

Centro Paula Souza
Etec Monsenhor Antônio Magliano
Técnico em Eletrônica

SISTEMA DE AFERIMENTO DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO
AUTOMATIC TEMPERATURE CHECKING SYSTEM

Ingrid Larissa Guimarães da Costa*

Pablo Rogério Vieira Miranda**

Bruno Eduardo Paiva Mancussi***

Resumo: Este estudo apresenta um sistema de aferimento de elevação ou queda de temperatura de um tanque de óleo de uma máquina industrial, utilizando o módulo de temperatura MAX 6675. O sistema foi construído utilizando o Arduino Nano e o módulo de temperatura MAX6675. Este módulo é capaz de aferir temperaturas de 0 a 1024° e servirá para aferir a temperatura do tanque de óleo ou água. Os dados da temperatura serão monitorados e apresentados em um display lcd 16x2. Apresenta-se ainda um exemplo de uma máquina industrial, a injetora de plástico HIMACO 1200, cujo tanque de óleo apresenta temperatura estável de 45° à 50°. Neste exemplo, toda vez que a temperatura for menor que 45° ou maior que 50° será acionada uma sirene, indicando o problema no visor no lcd. O monitoramento será pelo Arduino e excel, permitindo que os manutentores tenham uma noção do motivo de parada das máquinas, tendo o registro no excel.

Palavras-chaves: MAX 6675; temperatura; máquinas industriais; óleo.

Abstract: This study presents a system for measuring the rise or fall in temperature of an industrial machine's oil tank, using the MAX 6675 temperature module. The system was built using the Arduino Nano and the MAX6675 temperature module. This module is capable of measuring temperatures from 0 to 1024° and will be used to measure the temperature of the oil or water tank. The temperature data will be monitored and

* Aluno do curso Técnico em Eletrônica, da Etec Monsenhor Antônio Magliano. Autor correspondente. ingridlarissaguimaraes@gmail.com

** Alunos do curso Técnico em Eletrônica, da Etec Monsenhor Antônio Magliano.

*** Professor do curso Técnico em Eletrônica, da Etec Monsenhor Antônio Magliano. Orientador.

presented on a 16x2 LCD display. Also shown is an example of an industrial machine, the HIMACO 1200 plastic injection molding machine, whose oil tank has a stable temperature of 45° to 50°. In this example, every time the temperature is lower than 45° or higher than 50°, a siren will be triggered, indicating the problem on the LCD display. The monitoring will be done using Arduino and excel, allowing maintenance personnel to have an idea of the reason for the machines stopping, by having the record in excel.

Keywords: Max6675; temperature; industrial machines; oil.

1 INTRODUÇÃO

Qualquer máquina está sujeita a sofrer um superaquecimento se for frequentemente usada e, na maioria dos casos, é comum ocorrer irregularidades na empresa relacionadas a esse problema. Em rolamentos, por exemplo, temperaturas altas resultam em condições severas de operação, demandando pouco tempo até ser necessária sua troca (IMPACTOJR, 2024).

Outro caso em que ocorre um superaquecimento de um ambiente é em subestações de eletricidade. Nelas, existem equipamentos como transformadores, que “corrigem” a tensão para a aplicação final, além de outros equipamentos de proteção e controle. Por conta da passagem de muitas correntes elétricas pelos equipamentos que ficam nessas subestações, a temperatura é muito elevada graças a um fenômeno físico conhecido como “Efeito Joule” (IMPACTOJR, 2024).

Uma subestação em local fechado, sem refrigeração natural ou artificial, está sujeita a um risco muito grande de ocasionar acidentes. Por mais que o fluxo de pessoas seja baixo nesses ambientes, as próprias máquinas já são capazes de subir a temperatura ambiente, o que em condições extremas pode gerar graves acidentes, como, por exemplo, um incêndio (IMPACTOJR, 2024).

Existem máquinas, como as extrusoras de plástico, em que a temperatura está diretamente relacionada à qualidade do produto. O processo se inicia com o derretimento de resinas termoplásticas, material utilizado como base para a fabricação do produto. Pode ocorrer de o ambiente estar a uma temperatura excessivamente alta, seja pela incidência de sol ou ainda como consequência da própria operação da máquina. Quando isso acontece, a máquina acaba puxando um ar com temperatura

acima do que deveria, fazendo com que o material plástico também fique com temperatura mais alta, prejudicando um resfriamento adequado no momento da solidificação do plástico. Isso faz com que o produto final também seja prejudicado, pois o mesmo pode ficar com alguns fragmentos ainda fundidos ao final do processo, fazendo com que a qualidade do mesmo seja bem prejudicada, afetando as características esperadas para o plástico (IMPACTOJR, 2024).

Considerando a periculosidade e prejuízos que temperaturas fora do padrão podem causar, as indústrias buscam tecnologias que permitam monitorar essa temperatura, evitando assim que ela não se eleve demais, tampouco fique abaixo do nível necessário para executar o trabalho. Uma alternativa viável tem sido a adoção de sistemas automatizados.

De acordo com Bayer e Araújo (2011, p. 11),

Automatizar e controlar um processo significa atuar sobre ele ou sobre às condições as quais o processo está sujeito, de modo a manter variáveis e quantidades estáveis com o passar do tempo, mesmo que interferências externas tentem desviá-lo desta condição.

Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de aferimento de elevação ou queda de temperatura de um tanque de óleo de uma máquina industrial, utilizando o módulo de temperatura MAX 6675 e Arduino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde tempos imemoriais, a temperatura tem sido crucial para a humanidade, seja por questões de sobrevivência ou de conforto. Seja a temperatura ambiente, corporal, de dispositivos eletrônicos, dos oceanos, de motores a combustão ou em processos industriais, todas exercem profundos impactos em nosso cotidiano (MAKERHERO, 2024a).

Devido à ampla gama de temperaturas mensuráveis, existe uma vasta variedade de sensores disponíveis no mercado, cada um adequado para diferentes finalidades e faixas de medição. Para medições em temperaturas extremas, que variam de dezenas de graus negativos até unidades de milhar de graus Celsius, os termopares se destacam como sensores altamente eficazes e amplamente empregados na indústria globalmente (MAKERHERO, 2024a).

2.1 O que é e como funciona o termopar

Segundo Moreira (2002), termopar é um transdutor composto por dois fios de materiais diferentes, unidos em uma das extremidades. São os sensores de temperatura mais utilizados devido à sua simplicidade e confiabilidade e, embora os princípios básicos da termometria de termopares fossem conhecidos desde 1900, a compreensão completa da fonte do potencial termoelétrico só foi alcançada recentemente.

O funcionamento do termopar se baseia na diferença de temperatura entre suas extremidades: a junção e a extremidade livre dos metais. Essa diferença gera um potencial elétrico que pode ser medido para estimar a temperatura (ALVES, 2024).

O princípio por trás do termopar é o efeito Seebeck, descoberto pelo físico Thomas Seebeck em 1822. Esse efeito ocorre quando dois metais diferentes são unidos e mantidos a diferentes temperaturas, criando uma diferença de potencial elétrico entre eles (ALVES, 2024).

No termopar, a extremidade livre está conectada a um voltímetro, que mede a tensão de saída do par termoelétrico. A partir dessa medição, é possível determinar a temperatura na junção dos metais. É importante ressaltar que a relação entre a temperatura e a diferença de potencial nos terminais do termopar varia de acordo com o tipo específico do sensor (ALVES, 2024).

Os termopares podem ser divididos em dois grupos:

- a) termopares básicos (T,J,E,K): termopares de maior uso industrial, em que os fios são de custo relativamente baixo e sua aplicação admite um limite de erro maior;
- b) termopares nobres (S,R,B): os pares dos fios são constituídos de platina, tem custo elevado e exigem instrumentos receptores de alta sensibilidade, porém apresentam uma altíssima exatidão, dada a homogeneidade e pureza dos fios (PASETTI, 2018)

Moreira (2002) destaca ainda o grupo de termopares que não são identificados por letras, esclarecendo que na prática, a distinção entre “base” e “nobre” é que metais nobres contêm platina e metais base contêm níquel.

O termopar tipo E é constituído pela junção de chromel (liga de níquel e cromo) com constantan (liga de cobre e níquel). Possui uma sensibilidade de $68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ e é ideal para temperaturas mais baixas, variando de -200°C a 870°C . Utilizado principalmente em indústrias químicas e petroquímicas, seus valores de tensão de saída variam de -9 mV a aproximadamente 66 mV (ALVES, 2024).

Já o termopar tipo J, feito com a junção de ferro e constantan, possui uma faixa de medição mais limitada em comparação com outros tipos. Suporta temperaturas entre -40°C e 760°C e é menos difundido que o tipo K, mais popular. Acima de 480°C , o termopar tipo J requer proteção por um invólucro tubular. Com um custo relativamente baixo, é amplamente utilizado em setores industriais como energia, metalurgia e petroquímica, apresentando uma faixa de tensão de saída que varia de -2 mV a aproximadamente 43 mV (ALVES, 2024).

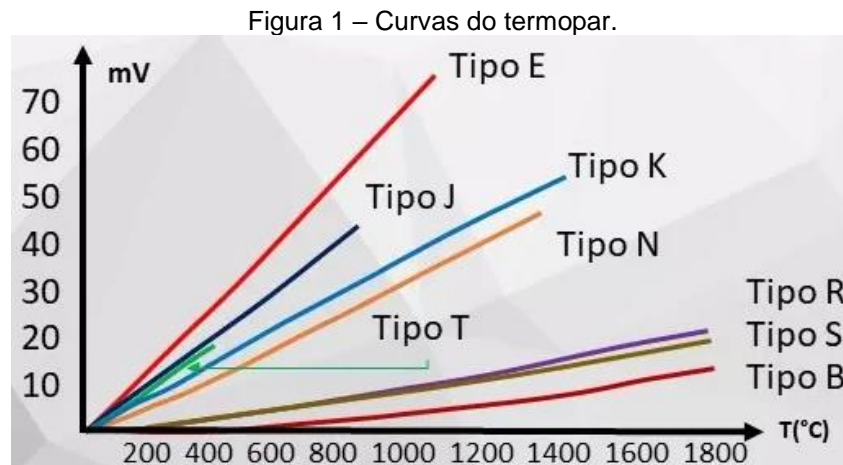
O termopar tipo K, fabricado com a junção de chromel e alumel, é conhecido por seu custo acessível e ampla aplicação. Opera em temperaturas que variam de -200°C a 1260°C , com sensibilidade de cerca de $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. É utilizado extensivamente em atividades metalúrgicas, siderúrgicas, fundição e usinas de cimento (ALVES, 2024).

O tipo N de termopar é composto por duas ligas: Nicrosil (níquel, cromo e silício) e Nisil (níquel, silício e magnésio). Notável por sua resistência a altas temperaturas e estabilidade contra corrosão, opera em uma faixa que vai de -270°C a 1300°C , com tensão de saída variando aproximadamente de 4 mV a 46 mV . É frequentemente utilizado em siderúrgicas, metalurgia, fundição e indústrias em geral (ALVES, 2024).

O termopar tipo T, feito da junção entre cobre e constantan, possui uma faixa operacional de -200°C a 370°C e gera uma tensão de saída que varia de -6 mV a aproximadamente 20 mV . É especialmente utilizado em medições abaixo de 0°C , sendo comum em indústrias de refrigeração, químicas e petroquímicas (ALVES, 2024).

Finalmente, o termopar tipo B, composto por platina e ródio, é conhecido por seu custo mais elevado e baixa sensibilidade de cerca de $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. É ideal para medições em temperaturas superiores a 300°C , podendo variar de 600°C a 1700°C , com tensões de saída variando de aproximadamente 2 mV a 13 mV . Permite o uso de cabos de cobre sem interferência na medição de temperatura (ALVES, 2024).

Em resumo, cada termopar possui uma curva única que define sua resposta à temperatura, sendo essencial escolher o tipo adequado para cada aplicação específica. A Figura 1 apresenta as curvas características dos termopares (ALVES, 2024).



Fonte: Makerhero, 2024a.

De acordo com Moreira (2002) o termopar pode ser incorporado de várias maneiras para medir a temperatura de um sistema físico, e a instalação correta é crucial para obter leituras precisas:

- a) a junção de medição deve estar em uma condição isotérmica, sendo imersa a uma profundidade adequada (entre 5 e 15 vezes seu diâmetro externo, incluindo proteções);
- b) o termopar deve ser conectado a dois sistemas físicos com temperaturas diferentes, pois responde a um gradiente de temperatura;
- c) a junção de referência deve ser isotérmica para garantir uma temperatura conhecida e criar uma interface de sinal que isola o sensor da instrumentação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

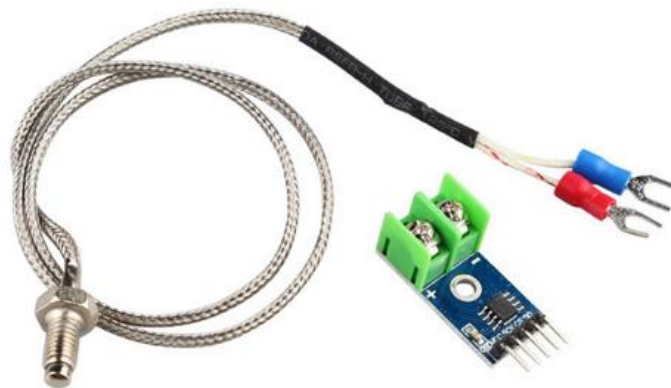
Esta seção descreve detalhadamente os componentes e as etapas envolvidas na construção do monitor de temperatura. Serão abordados os materiais utilizados, suas especificações técnicas, bem como o procedimento experimental para a

montagem do sistema. Além disso, serão apresentadas as configurações e parâmetros empregados no Arduino Nano e no sensor MAX6675, a fim de garantir a monitorização precisa da temperatura.

3.1 MAX 6675

O Termopar Tipo K com Módulo MAX6675 é um sensor de temperatura que já vem com o módulo que trata os sinais recebidos, facilitando bastante o uso do termopar. O termopar é um sensor de temperatura bastante utilizado na indústria. O módulo MAX6675 mede a tensão no termopar e envia, via SPI, o valor medido já com o sinal tratado. A Figura 2 apresenta o módulo MAX 6675 (SENITH ELETRONICS, 2024)

Figura 2 – MAX 6675.



Fonte: Senith Eletronics, 2024.

Especificações:

- Chip: MAX 6675
- Tensão de operação: entre 3 V e 5,5 V
- Temperatura de operação do módulo: – 20 °C a + 85 °C
- Junta fria
- Interface SPI
- Termopar tipo K
- Diâmetro da rosca: 6 mm
- Faixa de medição: 0 °C a +600 °C

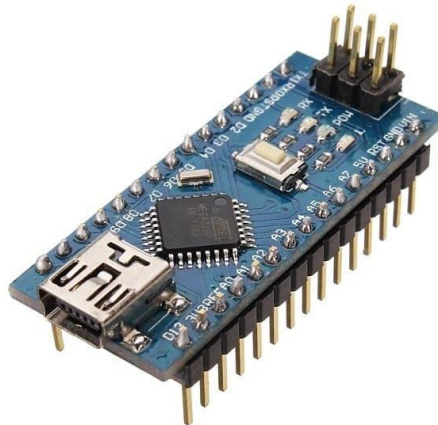
- Erro máximo: $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Resolução: $0,25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Dimensões do módulo: 32 mm x 15 mm x 14 mm

3.2 Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, de hardware e software aberto, de baixo custo e fácil utilização. A placa Arduino assemelha-se a um computador de pequeno porte, sendo composta pelo microcontrolador, memória RAM, memória secundária (memória *flash*), *clock* e comunicação USB, entre outras funcionalidades (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

O Arduino Uno é uma placa microcontrolada que utiliza o ATmega328P como seu núcleo. Ela é equipada com 14 pinos de entrada/saída digital, dos quais 6 podem ser configurados como saídas PWM, além de 6 entradas analógicas. Também inclui um ressonador cerâmico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), uma conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de reset. Esta placa contém todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador, facilitando a conexão a um computador através de um cabo USB ou a alimentação por um adaptador AC-DC ou bateria para iniciar seu uso. É uma plataforma amigável para experimentação, pois mesmo em casos de erros, é possível substituir o chip por um custo acessível e recomeçar (MAKIYAMA, 2022). A Figura 3 demonstra um Arduino Nano.

Figura 3 – Arduino Nano.



Fonte: Makiyama, 2022.

O nome "Uno" é de origem italiana e foi escolhido para marcar o lançamento da versão 1.0 do Arduino Software (IDE). O Arduino Uno e a versão 1.0 do Arduino Software (IDE) foram considerados padrões do Arduino, embora tenham sido sucedidos por versões mais recentes. O Uno foi o pioneiro na série de placas Arduino com conexão USB e serviu como modelo de referência para a plataforma Arduino. Para informações sobre outras placas Arduino atuais, antigas ou obsoletas, consulte o índice de placas do Arduino (MAKIYAMA, 2022).

Os comandos que os programas inseridos no Arduino recebem são processados por um microcontrolador, que age como o cérebro da placa. Ele é responsável por executar os programas e monitorar a qualidade das portas de entrada e saída, conhecidas como E/S ou I/O (Input/Output). Essas conexões são os canais vitais que permitem que a placa se comunique com o mundo exterior, facilitando a troca de informações com sensores, displays e módulos (MAKIYAMA, 2022).

Por outro lado, o Arduino Nano é uma placa compacta, completa e compatível com protoboards, baseada no ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Apesar de possuir funcionalidades semelhantes ao Arduino Duemilanove, está contido em um formato diferente. A única diferença notável é a ausência de um conector de alimentação DC, sendo alimentado através de um cabo USB Mini-B em vez de um cabo padrão (MAKIYAMA, 2022).

3.3 Display LCD 16x2

São 16 colunas por 2 linhas, backlight azul e escrita branca. Possui o controlador HD44780 usado em toda indústria de LCD's como base de interface. (MAKERHERO, 2024b).

A interface com Arduino é muito simples, sendo basicamente 4 pinos de dados e 2 de controle. (MAKERHERO, 2024b).

Especificações:

- Cor backlight: Azul
- Cor escrita: Branca
- Dimensão Total: 80mm X 36mm X 12mm
- Dimensão Área visível: 64,5mm X 14mm

- Dimensão Caracter: 3mm X 5,02mm
- Dimensão Ponto: 0,52mm X 0,54mm

Figura 4 – Display LCD 16x2 Backlight Azul.



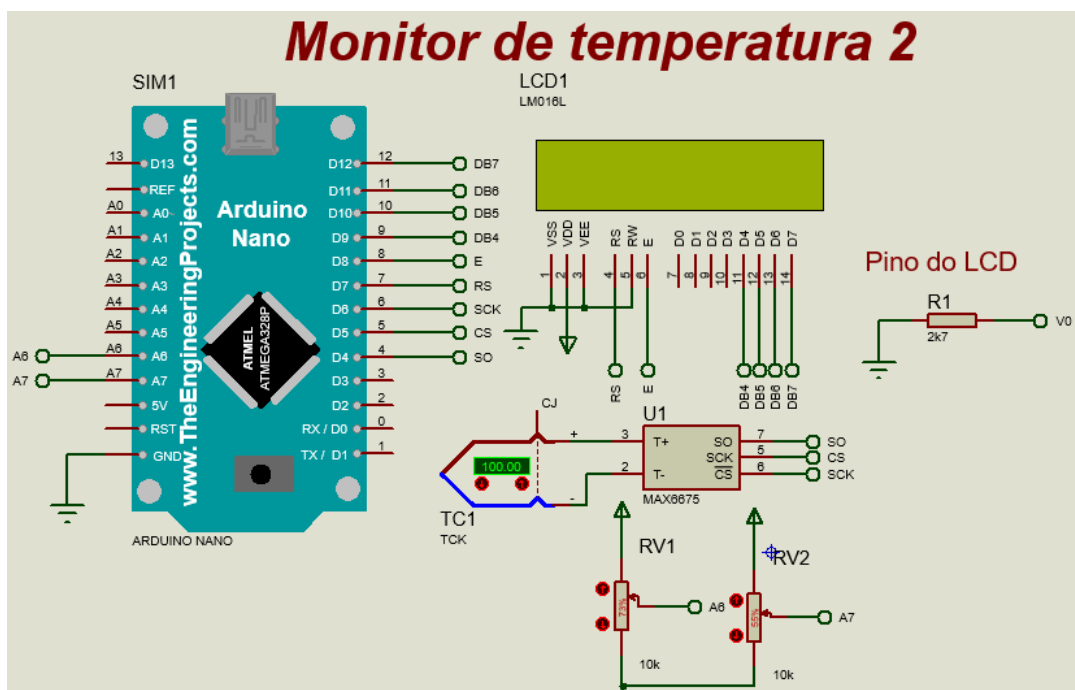
Fonte: Makerhero, 2024b.

3.4 Protótipo e esquema elétrico

Nesta seção, será apresentado detalhadamente o registro visual do protótipo e o esquema elétrico do projeto.

A Figura 5 apresenta parte do esquema composto pelo Arduino Nano.

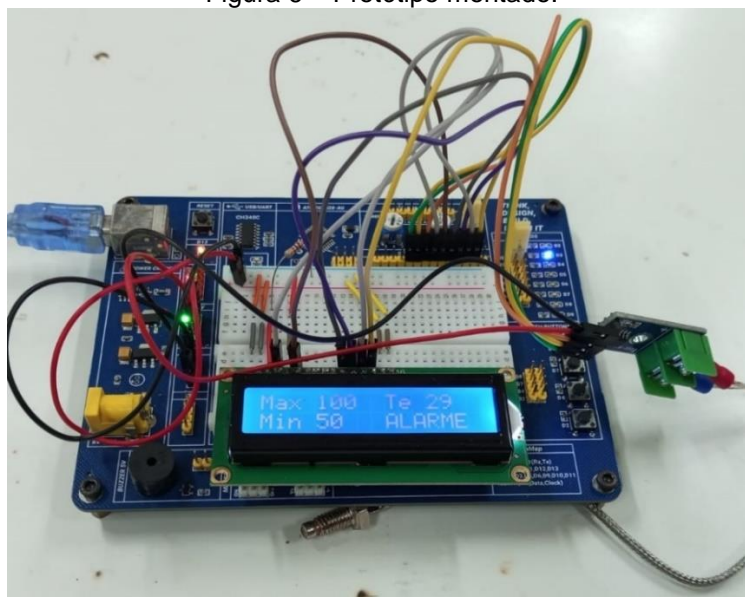
Figura 5 – Parte do esquema elétrico demonstrando as ligações com os terminais do Arduino.



Fonte: O Autor, 2023.

A Figura 6 e a Figura 7 apresentam o protótipo.

Figura 6 – Protótipo montado.



Fonte: O Autor, 2023.

Figura 7 – Protótipo montado.



Fonte: O Autor, 2023.

4 RESULTADOS

Este trabalho apresentou um sistema de monitoramento de temperatura com alarme para altas ou baixas temperaturas, utilizando o Arduino Nano e o sensor MAX6675. O sensor MAX6675, é capaz de monitorar as variações de temperatura, foi conectado ao Arduino Nano para monitoramento constante em um cadinho industrial. Quando a temperatura do cadinho estiver abaixo ou acima dos níveis predefinidos, o

sistema aciona um alarme sonoro para alertar os usuários sobre a possível parada da máquina. Este projeto proporcionou uma solução eficaz e acessível para o monitoramento do cadinho industrial, contribuindo para o melhor funcionamento das máquinas industriais. A integração do Arduino com sensor MAX6675 demonstrou a viabilidade prática dessa abordagem e sua relevância para melhor funcionamento e monitoramento. A aplicação desse sistema pode ser expandida para beneficiar ainda mais áreas industrial, reforçando a importância da inovação tecnológica na busca por ambientes mais seguros e protegidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto se mostrou altamente promissor e eficaz no monitoramento de temperatura, proporcionando tranquilidade aos operadores de máquinas industriais. Os resultados dos testes realizados validaram a funcionalidade do sistema, demonstrando sua capacidade de monitoramento preciso. Além disso, o sucesso dos testes realizados abre portas para a expansão do projeto para ambientes industriais.

Os aprendizados adquiridos durante os testes em ambientes industriais fornecem uma base sólida para a adaptação do sistema de monitoramento.

A confiabilidade demonstrada nos testes industriais, aliada a uma personalização cuidadosa para atender aos requisitos específicos de cada ambiente, pode contribuir para um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

REFERÊNCIAS

ALVES, Pedro. **Termopar, o que é?:** funcionamento, tipos e aplicações. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/termopar-o-que-e-funcionamento-tipos-aplicacoes/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

BAYER, Fernando Mariano; ARAÚJO, Olinto César Bassi de. **Curso técnico em automação industrial:** controle automático de processos. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal Santa Maria, 2011. *E-book*. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/11_controle_automatico_processos.pdf. Acesso em: 20 jun. 2024.

IMPACTOJR. **Super aquecimento de máquinas.** Disponível em: <https://impactojr.com/2019/02/28/superaquecimentodemaquinas/>. Acesso em: 15 maio 2024.

MAKERHERO, **Display LCD 16x2 Backlight Azul** Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/display-lcd-16x2-backlight-azul//> . Acesso em: 05 mar. 2024b.

MAKERHERO. **Como funciona o termopar.** Disponível em: <https://www.makehero.com/blog/como-funciona-o-termopar/>. Acesso em: 14 maio 2024a.

MAKIYAMA, Márcio **O que é Arduino, para que serve, benefícios e projetos.** Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 28 maio 2024.

MOREIRA, Lucia. Medição de temperatura usando-se termopar. **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 5, p. 51-53, set./out. 2002. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657157f8c9d6e028b467d/pdf/ci-7-5-587657157f8c9d6e028b467d.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira Oliveira et al. **Aprenda Arduino:** uma abordagem prática. Duque de Caixas: Katzen Editora, 2018. *E-book*. Disponível em: <https://www.fatecjd.edu.br/fatecino/material/ebook-aprenda-arduino.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

PASETTI, Giovani. Medição de temperatura. 2018. Disponível em: <https://professor.luzerna.ifc.edu.br/giovani-pasetti/wp-content/uploads/sites/35/2018/06/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o-Parte-5-Temperatura.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SENITH ELETRONICS. **Módulo Sensor Termopar Tipo K MAX6675.** Disponível em: <http://www.senith.lk/shop/item/9075/max6675-type-k-thermocouple-sensor-module>. Acesso em: 14 maio 2024.