



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

THIAGO MOREIRA BATISTA

SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA INDÚSTRIA DE LATICÍNIO

CARAÚBAS
2023

THIAGO MOREIRA BATISTA

SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA INDÚSTRIA DE LATICÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Caraúbas, como requisito para obtenção do Título de Bacharelado em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, Prof. Dr.

Coorientadora: Geovanna Paulina Dantas Maia, Prof. Esp.

CARAÚBAS
2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B333s Batista, Thiago Moreira.
Sistema de monitoramento para indústria de
laticínio / Thiago Moreira Batista. - 2023.
45 f. : il.

Orientador: Francisco Carlos Gurgel da Silva
Segundo.

Coorientadora: Geovanna Paulina Dantas Maia.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. ESP32. 2. alerts. 3. supervisorio. 4.
lácteos. I. Segundo, Francisco Carlos Gurgel da
Silva, orient. II. Maia, Geovanna Paulina Dantas,
co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues

CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

THIAGO MOREIRA BATISTA

SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA INDÚSTRIA DE LATICÍNO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Caraúbas, como requisito para obtenção do Título de Bacharelado em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 13 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO CARLOS GURGEL DA SILVA SEGUNDO
Data: 20/10/2023 18:29:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 GEOVANNA PAULINA DANTAS MAIA
Data: 17/10/2023 12:46:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Geovanna Paulina Dantas Maia, Prof. Esp. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 CECILIO MARTINS DE SOUSA NETO
Data: 17/10/2023 10:47:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cecílio Martins de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 PEDRO THIAGO VALERIO DE SOUZA
Data: 17/10/2023 17:38:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pedro Thiago Valério de Sousa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço de forma imensurável à minha família, em especial ao meu pai, Francisco Batista (Tico), e à minha mãe, Raimunda Moreira (Veriana). Sem o apoio e a ajuda deles, eu não teria condições de produzir este trabalho. Não posso esquecer das minhas duas irmãs, Thaís e Thalita, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando na conquista de meus objetivos.

Agradeço também aos mais novos integrantes da família: meus sobrinhos Pedro e João Lucas e minha sobrinha e afilhada Maria Cecília, que alegram a casa.

Estendo meus agradecimentos a todos os familiares, meus tios, tias, primos e, de forma muito especial, aos meus avós paternos, Pedro Batista e Maria Batista. Dos meus avós maternos, que hoje já não estão entre nós, Manoel Alexandre (Sr. Moreira) e Maria Barbosa (Dona Tíndinha), guardo as memórias e a gratidão em meu coração. Não posso esquecer de agradecer a um grande homem que nos deixou, Antônio Moreira. Onde ele estava, a alegria era garantida.

A todos os meus amigos, que de forma direta ou indireta sempre estiveram comigo, o meu mais sincero agradecimento.

Engenharia é a coisa mais próxima a magia que
existe no mundo.

(Elon Musk).

RESUMO

A instrumentação consiste em um conjunto de dispositivos e técnicas utilizadas para monitorar ou controlar fenômenos que ocorrem em um processo. No processo fabril, a instrumentação, controle e sistemas supervisórios estão presentes. Em uma indústria de laticínio não é diferente e conhecer algumas variáveis, como pressão e temperatura é essencial. Este trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de temperatura e pressão para sistemas industriais de laticínios, permitindo o acompanhamento remoto por meio de duas plataformas distintas. Uma delas disponibiliza uma versão Web e aplicativo para *smartphones*, enquanto a outra oferece acompanhamento por meio de um aplicativo de mensagens. O sistema ainda é capaz de enviar mensagens de alerta aos usuários, notificando sobre possíveis falhas na operação. Para a construção desse sistema, utilizou-se a plataforma Arduino, juntamente com o ESP 32 atuando como microcontrolador. Foram empregados sensores de temperatura DS18B20 e um sensor transmissor de pressão. O microcontrolador é responsável por coletar e processar os dados, que são então enviados ao servidor ThingSpeak. Além disso, o sistema pode enviar alertas ou publicar informações no Telegram quando solicitado. Dessa forma, o usuário pode acessar os dados a qualquer momento, sem a necessidade de estar fisicamente no local onde o equipamento está instalado. Em testes preliminares, o sistema mostrou-se confiável e preciso, destacando-se como uma ferramenta promissora para aprimorar eficiência e proatividade em ambientes industriais.

Palavras-chave: ESP32; alertas; supervisório; lácteos.

ABSTRACT

A instrumentação consiste em um conjunto de dispositivos e técnicas utilizadas para monitorar ou controlar fenômenos que ocorrem em um processo. No processo de fabricação estão presentes sistemas de instrumentação, controle e supervisão. Na indústria de laticínios não é diferente, e compreender certas variáveis, como pressão e temperatura, é essencial. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento de temperatura e pressão para sistemas industriais de laticínios, permitindo o monitoramento remoto através de duas plataformas distintas. Um deles oferece versão web e aplicativo para smartphone, enquanto o outro oferece monitoramento por meio de aplicativo de mensagens. O sistema também é capaz de enviar mensagens de alerta aos usuários, notificando-os sobre possíveis falhas operacionais. Para construir este sistema, foi utilizada a plataforma Arduino em conjunto com o ESP32 atuando como microcontrolador. Foram empregados sensores de temperatura DS18B20 e um sensor transmissor de pressão. O microcontrolador é responsável por coletar e processar os dados, que são então enviados ao servidor ThingSpeak. Além disso, o sistema pode enviar alertas ou publicar informações no Telegram quando solicitado. Desta forma, o usuário pode acessar os dados a qualquer momento sem a necessidade de estar fisicamente presente no local onde o equipamento está instalado. Em testes preliminares, o sistema mostrou-se confiável e preciso, emergindo como uma ferramenta promissora para aumentar a eficiência e a proatividade em ambientes industriais.

Keywords: ESP32; alerts; supervisory; lacteal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos IoT.	16
Figura 2: Ilustração das formas de energia em um sensor.....	16
Figura 3: Ilustração da variação de um sensor analógico dada a variação de uma grandeza física.....	17
Figura 4: Ilustração sinal digital.	18
Figura 5: Configuração de ponte de Wheatstone.....	19
Figura 6: Sensor de Pressão de Água G1/4 1.2Mpa.	19
Figura 7: Sensor de temperatura DS18B20	20
Figura 8: Pinagem ESP32.....	21
Figura 9: Ilustração dos tanques de água gelada monitorado.....	24
Figura 10: Vaso de pressão, ponto de leitura.	25
Figura 11: Calibrando sensor de pressão.	28
Figura 12: Registro da calibração por m.c.a.....	28
Figura 13: Verificação de leitura dos sensores DS18B20 com sensor de mercúrio.	30
Figura 14: Aba para criar um novo canal no ThingSpeak.	32
Figura 15: Configuração do canal ThingSpeak.	32
Figura 16: Configuração do App ThingShow.....	33
Figura 17: Criando o bot para receber os alertas.....	34
Figura 18: Adquirindo ID para adicionar ao código.....	35
Figura 19: Visualização de valores por meio de dashboard.	36
Figura 20: Visualização dos valores por meio do App ThingShow.....	39
Figura 21: Alertas e valores de sensor por meio do Telegram.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dados calibração sensor em bancada.	30
Gráfico 2: Demonstração de valores por meio de gráficos gerados no ThingSpeak.....	37
Gráfico 3: Visualização dos valores registrados nos gráficos.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de valor digital com coluna de água.....	29
Tabela 2: Comparativo de temperatura entre os sensores.....	31
Tabela 3: Tabela de custo do sistema.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADC	Analog-to-Digital Converter
API	Application Programming Interface
DAC	Digital-to-Analog Converter
GPIO	General Purpose Input/Output
ID	Identity
IDE	Integrated Development Environment
IoT	Internet of Things
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
SCADA	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Sistemas supervisórios.....	15
2.2	Internet das coisas	15
2.3	Sensores	16
2.3.1	Sensores analógicos.....	17
2.3.2	Sensores digitais	17
2.4	Sensor de pressão integrado.....	18
2.5	Sensor DS18D20.....	19
2.6	Microcontrolador ESP32.....	20
2.7	Software e Linguagem de Programação	21
2.8	ThingSpack	22
2.9	Telegram.....	22
3	MATERIAS E MÉTODOS	23
3.1	Descrição do sistema.....	24
3.2	Calibração dos sensores	27
3.2.1	Calibração sensor de pressão integrado	27
3.2.2	Calibração sensor de temperatura DS18B20.....	30
3.3	Configuração web	31
3.3.1	Configuração Thing Spack Web	31
3.3.2	Configuração Thing Spack App.....	33
4.3.3	Configuração Telegram	33
5	RESULTADOS.....	36
5.1	Resultados coletados.....	36
5.2	Custo para sistema supervisório	41
6	CONCLUSÃO	42
7	BIBLIOGRAFIA	43

1 INTRODUÇÃO

Para se manter de forma competitiva no mercado, torna-se recorrente a necessidade de adquirir dados com a finalidade de facilitar as tomadas de decisões dentro de um setor fabril, de forma a otimizar e gerir de forma mais pontual cada elemento e para manter o sistema produtivo funcionando de maneira adequada. De acordo com Gomes (2019), a tomada de decisão racional é fundamentada, principalmente, na aplicação de lógica e análise quantitativa. Para isso, as inovações tecnológicas permitem a criação de sistemas interativos de apoio à decisão altamente adaptáveis, tornando mais simples a combinação de protocolos algorítmicos com o conhecimento prático e a intuição dos tomadores de decisão.

A produção nos laticínios são muito sensíveis a variações, principalmente de temperatura. A matéria prima principal é o leite de vaca, sendo esse um produto bastante perecível e que, se não for armazenado e trabalhado com temperaturas dentro dos limites de variações desejados, pode facilmente ocasionar perdas e/ou produtos com baixa qualidade.

Os parâmetros de pressão do ar comprimido nos processos de envase e, temperatura nos processos de armazenamento e processamento do leite são pontos extremamente críticos, pois, com parâmetros fora do intervalo adequado, perde-se qualidade e com isso ocorre custos não planejados, com produtos fora dos padrões de qualidade requeridos pelo mercado. A influência desses parâmetros é comprovada por Cruz (2016).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo coletar dados através de sensores de temperatura e pressão. Esses dados vão ser processados por uma placa ESP32 de código aberto com a linguagem de programação C++, e com esse processamento será possível fazer o monitoramento dos parâmetros de temperatura do tanque de água gelada e pressão do ar-comprimido que será fornecido aos setores de produção.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um sistema de monitoramento para acompanhar e emitir alertas por meio do App Telegram, pois o envio dos alertas para esse aplicativo, a visualização é rápida e de fácil acesso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um sistema de monitoramento de temperatura e pressão utilizando um microcontrolador ESP32;
- Apresentar a utilização dos sensores no monitoramento das grandezas físicas temperatura e pressão;
- Desenvolver a lógica de programação para ler, plotar e notificar os alertas dos resultados obtidos;
- Aplicar o projeto nos pontos de monitoramento;
- Apresentar o resultado do monitoramento por meio das plataformas Thing Spack e Telegram.

1.2 Organização do trabalho

No Capítulo 2 apresenta-se o referencial teórico que será abordado sobre sistemas supervisórios, microcontrolador e sensores.

No Capítulo 3, consta os materiais e métodos para o desenvolvimento do sistema desenvolvido neste trabalho.

No Capítulo 4, são descritos os resultados da pesquisa aplicada realizada.

E no Capítulo 5, as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros são pontuados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste Capítulo, serão apresentados os principais conceitos e elementos necessários para o desenvolvimento da pesquisa aplicada desenvolvida neste trabalho. Na Seção 2.1, são pontuados os sistemas supervisórios.

2.1 Sistemas supervisórios

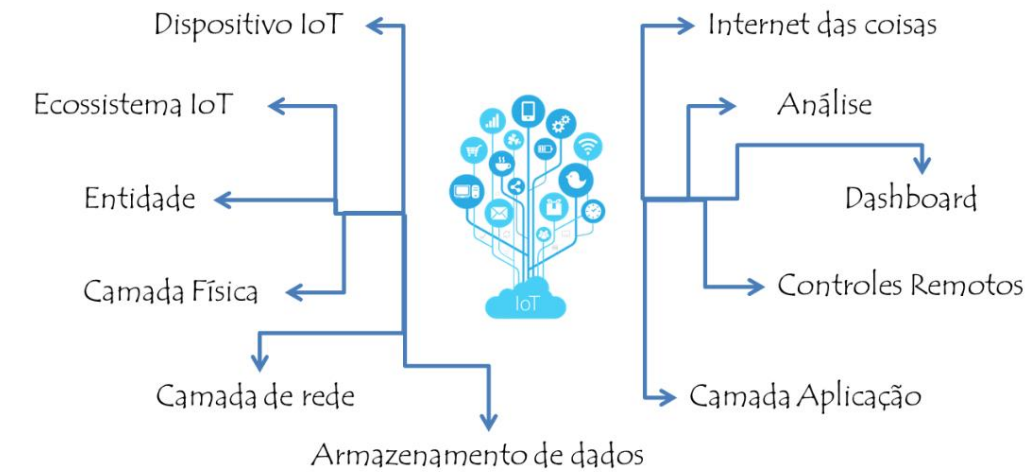
Desde a revolução industrial, o homem vem buscando e avançando no desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas nos processos industriais com objetivo de automatizar cada vez mais seus processos, ocasionando uma redução nos custos e garantindo a qualidade na produção. Com esse intuito, a aplicação do sistema SCADA (Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados) é uma ótima opção para o monitoramento de processos industriais.

A EngProcess (2018) cita que um sistema supervisório é possível acompanhar os seguintes dados dentro de uma indústria: temperatura, pressão, umidade, nível, peso, vazão, tensão, corrente elétrica, entre outras leituras. Para ser possível coletar esses dados, se faz necessário alguns itens como sensores, sistemas de processamento e armazenameto dos dados.

2.2 Internet das coisas

A IoT (*Internet of Things*), ou Internet das Coisas, foi apresentada com o intuito de conectar diversos tipos de dispositivos e equipamentos à internet, conforme ilustrado na Figura 1, com o objetivo de poder acompanhar, analisar e controlar dispositivos sem a necessidade de estar no mesmo local físico do equipamento. Com isso, é possível que vários dispositivos possam interagir entre si, criando assim um grande ecossistema de interações (Colombo e Filho, 2018).

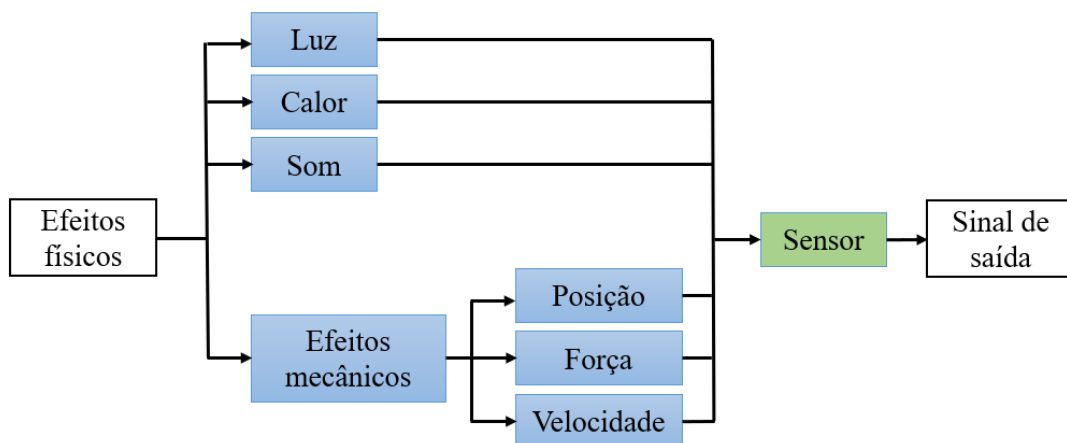
Conforme mencionado por Slack et al. (2018), a principal aplicação da Internet das Coisas (IoT) consiste em identificar rapidamente eventos imprevistos e responder em tempo real por meio de sistemas automatizados. A proposta é que a IoT reproduza as reações dos tomadores de decisão humanos, porém com maior rapidez e precisão.

Figura 1: Elementos IoT.

Fonte: 3 Way Networks, 2017.

2.3 Sensores

O sensor é basicamente um dispositivo que tem a função de detectar e responder eficientemente a alguma forma de energia térmica, cinética ou luminosa como desmostra na Figura 2. A resposta dos sensores a essas formas de energia é feita por meio de sinais elétricos. Normalmente, a saída de sinal do sensor é manipulada para que possa ser utilizada em algum sistema de controle ou simplesmente para coletar dados para registro. Cada sensor possui características elétricas específicas para cada grandeza física a ser transmitida para algum sistema de controle (Thomazini e Albuquerque, 2020).

Figura 2: Ilustração das formas de energia em um sensor.

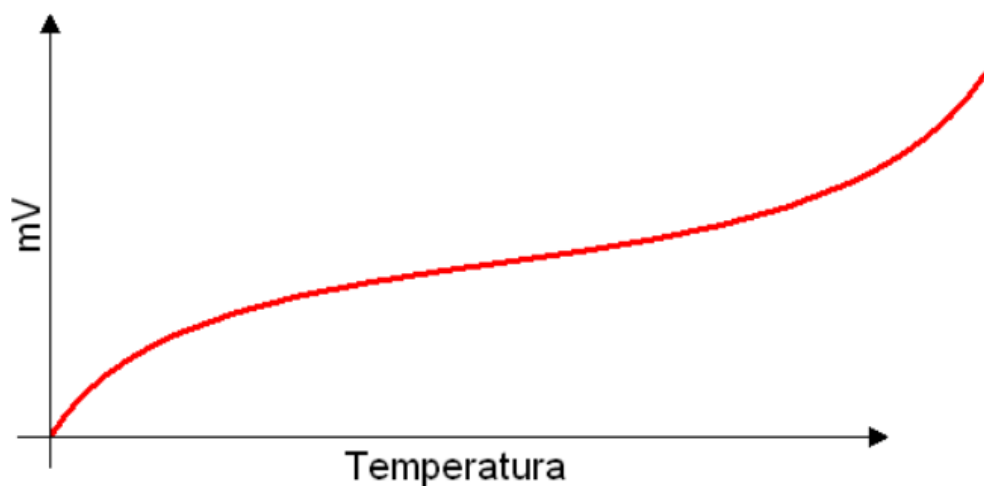
Fonte: Adaptada Thomazini e Albuquerque, 2020.

Existem diversos sensores e uma variedade de dispositivos capazes de realizar leituras e processar dados. No entanto, conforme Thomazini e Albuquerque (2020), a saída de um sensor tem um nível de tensão muito baixo, sendo necessário a sua amplificação por meio de um amplificador de sinal para que seja possível elevar o seu nível de energia, possibilitando assim o transporte do sinal ao dispositivo de leitura.

2.3.1 Sensores analógicos

O sinal de saída dos sensores analógicos podem assumir qualquer valor de nível de tensão dentro da faixa de operação no qual o sensor foi desenvolvido para trabalhar, como ilustrado da Figura 3 (Thomazini e Albuquerque, 2020).

Figura 3: Ilustração da variação de um sensor analógico dada a variação de uma grandeza física.



Fonte: Wendling, 2010.

2.3.2 Sensores digitais

Um sensor digital possui a capacidade de representar apenas dois estados distintos em seu sinal de saída ao longo do tempo como demonstrado na Figura 4. Esses valores não correspondem diretamente a grandezas físicas, mas são estabelecidos pelo sistema de controle após passarem pela conversão realizada pelo circuito eletrônico do sensor. Essa característica é comumente encontrada em dispositivos como pressostatos, termostatos, chaves de nível e em

transdutores, como *encoders*, que são empregados para determinar a posição ou velocidade em diversos sistemas (Thomazini e Albuquerque, 2020).

Figura 4: Ilustração sinal digital.



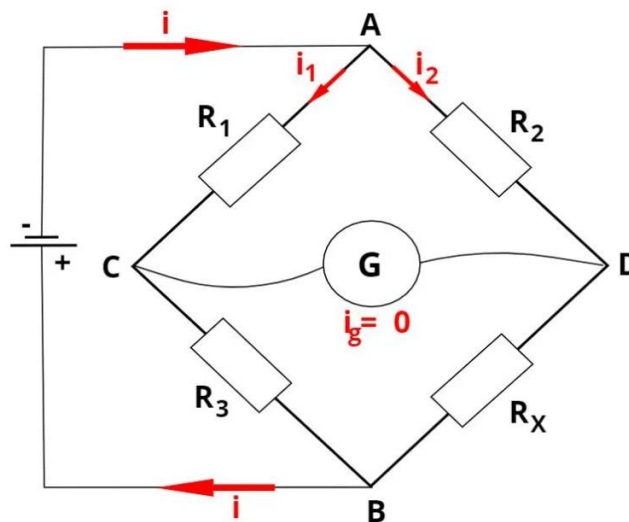
Fonte: Silveiras, 2023.

2.4 Sensor de pressão integrado

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2020), aproximadamente 50% da produção global de sensores de pressão é confeccionada mediante a utilização de tecnologias de microeletrônica baseadas em silício, também conhecidas como micromaquinagem. O mecanismo de operação desses dispositivos se fundamenta primordialmente em dois paradigmas clássicos de transdução: o piezoresistivo e o capacitivo. No âmbito do paradigma piezoresistivo, os dispositivos incorporam resistores específicos, denominados piezorresistores, que são estruturados sobre um substrato delgado de silício, frequentemente referido como diafragma. Estes resistores são submetidos a deformações mecânicas, ocasionando uma variação nos respectivos valores de resistência elétrica.

A vasta maioria desses sensores de pressão se fundamenta no efeito piezoresistivo e é composta por um conjunto de quatro piezorresistores interconectados em uma configuração de ponte de Wheatstone como mostra na Figura 5.

Figura 5: Configuração de ponte de Wheatstone.



Fonte: Seeed, 2023.

A Figura 6 apresenta um sensor de pressão que quando expostos a uma determinada pressão mecânica, os quatro piezorresistores sofrem deformações. A orientação de montagem específica faz com que dois destes elementos estejam submetidos a tensões compressivas enquanto os outros dois estão sob tensões tensionais. Este cenário culmina em um desbalanceamento da ponte de Wheatstone, gerando, conseqüentemente, uma tensão de saída que é diretamente proporcional à magnitude da pressão aplicada (Thomazini e Albuquerque, 2020).

Figura 6: Sensor de Pressão de Água G1/4 1.2Mpa.



Fonte: Wheatstone, 2023.

2.5 Sensor DS18D20

O DS18B20 representado na Figura 7, é um sensor de temperatura digital desenvolvido pela empresa Dallas Instruments. Este sensor utiliza o protocolo de comunicação *One Wire*, o

que implica que a leitura da temperatura é transmitida ao microcontrolador através de um único fio, simplificando a instalação. Conforme descrito no *datasheet* deste componente, o sensor é capaz de medir temperaturas em um intervalo de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, com precisão de $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma precisão de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para temperaturas entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Além disso, destaca-se por ser uma escolha econômica, tornando-o ainda mais atraente para aplicações de baixo custo (Martnazzo e Orlando, 2016).

Figura 7: Sensor de temperatura DS18B20



Fonte: Casa da R obotica, 2023.

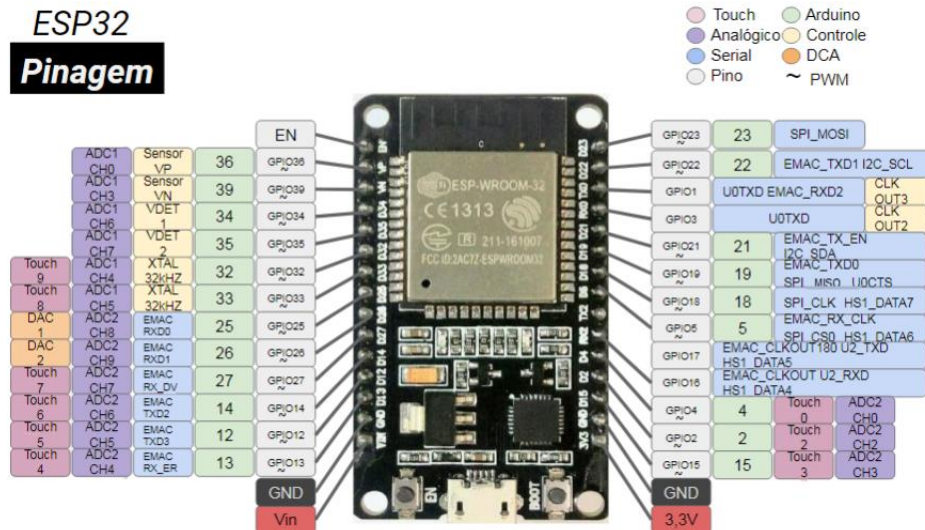
O sensor de temperatura digital DS18B20 apresenta uma série de recursos notáveis. Com a capacidade de medir temperaturas em graus Celsius, oferece resolução configurável de 9 a 12 *bits*. Um aspecto singular desse sensor é o seu número serial exclusivo de 64 bits, permitindo a conexão de vários sensores DS18B20 em um único barramento. Isso viabiliza a medição de temperatura por meio de diversos sensores em um único microcontrolador, tornando-o ideal para aplicações que exigem o monitoramento de várias fontes de temperatura (Dallas Semiconductor, 2023).

2.6 Microcontrolador ESP32

O ESP32, ilustrado na Figura 8, é um microcontrolador desenvolvido pela Espressif Systems, concebido para ser utilizado em dispositivos móveis e em aplicações voltadas para a Internet das Coisas (IoT). Este microcontrolador é projetado para operar em uma gama de temperaturas que varia de -40°C a 125°C , o que o torna versátil para diversas aplicações industriais. Com Wi-Fi e Bluetooth incorporados, o ESP32 pode funcionar tanto como uma

entidade autônoma quanto como um dispositivo escravo em uma configuração mais ampla. O módulo é alimentado por um processador de 32 *bits*, proporcionando um alto desempenho para diversas tarefas computacionais (Espressif, 2023).

Figura 8: Pinagem ESP32.



Fonte: Curto Circuito, 2023.

O ESP32 se destaca em relação a outros microcontroladores do mercado por suas especificações técnicas avançadas, incluindo conectividade Bluetooth, um grande número de pinos de Entrada/Saída de Propósito Geral (GPIOs) e Conversores Analógico-Digitais (ADCs), a presença de dois Conversores Digital-Analógicos (DACs), e uma frequência de clock de 160 MHz. A placa ESP-WROOM-32, que contém o módulo ESP32, exemplifica esta versatilidade ao oferecer, em sua versão com 36 pinos, uma variedade de funcionalidades como interfaces GPIO, UART, e I2C, além de sensores de toque, um sensor de Efeito Hall, e conversores AD e DA, tornando-a uma opção robusta e flexível para aplicações em dispositivos móveis e na Internet das Coisas (Martins, 2020).

2.7 Software e Linguagem de Programação

O ESP 32 opera com base na linguagem de programação C++, exigindo um ambiente de desenvolvimento específico para a compilação de código. Esse ambiente é proporcionado pelo *Arduino Integrated Development Environment (IDE)*, uma aplicação para computadores que contém um compilador integrado (Kriger, 2022).

2.8 ThingSpeak

O ThingSpeak, que pode ser traduzido como "Fala das Coisas", é uma plataforma de armazenamento de dados que oferece serviços de servidor para guardar informações enviadas por dispositivos conectados. Além de disponibilizar recursos avançados em sua versão paga, o ThingSpeak permite que usuários não comerciais acessem gratuitamente, embora com certas limitações inerentes à licença gratuita. Estes usuários podem enviar até 3 milhões de mensagens anualmente, o que equivale a aproximadamente 8.219 mensagens diárias, com intervalos de 15 segundos entre cada atualização. Adicionalmente, estão restritos a 4 canais. É importante ressaltar que, para aqueles que usam a versão gratuita, o intervalo mínimo de atualização é de 15 segundos (ThingSpeak™, 2023).

O ThingSpeak utiliza canais para armazenar informações e, geralmente, cada dispositivo conectado é associado a um canal específico. Dentro desses canais, as informações são registradas em mensagens, que podem conter até 8 campos de dados, permitindo que um canal monitore diversos itens de um projeto. Cada mensagem tem um limite de 3000 *bytes*. Existem várias maneiras de registrar mensagens no ThingSpeak, como através da API REST, protocolo MQTT, ou ferramentas como MATLAB, React ou Timecontrol. Notavelmente, registros em um canal de imagem no ThingSpeak consomem o equivalente a 100 mensagens padrão (ThingSpeak™, 2023).

2.9 Telegram

O Telegram é um aplicativo de mensagens disponível para dispositivos móveis e computadores, que opera na nuvem e coloca ênfase na segurança e velocidade. Esse aplicativo possui uma API aberta e oferece seu código-fonte livremente para todos os interessados. Além disso, o Telegram assegura a proteção das mensagens contra possíveis ataques de hackers. Para os desenvolvedores, o Telegram disponibiliza a API Bot, que facilita a criação de programas que utilizam as mensagens do Telegram como interface de forma simples e eficaz. Os *bots* estão conectados ao servidor de seu proprietário, que processa entradas e solicitações dos usuários (Telegram, 2023).

De acordo com Setiaji e Paputungan (2018), o *bot* é capaz de executar tarefas simples e complexas repetidamente, como invocar e validar as informações disponíveis no banco de dados. A comunicação com o *bot* utiliza comandos muito simples e é suportada pelo método Webhooks.

3 MATERIAS E MÉTODOS

A presente seção tem como objetivo apresentar os materiais e métodos utilizados para a concepção e implementação de um sistema supervisorio na tecnologia IoT (Internet das Coisas) utilizando o microcontrolador ESP32 e a plataforma ThingSpeak. O objetivo principal é monitorar grandezas físicas em uma planta industrial de processamento do leite, no qual o leite é trabalhado termicamente do início ao fim, onde no início ele é resfriado para armazenamento de forma eficiente, econômica e precisa. Para atingir esse objetivo, o processo é dividido em etapas que incluem pesquisa bibliográfica, seleção de sensores, configuração de plataformas, programação, instalação prática e avaliação de resultados.

Inicialmente, foi realizada pesquisas e estudos bibliográficos sobre o que é um sistema supervisorio e sua aplicação na tecnologia IoT, com ênfase no uso do microcontrolador ESP32 e na IDE Arduino para a programação, incorporando a lógica de programação necessária. Em seguida, foi realizado a seleção do sensor mais adequado para a leitura das grandezas físicas a serem monitoradas. Neste processo, foi levado em consideração o melhor custo-benefício, garantindo que os sensores escolhidos sejam precisos e econômicos.

Para visualização dos dados coletados, foi analisado diferentes plataformas disponíveis, levando em conta a facilidade de uso e as opções de configuração. Além disso, foi considerado a capacidade dessas plataformas em receber notificações de alertas quando necessário. A plataforma ThingSpeak foi escolhida para apresentar os valores por meio de gráficos e *dashboards* em uma página *web* ou aplicativo para *smartphones*. Esta etapa envolveu a configuração detalhada da plataforma de acordo com os requisitos do sistema. Para melhorar a comunicação com o sistema de monitoramento, foi desenvolvido um *bot* no Telegram. Isso permitiu notificar e publicar resultados em situações de alerta ou quando solicitado, tornando a interação mais conveniente.

A programação do microcontrolador ESP32 foi realizada utilizando a plataforma IDE Arduino. O código foi desenvolvido para garantir que o ESP32 colete dados dos sensores e os envie para a plataforma ThingSpeak de maneira eficiente e confiável. Outra etapa importante foi a de instalação dos sensores na planta industrial de acordo com as especificações do projeto. A localização e o posicionamento dos sensores foram fundamentais para garantir medições precisas. Após a instalação, os sensores foram verificados e calibrados para garantir que operem corretamente e forneçam leituras precisas.

Após todas essas etapas citadas, o sistema foi implementado na planta industrial, e os dados começaram a ser coletados e enviados para a plataforma ThingSpeak. Em seguida, uma

análise detalhada dos custos associados ao sistema foi realizada, levando em consideração os componentes, sensores, plataforma e mão de obra. Isso é importante para determinar a viabilidade econômica do projeto. Por fim, os resultados obtidos foram avaliados quanto à sua precisão e utilidade na supervisão da planta industrial. Também foram identificadas possíveis melhorias e ajustes necessários.

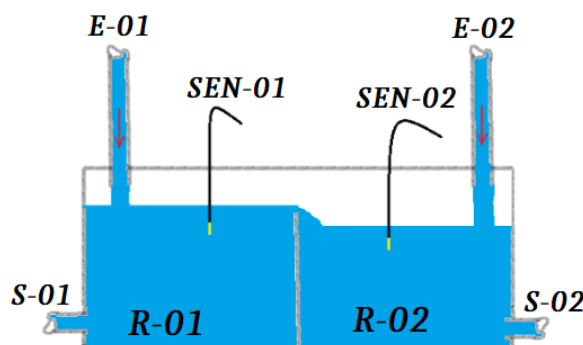
3.1 Descrição do sistema

O sistema de monitoramento foi desenvolvido com o propósito específico de medir a pressão do sistema de ar comprimido e a temperatura em dois tanques de água gelada. Cada tanque é subdividido em duas repartições. A primeira repartição, identificada como R-01, é primordial para o monitoramento, uma vez que é deste compartimento que o fluido é direcionado ao processo industrial. Enquanto a segunda repartição, R-02, tem como objetivo principal verificar a temperatura de retorno do fluido.

Para proporcionar uma compreensão mais clara da estrutura do sistema, considere a Figura 9, que apresenta um diagrama esquemático dos tanques de água gelada em questão. Os detalhes desse diagrama incluem:

- R-01: Primeira repartição, voltada ao monitoramento;
- R-02: Segunda repartição, focada na verificação da temperatura de retorno;
- S-01: Saída conectada ao motobomba que encaminha o fluido ao processo industrial;
- S-02: Saída destinada ao motobomba que direciona o fluido ao sistema de resfriamento;
- E-01: Entrada que recebe água do sistema de resfriamento;
- E-02: Entrada destinada à água proveniente do processo industrial;
- SEN-01: Sensor DS18B20 da primeira repartição do tanque;
- SEM-02: Sendor DS18B20 da segunda repartição do tanque.

Figura 9: Ilustração dos tanques de água gelada monitorado.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O monitoramento do sistema de ar comprimido é essencial para identificar potenciais falhas na geração do ar, o qual é empregado nas máquinas durante o processo industrial.

Na Figura 10 é apresentado um vaso de pressão que atua como reservatório para o ar comprimido. Na sua parte superior, é possível observar dois sensores transmissor de pressão. O sensor transmissor 01 destina-se ao sistema de geração de ar comprimido, enquanto o sensor transmissor 02 é vinculado ao sistema de monitoramento. Adicionalmente, há um manômetro para a verificação da pressão diretamente no local.

Figura 10: Vaso de pressão, ponto de leitura.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para a execução deste trabalho, serão necessários os seguintes materiais:

- 01 Microcontrolador ESP32;
- 01 Sensor transmissor de pressão;
- 04 Sensores DS18B20;
- 01 Placa circuito impresso fibra perfurada face simples;
- 01 Resistor 5,1k ohm 1/4 watt;
- 01 Caixa plástica de sobrepor;

- 01 Carregador de celular para alimentar o sistema;
- 20 Metros de cabo de rede para ligação dos sensores.

O sistema de monitoramento visa acompanhar os parâmetros de temperatura da água e pressão do ar comprimido, enviando notificações via Telegram sempre que um dos pontos monitorados estiver fora do valor desejado. Essa funcionalidade permite que o operador intervenha rapidamente caso a temperatura ou a pressão do ar atinjam um valor crítico para o processo em questão. Além disso, essas informações podem ser acompanhadas em tempo real enviando um comando pelo Telegram ou através da plataforma ThingSpeak, onde os dados são registrados a cada 15 segundos.

O monitoramento da temperatura é feito com auxílio dos sensores DS18B20 que envia as informações para o ESP32 para processamentos dos valores coletados. Nos dois tanques de água gelada em observação, qualquer anormalidade na temperatura aciona um alerta, informando também o valor registrado no momento.

O tanque de água gelada, identificado na indústria como "Banco de Gelo 02", opera com uma variação de temperatura entre 2 °C e 5 °C. O sistema notificará se a temperatura exceder 6,5 °C, uma vez que temperaturas acima de 7 °C comprometem o processo industrial em que a água é utilizada.

O tanque denominado "Banco de Gelo 03", por sua vez, tem aplicação específica no resfriamento de leite *in natura*, operando em temperaturas que variam de -2,5 °C a 0,5 °C. O sistema enviará alertas caso a temperatura ultrapasse 1,5 °C, garantindo assim o controle e qualidade do produto.

O sistema de ar comprimido é composto por cinco compressores, todos gerenciados por um mecanismo que controla seu acionamento e modulação, otimizando o desempenho geral. O ar produzido é encaminhado para um vaso de pressão "pulmão", de onde é distribuído para a fábrica. Neste vaso, um sensor está instalado para monitorar a pressão do sistema de ar comprimido, emitindo notificações se a pressão cair abaixo de 125 psi. O sistema, na sua operação padrão, trabalha com uma pressão variando de 130 psi a 150 psi.

3.2 Calibração dos sensores

3.2.1 Calibração sensor de pressão integrado

No contexto do presente trabalho, adotou-se o uso de um sensor integrado de pressão. Tal dispositivo opera com uma alimentação de 5V e sua saída varia entre 0,5V (quando não submetido a pressão) até 4,5V (sob pressão máxima de 1,2 MPa). O sinal de saída é analógico, variando entre os mencionados 0,5 a 4,5V. Para determinar a pressão à qual o sensor está submetido, é necessária a aplicação de uma regressão linear, que traduz a variação do valor digital proveniente da variação de tensão.

Considerando que o projeto utiliza uma tensão de 3,3V, aplicou-se uma regressão linear para determinar a relação entre o sinal analógico e a representação digital no ESP32, que converte o sinal em uma escala digital de 12 *bits*. A fundamentação teórica adotada foi a da pressão hidrostática, expressa pela equação $P = pgh$, onde " P " é a pressão, " p " a densidade do fluido, " g " a aceleração devido à gravidade e " h " a altura da coluna líquida gerando pressão (Halliday & Resnick, 2011)

Para assegurar a correta operação e calibração do sensor, estabeleceu-se um procedimento de leitura da saída analógica, que é digitalizada pelo conversor ADC do ESP32 com resolução de 12 *bits*. Quando despressurizado, o sensor fornece uma saída analógica equivalente a 333. Em máxima pressão, essa saída é de 3807. Estes valores são posteriormente convertidos para referências em metros de coluna de água (m.c.a), por meio da equação da reta Equação (01) onde " y " é o valor de resposta do sensor. A pressão em psi mediante a Equação (02) na qual é utilizada o valor de metros de coluna de água e convertido para psi, por meio de uma constante de transformação 1,4223.

$$mca = (0,0362 \cdot y) - 10,352 \quad (01)$$

$$psi = 1,4223 \cdot mca \quad (02)$$

Conforme ilustrado na Figura 11, uma bancada experimental foi montada utilizando tubos de PVC, uma torneira e uma mangueira cristal. A mangueira foi demarcada em intervalos

de 0,10 m, estendendo-se até uma altura total de 1,70 m. Na base desta configuração, o sensor de pressão foi instalado para avaliar a pressão imposta pela coluna de água.

Figura 11: Calibrando sensor de pressão.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O procedimento de calibração, empregando o método de coluna de água, é detalhado na Figura 12. As marcações na mangueira possibilitaram fazer o comparativo entre a altura da coluna de água e o valor digital que o sensor estava emitindo com a variação da coluna de água na mangueira.

Figura 12: Registro da calibração por m.c.a.



Fonte: Autoria própria, 2023.

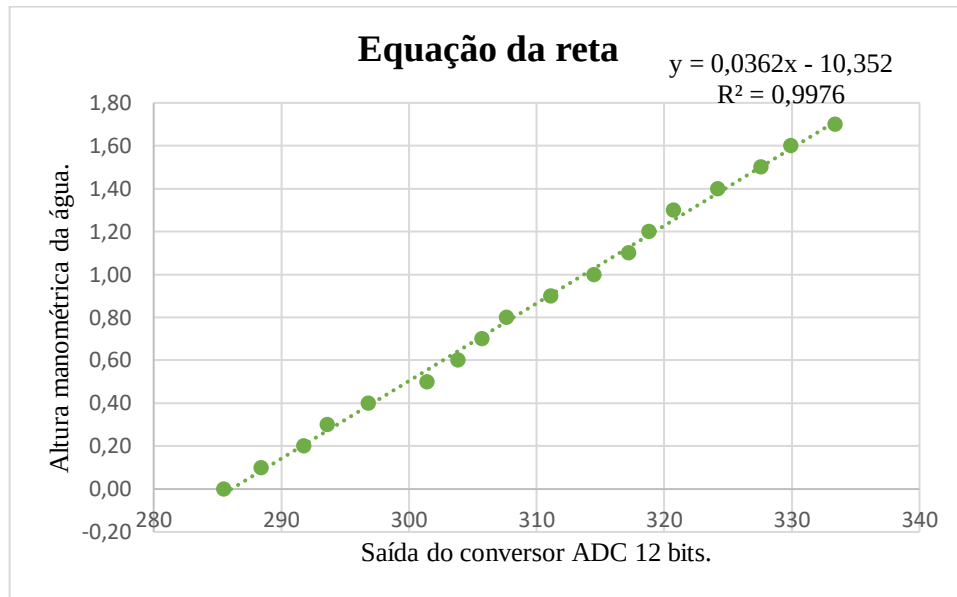
A Tabela 1 facilita a organização e apresentação dos dados coletados. Ela ilustra a relação existente entre os valores registrados pelo sensor e a coluna de água onde o sensor foi posicionado. Esta tabela estabelece uma base sólida para qualquer análise subsequente, permitindo uma visualização clara e estruturada das informações.

Tabela 1: Relação de valor digital com coluna de água.

X valores digitais 12 bits	Y valores em metros
285,5	0,00
288,45	0,10
291,79	0,20
293,6	0,30
296,83	0,40
301,43	0,50
303,84	0,60
305,74	0,70
307,65	0,80
311,12	0,90
314,51	1,00
317,21	1,10
318,81	1,20
320,72	1,30
324,2	1,40
327,57	1,50
329,95	1,60
333,38	1,70

Fonte: Autoria própria, 2023.

O Gráfico 01, elaborado com o auxílio da ferramenta Microsoft Excel, oferece uma representação visual das relações entre os dados coletados. Com base na resposta do sensor à pressão exercida pela coluna de água representada no gráfico, foi possível identificar tendências e padrões e, a partir disso, estabelecer a equação linear, que foi posteriormente denominada como Equação (01).

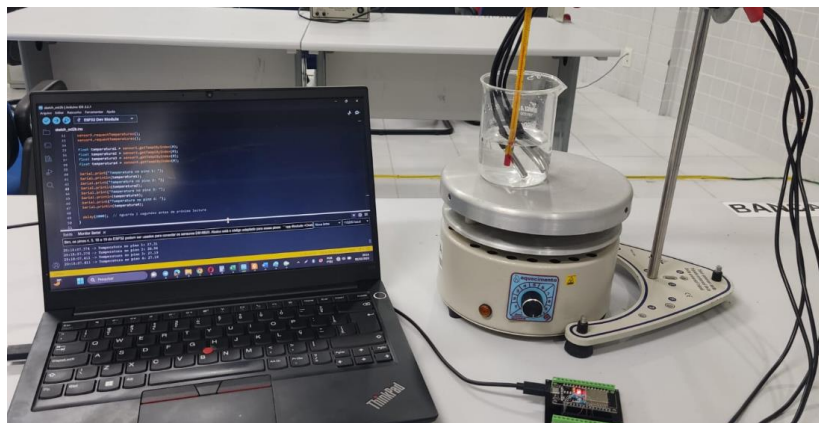
Gráfico 1: Dados calibração sensor em bancada.

Fonte: Autoria própria, 2023.

Importante notar que, conforme o *datasheet* do sensor, há uma margem de erro de aproximadamente 1,5%. Em nossos testes, observou-se um erro de 0,24% obtido pelo desvio padrão da regressão linear.

3.2.2 Calibração sensor de temperatura DS18B20

Uma análise comparativa foi realizada entre o sensor DS18B20 e um termômetro de bancada de mercúrio, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13: Verificação de leitura dos sensores DS18B20 com sensor de mercúrio.

Fonte: Autoria própria, 2023.

Alguns níveis de temperatura foram verificados, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Comparativo de temperatura entre os sensores.

Temperatura termometro mercúrio - bancada (°C)	Temperatura sensor DS18B20 (°C)			
	Sensor 01	Sensor 02	Sensor 03	Sensor 04
27,00	27,31	26,94	27,19	27,12
33,00	33,27	33,18	33,21	33,16
45,10	45,85	45,05	44,98	45,58
50,00	49,88	49,94	49,50	49,81

Fonte: Autoria própria, 2023.

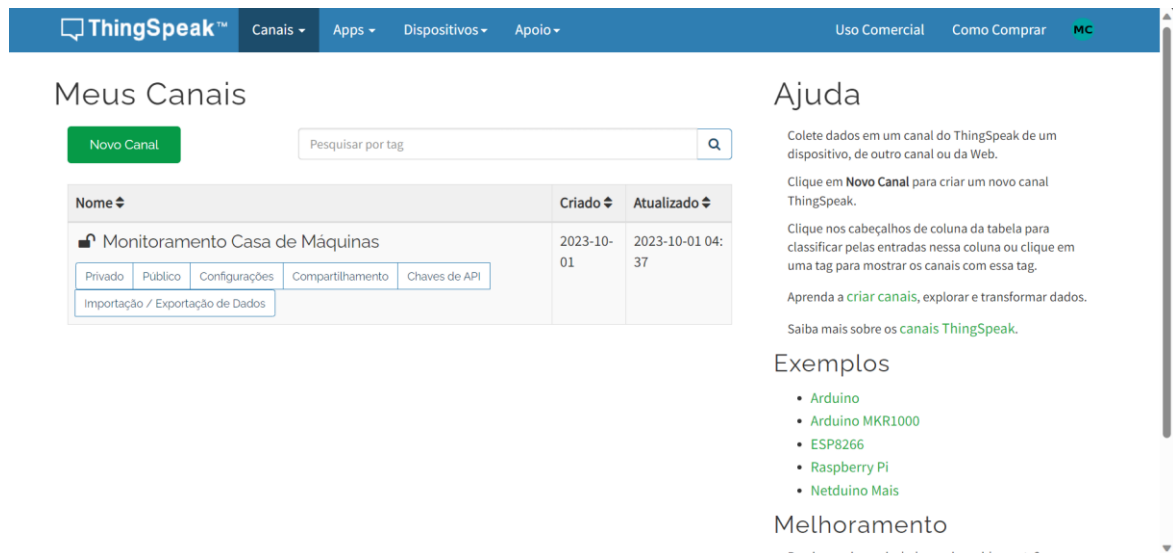
Observa-se que a diferença de temperatura entre o termômetro de bancada e os sensores DS18B20 é de 0,54%. Esta variação é considerada irrelevante para o cenário que estão sendo monitorados.

3.3 Configuração web

3.3.1 Configuração Thing Spack Web

Para começar a usar a plataforma ThingSpeak, primeiramente, é preciso criar uma conta no site oficial do desenvolvedor. Este cadastro é gratuito e requer apenas um e-mail e *login* para ser efetuado. Uma vez que o e-mail é verificado, o usuário obtém automaticamente a licença gratuita, que, apesar de vitalícia, possui as limitações já discutidas no referencial teórico. Entretanto, as funcionalidades da plataforma podem ser exploradas imediatamente após a ativação da conta. A primeira etapa no processo de configuração envolve a criação de um canal, conforme ilustrado na Figura 14, que servirá para armazenar e monitorar os dados enviados pelo ESP32, oriundos dos sensores.

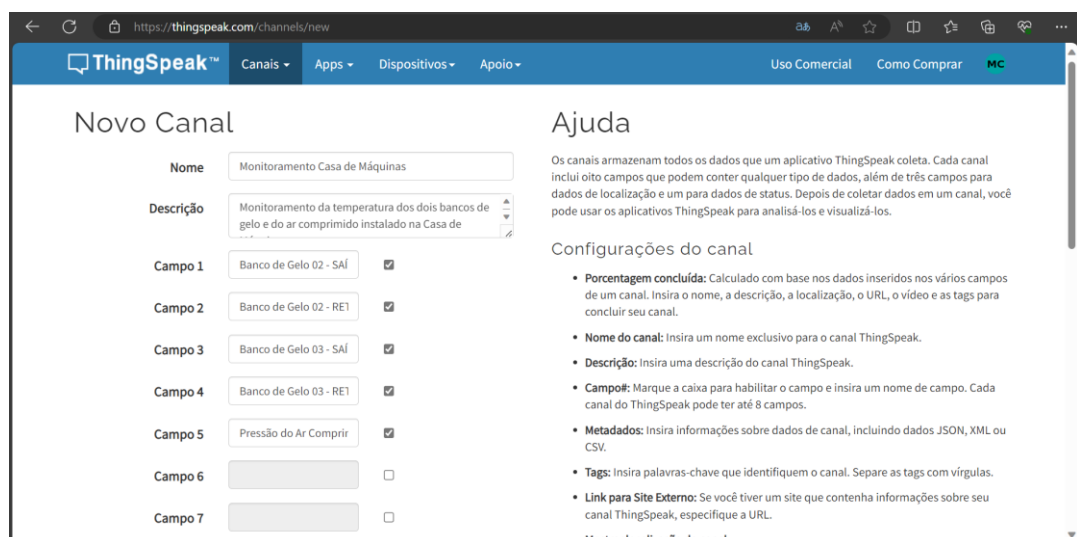
Figura 14: Aba para criar um novo canal no ThingSpeak.



Fonte: Adaptada ThingSpeak, 2023.

Após a criação do canal "Monitoramento Casa de Máquinas", ilustrado na Figura 14, realizamos sua configuração. O canal conta com cinco campos, apresentados na Figura 15. Na sequência, esses campos representam: Banco de Gelo 02 - SAÍDA, Banco de Gelo 02 - RETORNO, Banco de Gelo 03 - SAÍDA, Banco de Gelo 03 - RETORNO e Pressão Ar Comprimido. Para facilitar a visualização das temperaturas dos tanques de água gelada e da pressão do Ar Comprimido, introduzimos cinco *widgets*. Estes *widgets* diferenciam as faixas de temperaturas e pressões usando variações de cores, permitindo uma interpretação clara e ágil.

Figura 15: Configuração do canal ThingSpeak.

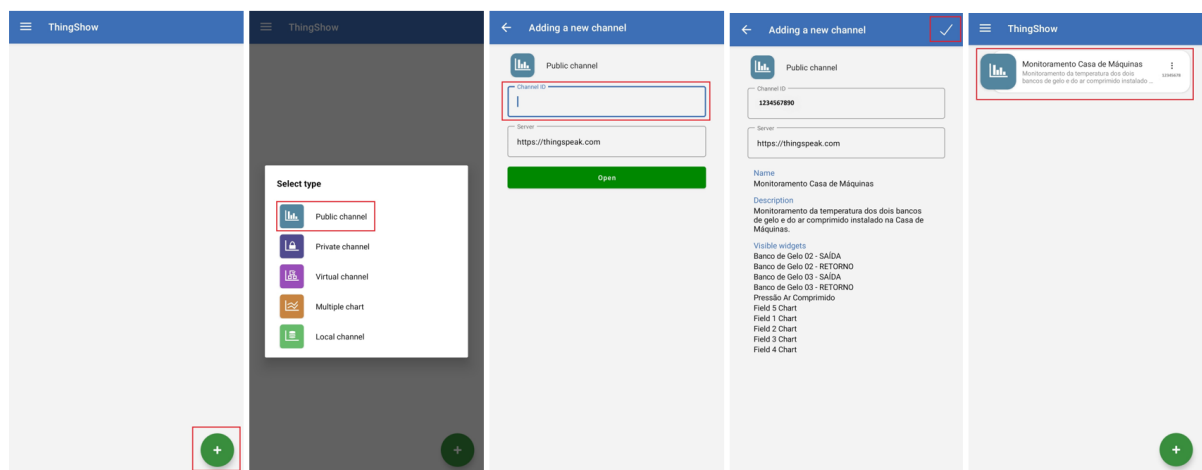


Fonte: Adaptada ThingSpeak, 2023.

3.3.2 Configuração Thing Spack App

Com o canal estabelecido na plataforma web do ThingSpeak, procedeu-se ao download do app ThingShow na Play Store. Em seguida, realizou-se a configuração para monitorar os parâmetros através do *smartphone*. Após instalar e executar o aplicativo, acessou-se a aba "+" e selecionou-se a opção "public channel". Neste ponto, inseriu-se o ID do canal previamente configurado na plataforma web e, após confirmação, foi possível entrar no canal e observar os resultados através dos widgets e gráficos, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16: Configuração do App ThingShow.

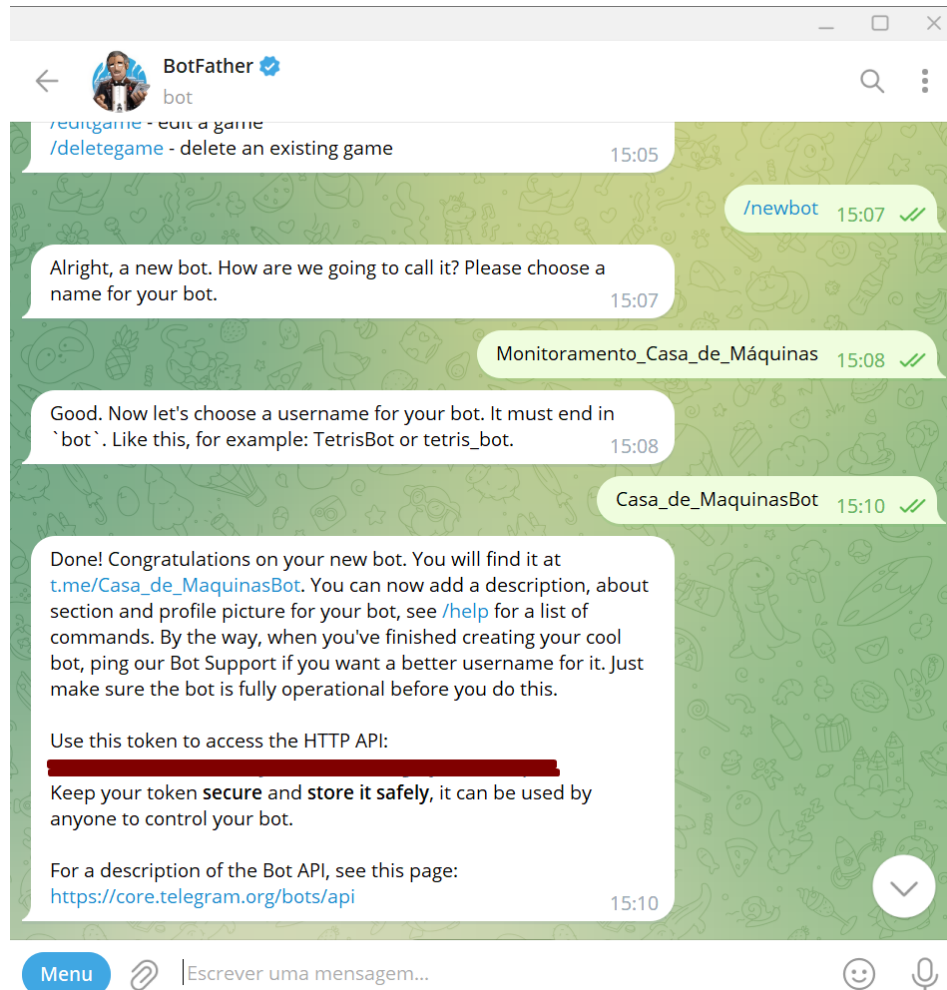


Fonte: Adaptada ThingShow, 2023.

4.3.3 Configuração Telegram

Após instalar o aplicativo Telegram no *smartphone* e abri-lo, buscou-se pelo *bot BotFather* através da lupa de pesquisa, visando a criação de um *bot* de notificações pelo Telegram. Ao acessar a página do *BotFather*, utilizou-se o comando `/start` para iniciar o processo de criação do *bot*. Em resposta, o *bot* apresentou várias opções, e optou-se por `/newbot`. Em seguida, o *bot* solicitou um nome para o novo *bot* e um nome de usuário que, por regra, deve terminar com "*bot*", como mostra na Figura 17.

Figura 17: Criando o bot para receber os alertas.

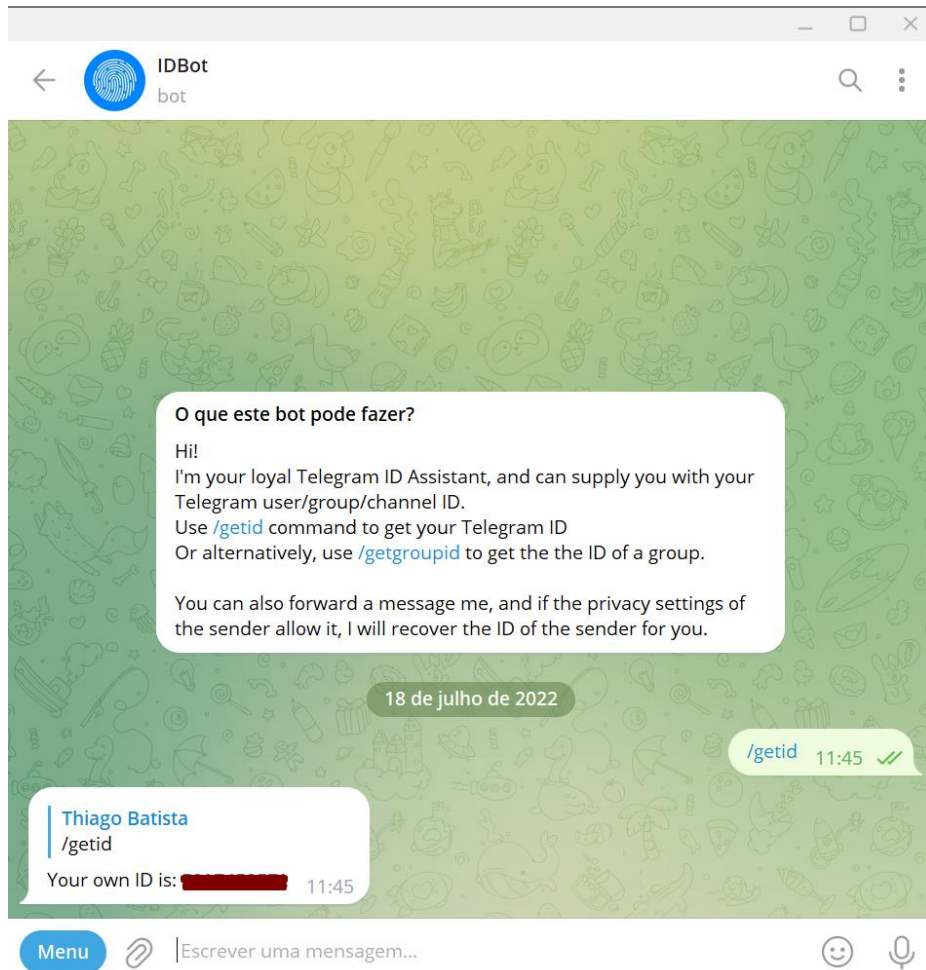


Fonte: Adaptada Telegram Web, 2023.

Concluídas essas etapas, o *BotFather* forneceu um *link* para o novo *bot* e a chave API, que deve ser integrada ao código da ESP32 para estabelecer a comunicação entre ambos.

Além disso, é importante buscar no Telegram pelo *bot IDBot* para obter o ID da conta em que se deseja integrar os dispositivos. Ao acessar o *bot IDBot*, ele exibe opções de ID e os comandos para obter o ID da conta, sendo */getid* o comando para ele mostrar o ID da conta. Logo após, o ID é fornecido como mostra na Figura 18, e este código ID deve ser inserido no código que será gravado na ESP32 para permitir o envio de informações solicitadas e notificações de alerta.

Figura 18: Adquirindo ID para adicionar ao código.



Fonte: Adaptada Telegram Web, 2023.

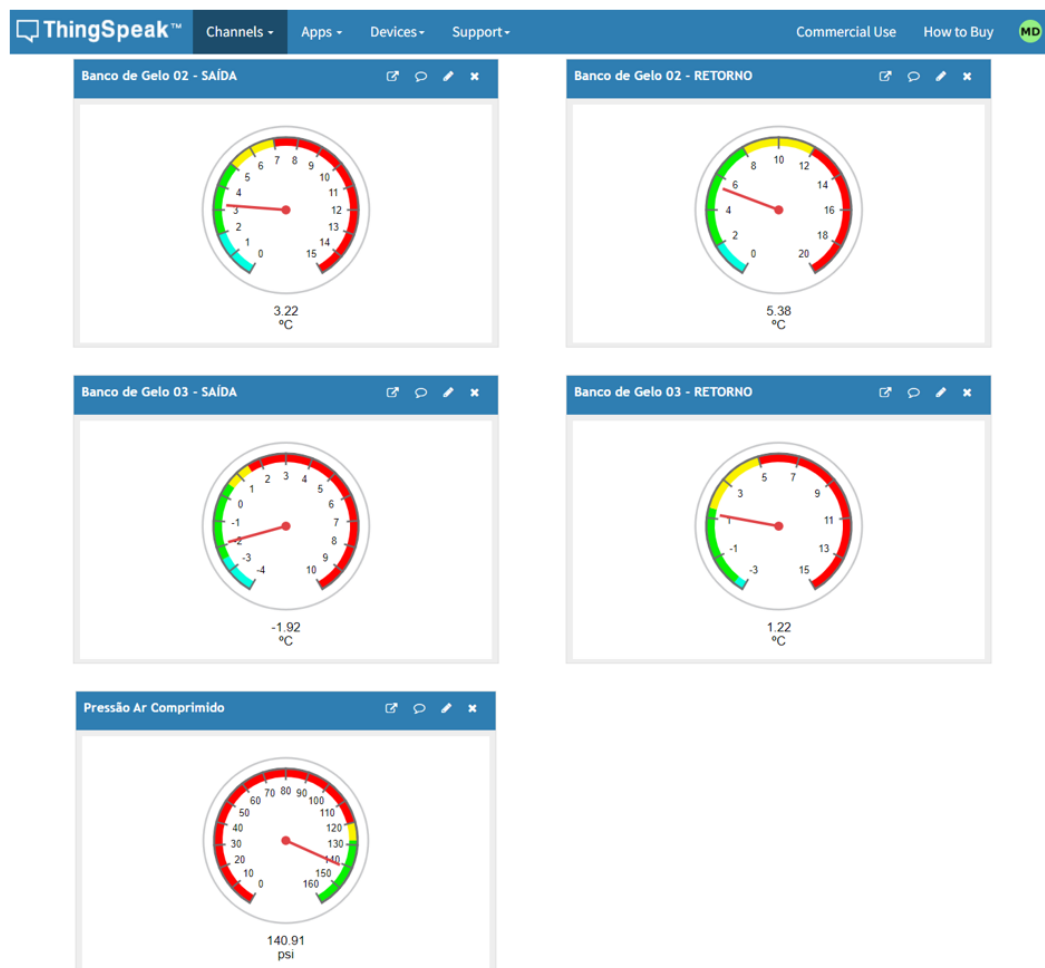
5 RESULTADOS

5.1 Resultados coletados

É possível acessar os resultados a partir da leitura dos sensores nos pontos monitorados por meio de um *smartphone* ou computador conectados à internet.

Na plataforma ThingSpeak WEB, conforme ilustrado na Figura 19, pode-se visualizar os resultados através de um *dashboard* com escalas de cores. Esta escala facilita a identificação rápida da criticidade do ponto monitorado: a cor verde indica operação normal; a cor amarela sinaliza atenção, estando próxima dos limites estabelecidos para a não operação do sistema; e a cor vermelha mostra áreas que afetam diretamente o rendimento e qualidade da operação.

Figura 19: Visualização de valores por meio de dashboard.



Fonte: Adaptada ThingSpeak, 2023.

Além disso, é possível acessar um histórico por meio dos gráficos da Gráfico 2, onde o eixo x representa o horário da publicação e o eixo y a magnitude monitorada.

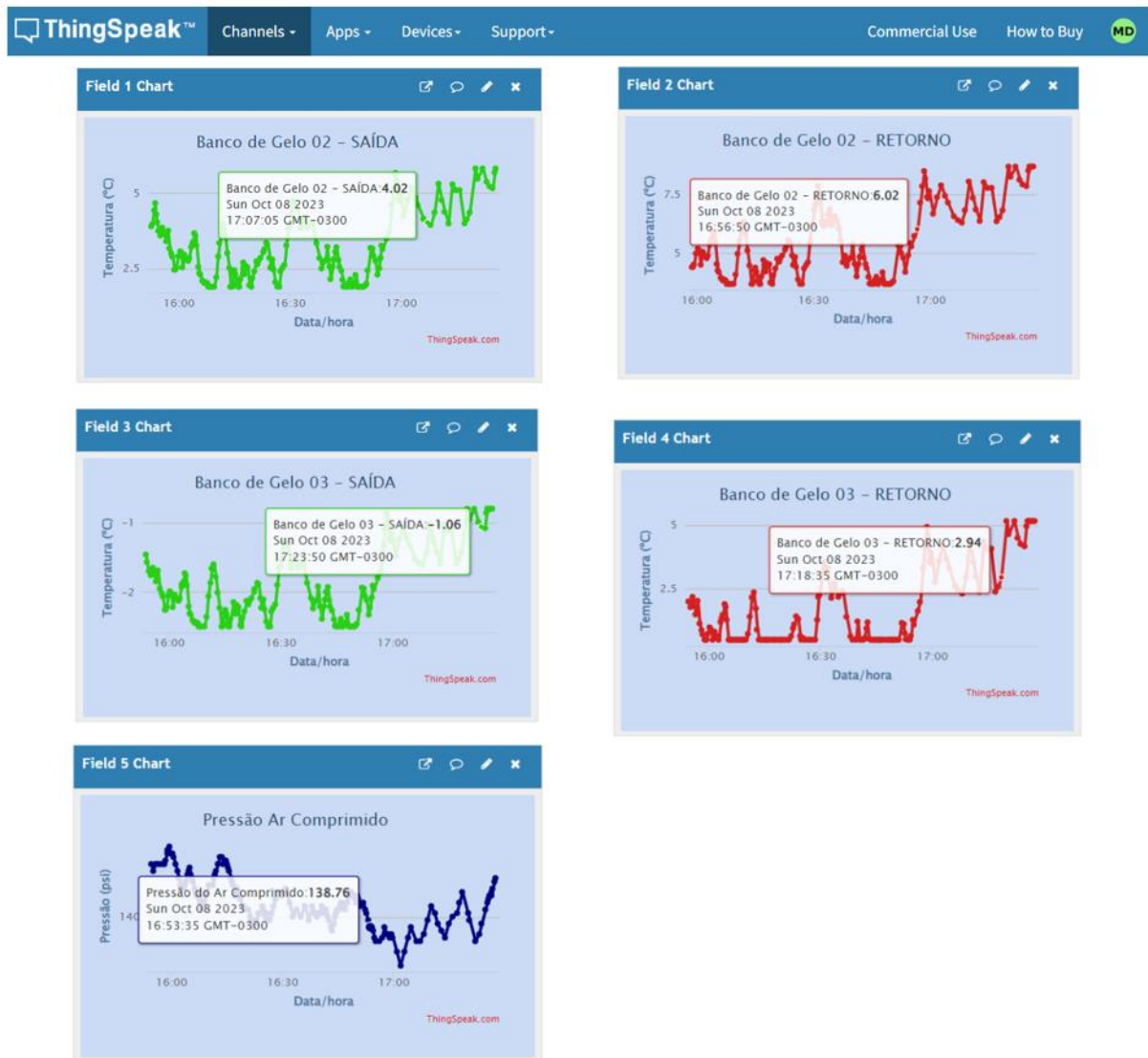
Gráfico 2: Demonstração de valores por meio de gráficos gerados no ThingSpeak.



Fonte: Adaptada ThingSpeak, 2023.

O Gráfico 3 exibe como visualizar valores de forma mais específica, posicionando o cursor do mouse sobre um ponto para que se abra uma janela com as informações publicadas.

Gráfico 3: Visualização dos valores registrados nos gráficos.



Fonte: Adaptada ThingSpeak, 2023.

Os mesmos valores podem ser acessados através do aplicativo ThingShow para *smartphones* Android, como demonstrado na Figura 20. Estes dados são consistentes com os do banco de dados da plataforma WEB do ThingSpeak.

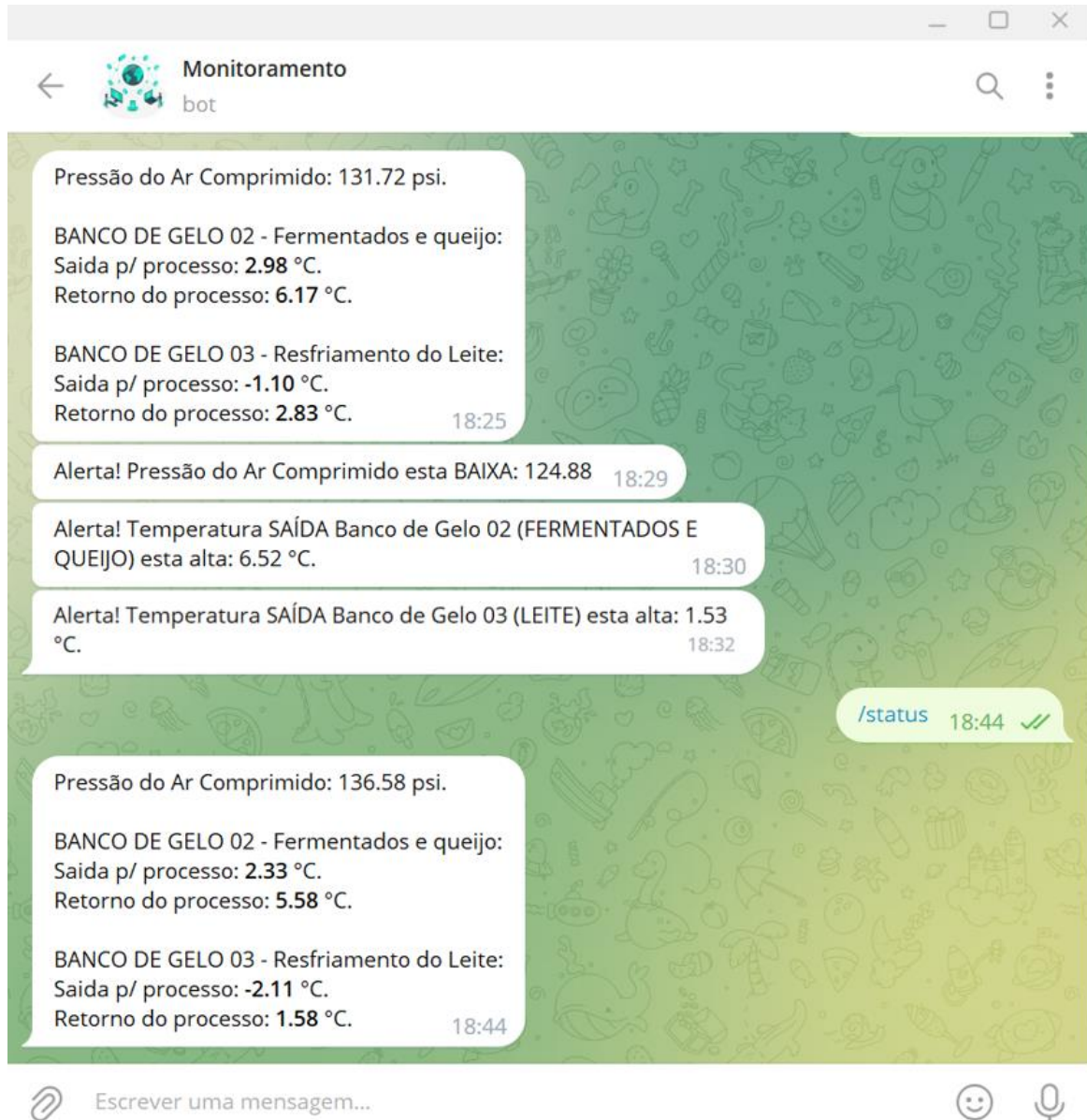
Figura 20: Visualização dos valores por meio do App ThingShow.



Fonte: Adaptada ThingShow, 2023.

Usando o Telegram, é possível receber alertas e solicitar os valores atuais do sistema com o comando `/status`. A Figura 21 mostra notificações e resultados solicitados por meio do referido comando.

Figura 21: Alertas e valores de sensor por meio do Telegram.



Fonte: Adaptada Telegram Web, 2023.

A instalação desse sistema de monitoramento de temperatura e pressão tornou muito mais prático e ágil o processo de verificação dos parâmetros e detecção de problemas operacionais ou paradas de equipamento devido a falhas.

Os resultados obtidos pelo sistema de monitoramento foram satisfatórios, considerando a precisão e a facilidade de visualização.

5.2 Custo para sistema supervisorio

Foi realizado uma análise de custo total para a instalação do sistema de automação, baseada em uma pesquisa nas principais lojas online do mercado nacional. O preço médio do projeto totalizou R\$ 419,67. Considerando os benefícios proporcionados pelo sistema de monitoramento, este valor representa um bom custo-benefício. Os materiais necessários para o sistema, bem como seus respectivos valores, estão detalhados na Tabela 3.

Tabela 3: Tabela de custo do sistema.

Produtos	Quantidades	Preço unitário	Preço total
Microcontrolador ESP32	01 und.	R\$ 48,99	R\$ 48,99
Sensor transmissor de pressão	01 und.	R\$ 184,77	R\$ 184,77
Sensor DS18B20	04 und.	R\$ 19,99	R\$ 79,96
Placa Adaptador Expansão Com Terminal Borne Esp32 38 Pinos	01 und.	R\$ 37,89	R\$ 37,89
Resistor 5,1k ohm 1/4 watt	01 und.	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Caixa plástica de sobrepôr para câmera de segurança	01 und.	R\$ 29,84	R\$ 29,84
Carregador de celular	01 und.	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Cabo de rede	20 metros	R\$ 0,90	R\$ 18,00
Custo total	-	-	R\$ 419,67

Fonte: Autoria própria, 2023.

Conforme apresentado na Tabela 3, o item de maior custo é o sensor de pressão. Devido à sua capacidade de suportar elevadas pressões, este sensor possui uma estrutura robusta e é fabricado em aço inoxidável. O sistema pode ser ajustado para permitir a integração de mais sensores e até atuadores, possibilitando controles adicionais conforme a necessidade.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos no monitoramento das grandezas físicas, como a temperatura da água do sistema de resfriamento e a pressão do ar comprimido usados nos processos industriais, o sistema provou ser altamente eficiente e de uso prático. Uma pessoa com conhecimento básico em *smartphones* pode facilmente acompanhar os dados pelos aplicativos ThingShow ou pelo Telegram.

O Telegram, por ser uma plataforma de mensagens semelhante ao WhatsApp, amplamente utilizado no Brasil, torna-se a opção mais atrativa para a maioria dos usuários. Com o sistema de monitoramento em operação, não é mais necessário deslocar-se fisicamente ao local para verificar os parâmetros de temperatura e pressão. Basta acessar uma das plataformas para visualizar esses dados.

Outro ponto relevante é a notificação via Telegram quando algum dos parâmetros sair dos padrões estabelecidos. Essas notificações permitem intervenções rápidas, minimizando possíveis impactos na produção e garantindo a qualidade nos processos industriais atendidos pelos sistemas de resfriamento e ar comprimido.

O sistema de monitoramento cumpre sua proposta inicial. No entanto, possui limitações, como armazenar dados apenas na nuvem. Isso pode gerar inconvenientes se o dispositivo perder a conexão com a internet, impossibilitando o acesso às informações durante tal período. Adicionalmente, foi desenhado para uma aplicação específica, o que limita sua adaptabilidade a diferentes processos sem modificações no projeto.

Uma melhoria sugerida é que o sistema armazene dados em memória interna em caso de falta de conexão, garantindo acesso posterior aos dados coletados. Outra melhoria seria a integração direta das máquinas ao sistema de monitoramento. Assim, se uma máquina falhar, ela poderia automaticamente enviar um alerta ao sistema, permitindo uma resposta rápida para resolver o problema e manter a eficiência operacional.

A capacidade de monitorar online, acessível de qualquer lugar com conexão à internet, é uma vantagem notável. Ela permite o acompanhamento dos parâmetros de temperatura e pressão sem necessidade de presença física, liberando tempo para outras atividades sem comprometer a supervisão operacional. O registro contínuo dos valores também é vital, permitindo análises detalhadas e acompanhamento do desempenho do sistema, além de fornecer registros para garantir a qualidade do processo.

7 BIBLIOGRAFIA

CASA DA RÓBOTICA. **Sensor de Temperatura DS18B20 à Prova d'Água Waterproof**. 2023. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/sensores-e-modulos/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-d-agua-waterproof>> Acesso em: 13 de Setembro 2023.

COLOMBO, J.; FILHO, J. **Internet das Coisas (IoT) e Indústria 4.0**. Revista Interface Tecnologia, V. 5 N. 2 (2018). Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/496>>. Acesso em 10 de setembro 2023.

CRUZ, Adriano. **Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no Processamento de Leite e Derivados**. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2016.

CURTO CIRCUITO. **Conhecendo o ESP32**. 2023. Disponível em: <<https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20IoT/conhecendo-esp32>>. Acesso em: 14 de setembro 2023.

DALLAS SEMICONDUCTOR. **DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer**. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>. Acesso em: 15 set. 2023.

ENGPROCESS. **O que é o sistema SCADA**. 2018. Disponível em: <<https://engprocess.com.br/scada/>> Acesso em: 10 de Setembro 2023.

ESPRESSIF. **ESP32-WROOM32 Datasheet**. 2023. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 14 de setembro 2023.

GOMES, Luiz Flavio Autran M. **Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério**. Disponível em: Minha Biblioteca, (6th edição). Grupo GEN, 2019.

Halliday, David. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica** / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução e revisão técnica Ronldo Sérgio de Biassi. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

KRIGER, Daniel. **Qual a linguagem de programação utilizada em arduino**. 2022. Disponível em: <<https://kenzie.com.br/blog/programacao-para-arduino/>>. Acesso em: 14 de setembro 2023.

HELERBROCK, Rafael. **Ponte de Wheatstone**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ponte-wheatstone.htm>>. Acesso em: 20 de novembro 2023.

MARTINS, Victor Ferreira. **Automação residencial usando protocolo MQTT, Node-RED e Mosquitto Broker com ESP32 e ESP8266**. 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2020.

MARTNAZZO, Claodomir A.; ORLANDO, Tailan. **Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com arduíno**. Uricer.edu.br, 2016, <https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/151_587.pdf>. Acesso em 13 set. 2023.

SEED. **Sensor de Pressão de Água G1/4 1.2Mpa**. 2023. Disponível em: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Seeed%20Technology/114991178_Web.pdf> Acesso em: 14 de Setembro 2023.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**, 8ª edição. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788597015386. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/>. Acesso em: 06 out. 2023.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **PWM**. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/pwm/>. Acesso em: 06 de outubro 2023.

THINGSEAK. **ThingSpeak™ Perguntas Frequentes de Licenciamento**. Disponível em: <https://thingspeak.com/pages/license_faq>. Acesso em 02 de setembro 2023.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais, Fundamentos e Aplicações**. 9ª ed. São Paulo: Érica, 2020. p 248.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, v. 2010, p. 20, 2010.