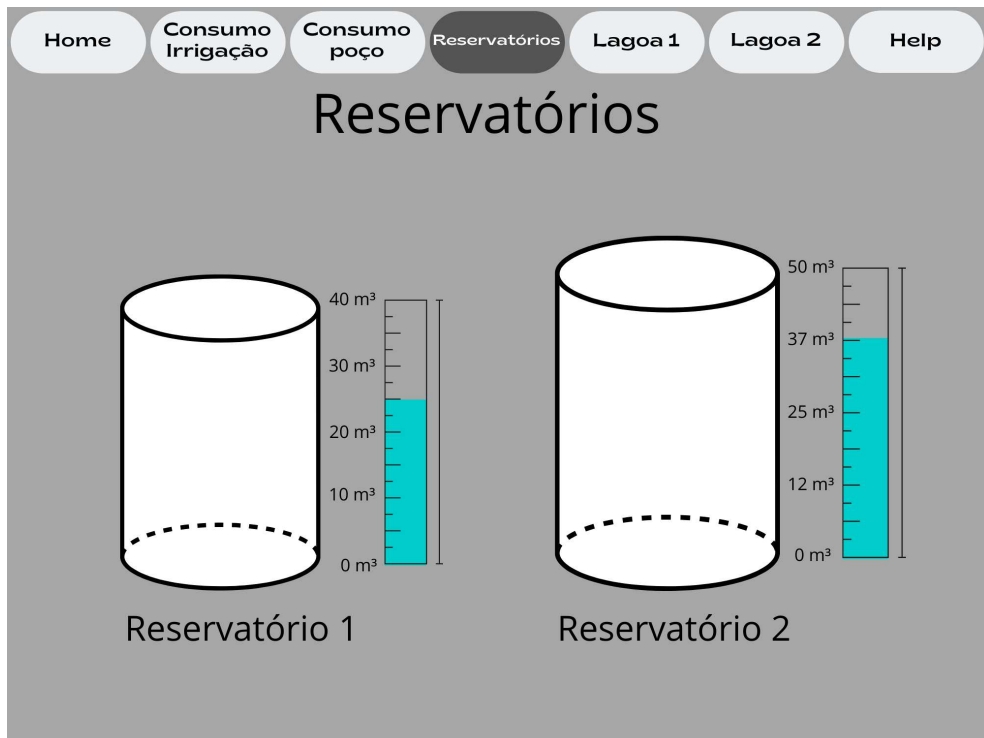


Figura 34 – Interface consumo das lagoas.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 35 – Interface nível dos reservatórios.



Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 36 – Interface situação emergencial.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

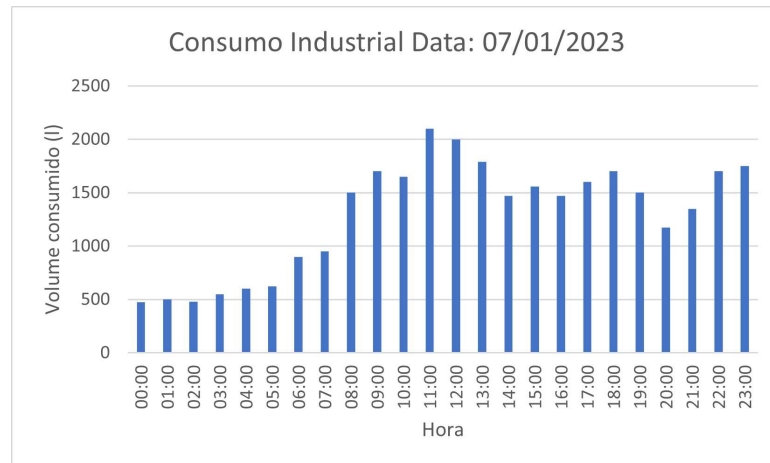
do quadro geral. A Figura 36 ilustra a interface citada. A mensagem da tela exibe textos claros e autoexplicativos, enfatizando o principal motivo para o alerta. Na ocorrência de mais de um alarme disparado em pouco intervalo de tempo a tela ilustra uma ordem de prioridades para resolução e cessamento do alarme.

## 6.5 Relatórios

A respeito dos relatórios gerados para consulta, ocorre a disponibilização ao operador de maneira que exista um histórico de informações com atualizações em tempo real. O histórico possibilita diversas ações pertinentes posteriormente ao processo, possibilidade de realização de análises com filtros e gráficos.

Alguns tipos de relatórios que podem ser gerados são referentes aos tipos de ocorrências dos alarmes, relatórios diários das principais medidas de armazenamento e consumo, tempo de operação referentes a manutenções e paradas corretivas.

O conteúdo presente no relatório pode ser selecionado por parte do operador, porém algumas informações são recorrentes para todos os relatórios gerados, sendo elas, período por datas, horários, vazões, medidas de nível, ocorrências de emergências, ocorrências de manutenção e consumos de reservatórios. Dessa maneira, a Figura 37 apresenta o relatório gerado na tela da IHM, sendo disponível para salvamento por meio de dispositivos USB, via cabo ou consulta via nuvem.

**Figura 37 – Relatório gráfico do consumo industrial diário.**

Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 38 – Relatório gráfico do consumo industrial diário.**

### Relatório Consumo Irrigação

ID	DATA	HORA	CONSUMO [m³]	USUÁRIO
175476	[07/01/2023]	00:00	81,67	-
175477	[07/01/2023]	01:00	97,58	-
175478	[07/01/2023]	02:00	81,19	-
175479	[07/01/2023]	03:00	135,24	-
175480	[07/01/2023]	04:00	147,68	-
175481	[07/01/2023]	05:00	132,32	-
175482	[07/01/2023]	06:00	149,79	-
175483	[07/01/2023]	07:00	183,01	-
175484	[07/01/2023]	08:00	187,2	-
175485	[07/01/2023]	09:00	192,06	-
175486	[07/01/2023]	10:00	172,38	-
175487	[07/01/2023]	11:00	139,16	-
175488	[07/01/2023]	12:00	163,32	-
175489	[07/01/2023]	13:00	178,65	-
175490	[07/01/2023]	14:00	197,54	-
175491	[07/01/2023]	15:00	161,44	-
175492	[07/01/2023]	16:00	141,41	-

Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 38 representa o modelo de geração de relatórios por meio do usuário, sua composição é feita por um número de identificação, data, hora, consumo de água destinado à irrigação e usuário que realizou a coleta dos dados.

Os dados também podem ser exportados para modelagem em *dashboards*, a consulta realizada tem como principal funcionalidade gerar gráficos de tendências, curvas de demanda e possibilitar análise de dados que ocorreram em períodos passados. Os dados também podem auxiliar na administração e gerenciamento da produção, afim de evitar gastos desnecessários.

## 7 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do projeto foi possível concluir todos os objetivos propostos, todas as etapas de testes, instalação de equipamentos, coleta e consulta de dados. O sistema supervisionado permitiu o acompanhamento em tempo real das variáveis inerentes ao consumo da água, gerados com confiabilidade e análise contínua.

Desde a aquisição até a instalação dos equipamentos foi um procedimento de grande valia por conta do contato com o funcionamento do projeto, compondo pesquisas dos equipamentos disponíveis no mercado, aquisição, testes, simulações e instalação. Tal pesquisa e desenvolvimento oferece oportunidades de aplicações em trabalhos acadêmicos, além de possibilitar implementações de novas melhorias com os desenvolvimentos disponíveis no mercado da automação industrial.

Os dados coletados e armazenados permitiram criação de um acervo histórico do funcionamento dos equipamentos, ocorrência de alertas visual e sonoro, variados tipos de consumo, ocorrências de manutenções e também ocorrências de vazamentos. A coleta e análise dos dados são resultados do desenvolvimento integrado entre hardware e software.

O sistema trouxe ganhos significativos nas atividades de irrigação e consumo industrial, sobretudo no que diz respeito à visão integrada de elementos e parâmetros em tempo real e detalhado conforme o recurso hídrico consumido e demanda. Os dados auxiliaram diretamente as ações voltadas ao consumo seguro e consciente de operações presentes na indústria.

Com a concretização do projeto é possível reconhecer que o sistema de telemetria possui evolução e importância referente a modernização de sistemas de automatização, controlando em tempo real vazão, nível, consumo do sistema de consumo destinado à irrigação, emergência e demais consumos industriais.

Após a conclusão do projeto, com os conhecimentos adquiridos, será possível realizar melhorias e integração de outros setores da indústria, dessa maneira há a possibilidade em integrar mais máquinas e processos da planta. Os próximos passos será aplicar teorias de controle e estudos mais aprofundado em tecnologias de integração da indústria 4.0.

Ao fim do trabalho vale salientar que a preservação dos recursos naturais é uma temática que tem crescido juntamente com a ascensão da indústria. Dessa maneira, é notório que o planejamento, o desenvolvimento e a implantação de novas tecnologias podem trazer qualificações em recursos energéticos, aprimoramento na qualidade e a responsabilidade consciente dos recursos ambientais.

## REFERÊNCIAS

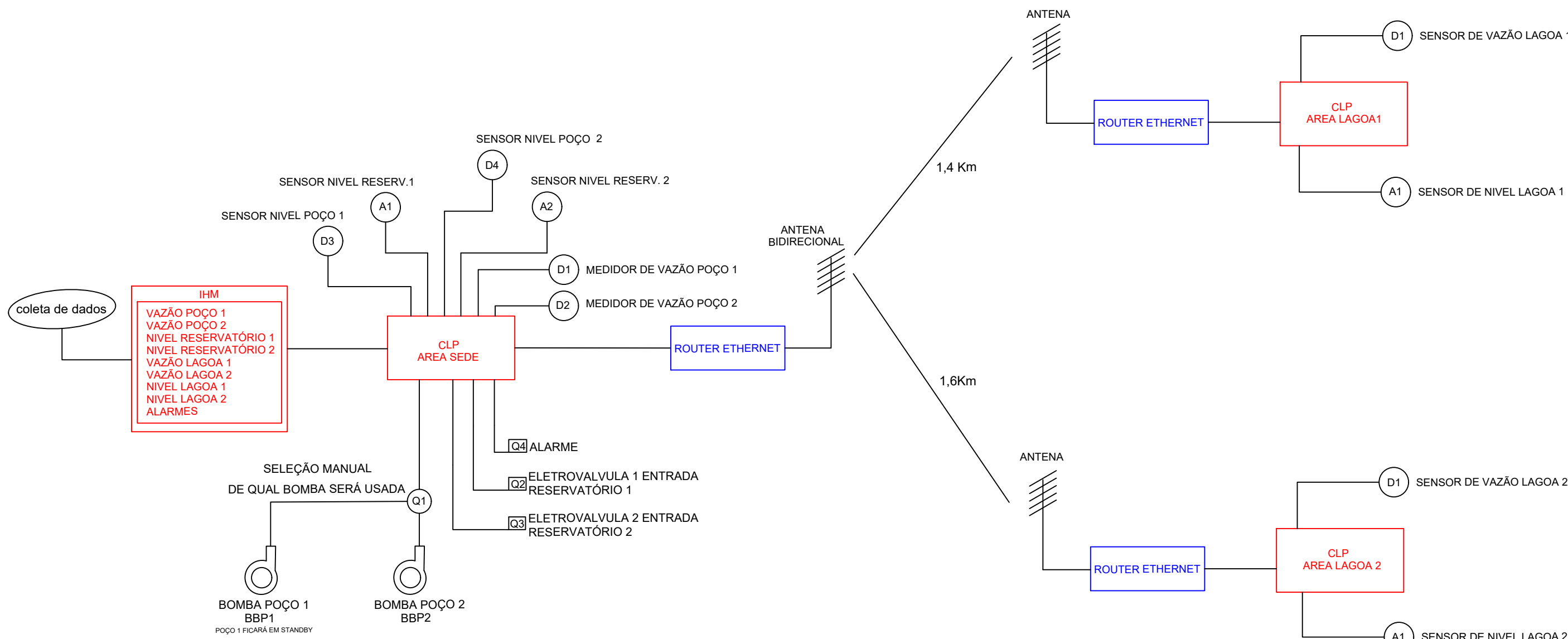
- 4PPC50.0702-10A. 2022. <https://www.br-automation.com/pt-br/produtos/ihm/power-panel-serie-t-c/power-panel-c-series/power-panel-c50/4ppc500702-10a/>. [Online; accessed 2022-11-01].
- 61131, I. E. C. Programmable controllers. *IEC*, 1993.
- ALCÁCER, V.; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, Elsevier BV, v. 22, n. 3, p. 899–919, 6 2019. [Online; accessed 2022-11-03].
- AMORIM, D. **A Irrigação de Precisão na Agricultura 4.0**. 2020. <https://blog.agromove.com.br/irrigacao-precisao/2020>. [Online; accessed 2022-10-14].
- BIG Data: What it is and why it matters. 2016. [https://www.sas.com/pt\\_br/insights/big-data/what-is-big-data.html](https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html). [Online; accessed 2022-10-01].
- BORGES, D. **Sensor Ultrassônico no Arduino e Raspberry Pi**. 2017. <https://dragaosemchama.com/2017/03/sonar-no-arduino-e-raspberry-pi/>. [Online; accessed 2022-02-10].
- CAMARGO, V. L. A. d. **Elementos de Automação**. [S.l.]: Saraiva Educação S.A., 2014. [Online; accessed 2022-11-03].
- CAPELLI, A. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. Editora saraiva. [S.l.: s.n.], 2013. [Online; accessed 2022-11-03].
- CARNEIRO, J. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**. 2009.
- CASSIOLATO, C.; ORELLANA, E. Medição de Vazão. **Revista Controle Instrumentação**, 2008.
- CAVALIERI, S.; CHIACCHIO, F. Analysis of OPC UA performances. **Computer Standards and Interfaces**, Elsevier BV, v. 36, n. 1, p. 165–177, 11 2013. [Online; accessed 2022-11-03].
- CERUTI, A. *et al.* Maintenance in aeronautics in an Industry 4.0 context: The role of Augmented Reality and Additive Manufacturing. **Journal of Computational Design and Engineering**, Oxford University Press (OUP), v. 6, n. 4, p. 516–526, feb 4 2019. [Online; accessed 2022-11-03].
- CORTES, R. **Diferença entre Sinal Analógico e Sinal Digital - Qual é melhor?** 2017. <https://www.homeit.com.br/sinal-digital-vs-analogico/>. [Online; accessed 2022-10-14].
- COSTA, D. **Sistemas de supervisão e controle integrados**. Portugal: Departamento de Engenharia Mecânica, 2009.
- FERNANDES, W. A. *et al.* Projeto de Fonte Cc Regulada 1,25v a 20v. **15o Encontro Científico Cultural Interinstitucional e 1o Encontro Internacional**, 2017.
- FIALHO, A. B. **Automação Pneumática : Projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. [S.l.]: Saraiva Educação S.A., 2018. [Online; accessed 2022-11-03].
- FRANCO, Â. S. **Sistema de Automação E Telemetria : Um Estudo de Caso Na Estação de Tratamento de Água E Distribuição Do Município de São Gabriel- Rs**. 2015.

- FREDERICO, G. F.; MARTINS, R. A. Modelo para alinhamento entre a maturidade dos sistemas de medição de desempenho e a maturidade da gestão da cadeia de suprimentos. **Gestão & Produção**, Scielo, v. 19, p. 857–871, dez. 2012. ISSN 0104-530X. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2012000400014&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2012000400014&nrm=iso). Acesso em: 21 ago. 2013.
- GOEKING, W. Da máquina a vapor aos softwares de automação. 2010.
- GROUP, R. C. C. U. T. **Telemetry Applications Handbook**. Novo México: U.S. Army White Sands Missile Range, 2006. [Online; accessed 2022-11-06].
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. d. **Abastecimento de água para consumo humano**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. [Online; accessed 2022-11-06].
- INDUSTRIAL Control and Automation Solutions. 2022. <https://www.te.com/usa-en/solutions/guides/industrial-control-and-automation.html>. [Online; accessed 2022-08-25].
- LUCAS, J. L. F. Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, **Desenvolvimento do servidor OPC UA para sistema CNC**. 2019.
- MATHEUS, K.; KÖNIGSEDER, T. **Automotive Ethernet**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2017. [Online; accessed 2022-11-03].
- NATALE, F. **Automação Industrial - Série Brasileira de Tecnologia**. 10. ed. São Paulo: Saraiva Educação S.A., 2008.
- ORTIZ, J. H.; MARROQUIN, W. G.; CIFUENTES, L. Z. Industry 4.0: Current Status and Future Trends. In: \_\_\_\_\_. **Industry 4.0 - Current Status and Future Trends**. [S.l.]: IntechOpen, 2020.
- PAREDE, I. M.; GOMES, L. E. L. **Automação Industrial**. Nan. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. v. 6.
- PEREIRA, R.; SANTOS, N. d. Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria. In: . [S.l.: s.n.], 2022.
- PETRILLO, A.; CIOFFI, R.; FELICE, F. D. **Digital Transformation in Smart Manufacturing**. [S.l.]: BoD – Books on Demand, 2018. [Online; accessed 2022-11-03].
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Cepel – Cresesb, 2014.
- PINTO, A. S.; FAINA, L. F.; CARDOZO, E. A TINA-based distributed environment for mobile multimedia applications. In: SOUZA, J. N. de; BOUTABA, R. (Ed.). **Managing QoS in Multimedia Networks, Services**. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 163–175.
- POGACEAN, C.; BROSCHEI, S.; SÜSS, G. Implementando Comunicação OPC UA Determinística. **Westcon**, 2016.
- PRUDENTE, F. **Automação Industrial PLC: Teoria E Aplicações (2a. Ed.)**. [S.l.: s.n.], 2011. [Online; accessed 2011-11-03].
- RIBEIRO, M. A. **Automação Industrial**. 4. ed. Salvador: Tek Treinamento Consultoria Ltda, 1999.
- ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação Industrial**. 1. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

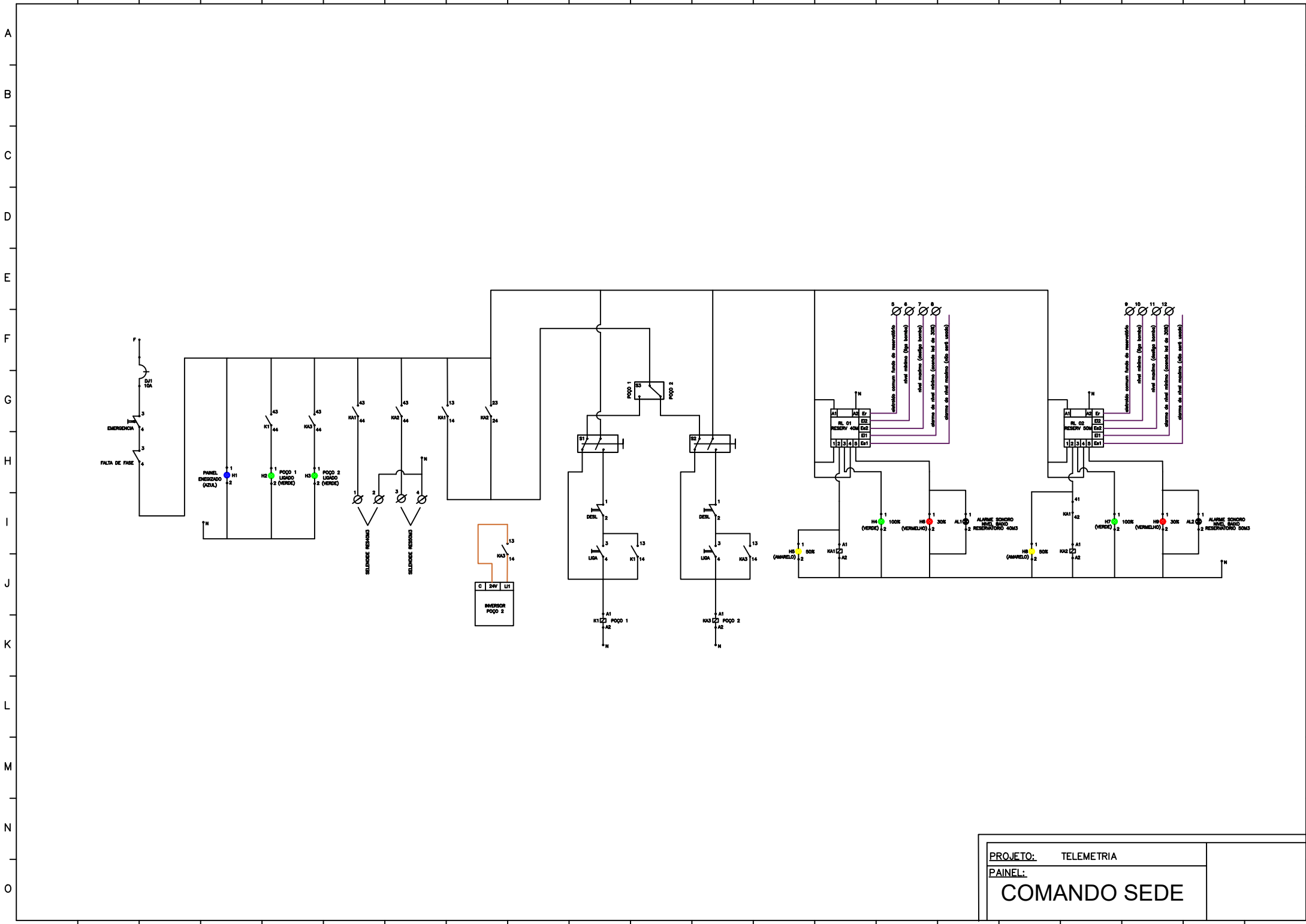
- ROJKO, A. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)**, International Association of Online Engineering (IAOE), v. 11, n. 5, p. 77, jul 24 2017. [Online; accessed 2022-11-03].
- SANTOS, L. S.; ARAÚJO, R. B. d. A Revolução Industrial. 2016.
- SANTOS, W. E. d. **Controladores Lógicos Programáveis**. 1. ed. [S.l.]: Base Editorial, 2010.
- SILVA, J. R. B. d.; CASILLO, L. A. Desenvolvimento de um sistema supervisor para telemetria de uma bomba de fluidos utilizando java, arduino e express-pcb. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, Editora da Universidade Federal Rural do Semi-Arido - EdUFERSA, v. 1, n. 1, p. 146–157, oct 17 2019. [Online; accessed 2022-11-03].
- SILVEIRA, P. R. d.; SANTOS, W. E. d. **Automação e controle discreto**. 9. ed. [S.l.]: Editora Saraiva, 2009. [Online; accessed 2022-11-03].
- STELLMAN, A.; GREENE, J. **Applied Software Project Management**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2005. [Online; accessed 2022-11-03].
- SUNDMAEKER, H. *et al.* **Vision and Challenges for Realising the Internet of Things**. European commission. [S.l.]: Antoine de Saint-Exupéry, 2010. [Online; accessed 2022-11-03].
- TOFAIL, S. A. *et al.* Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. **Materials Today**, Elsevier BV, v. 21, n. 1, p. 22–37, 1 2018. [Online; accessed 2022-11-03].
- UISP airMAX LiteBeamM 5 GHz, 23 dBi Bridge. 2022. <https://store.ui.com/collections/operator-airmax-devices/products/litebeam-m5>. [Online; accessed 2022-11-01].
- VARGHESE, A.; TANDUR, D. Wireless requirements and challenges in Industry 4.0. *In*: IEEE. **2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)**. [S.l.], 2014. [Online; accessed 2022-09-29].
- WU, D.; ROSEN, D. W.; SCHAEFER, D. Cloud-Based Design and Manufacturing: Status and Promise. *In*: \_\_\_\_\_. **Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM)**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 1–24. [Online; accessed 2022-11-03].
- X20CP0410. 2022. <https://www.br-automation.com/pt-br/products/plc-systems/x20-system/compact-s-plc/x20cp0410/>. [Online; accessed 2022-11-01].
- YAMAGUCHI, M. Y. **Sincronização das bases de tempo de CLPs distribuídos numa rede de automação de processo industrial**. 2006. [Online; accessed 2022-11-03].
- ZANCAN, M. D. **Controladores Programáveis**. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

**ANEXO A – Diagrama Funcional da Telemetria**

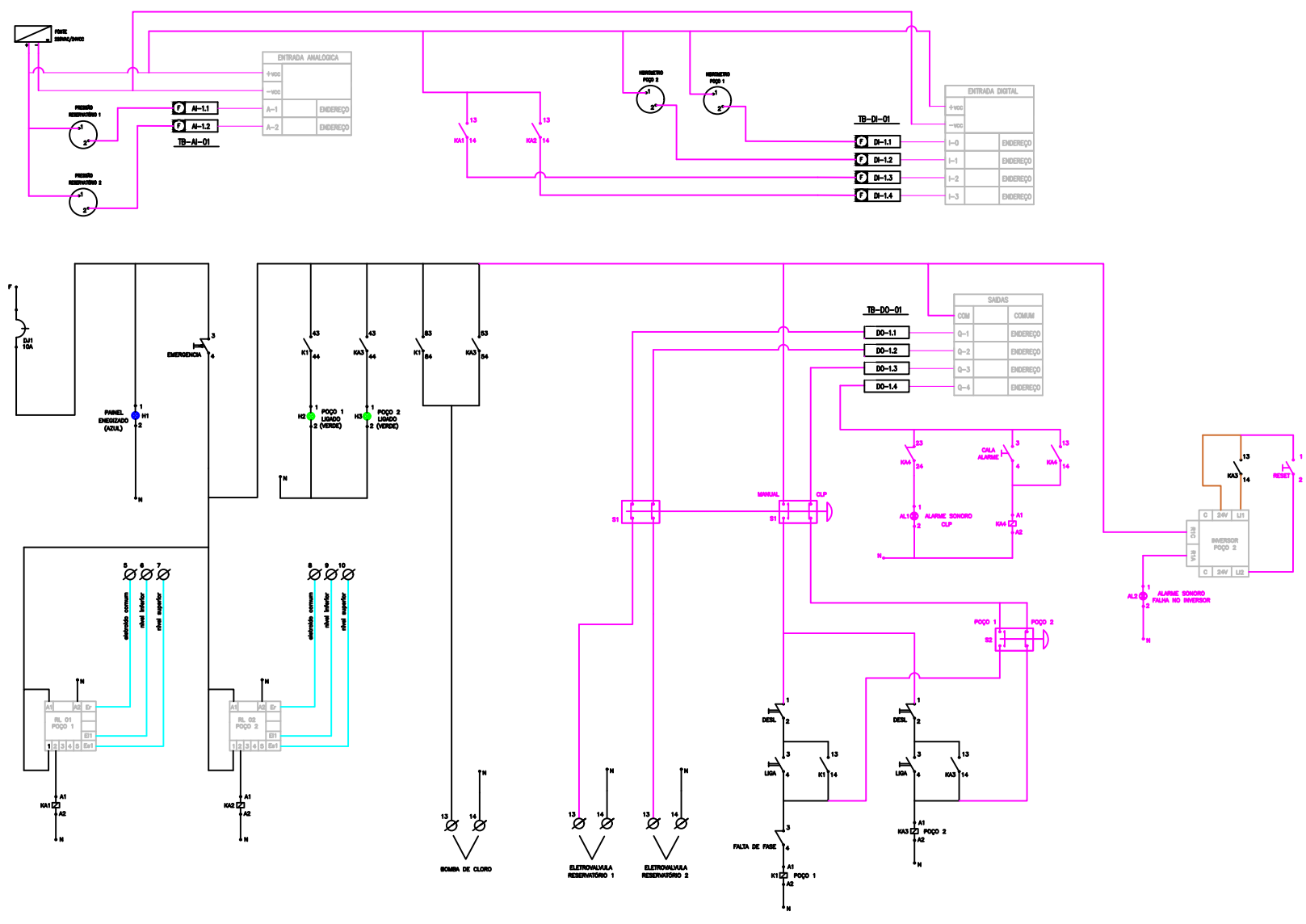




## **ANEXO B – Diagrama Elétrico da Telemetria**



PROJETO:	TELEMETRIA
PAINEL:	COMANDO SEDE



PROJETO: TELEMETRIA  
 PAINEL:  
**COMANDO SEDE**