



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO  
DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA  
(ILACVN)  
ENGENHARIA FÍSICA**

**DISCIPLINA - Técnicas Avançadas em Instrumentação  
Prof. Dr. Johan Alexander Cortes Suarez**

**RELATÓRIO DO PROJETO FINAL – Mini Geladeira com controle de  
temperatura para amostras.**

**Discentes:**

**BRUNO HENRIQUE DOURADO MACEDO**

**FELIPE DOS SANTOS CAMARGO**

**RENATA OLMEDO BENEDET**

**Foz do Iguaçu - Paraná  
DATA: 22/04/2023**

Ao buscar na literatura observamos que existe vários protótipos de estufas controladas, sendo que no nosso caso queremos uma geladeira com uma temperatura próxima de 6° com uma pequena variação de temperatura, o trabalho [1] apresenta um projeto muito interessante, onde eles usaram placas Peltier para resfriar e o Arduino como microcontrolador.

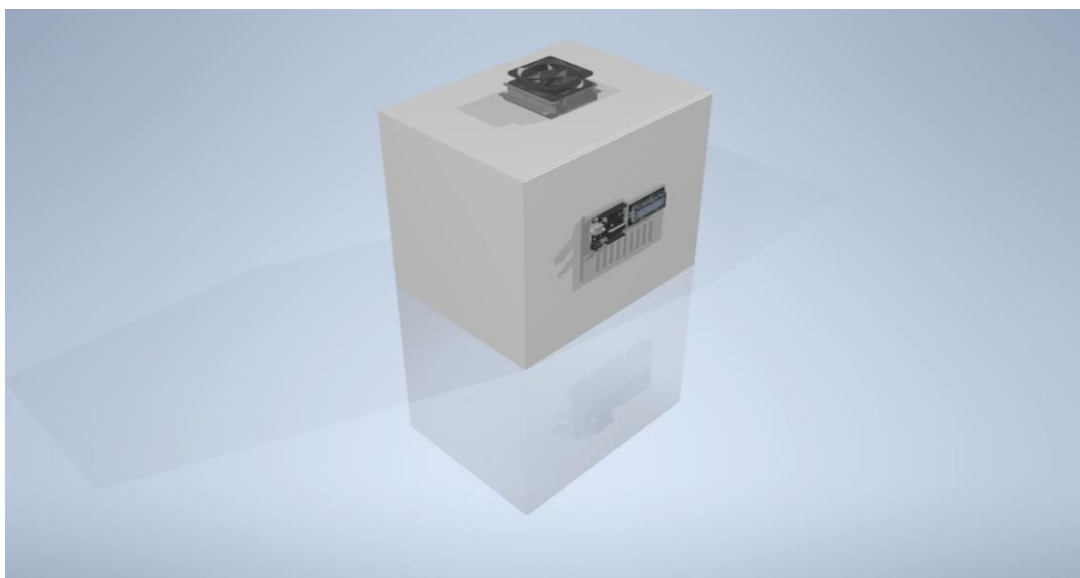


Figura 2 - Modelo da mini geladeira para amostras com controle de temperatura.

A figura 1 apresenta o modelo da geladeira feita no inventor a partir da ideia proposta na figura 1 definida por nós que será implementada ao longo do projeto final da disciplina e indo além.

## 2. Objetivo

O objetivo do presente projeto é a construção de uma mini geladeira destinada ao armazenamento de amostras de materiais cristalinos, com um rigoroso controle de temperatura de  $6^{\circ}\text{C}$ , mantendo uma variação máxima de apenas  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Para alcançar esse objetivo, serão empregadas tecnologias como o microcontrolador Arduino, módulos de resfriamento baseados no efeito Peltier e uma estrutura isolante feita de caixa de isopor.

O controle preciso da temperatura é fundamental para preservar a integridade das amostras cristalinas, evitando assim a cristalização indesejada ou outras alterações que possam comprometer sua análise ou aplicação. A temperatura alvo de  $6^{\circ}\text{C}$  foi selecionada com base em requisitos específicos das amostras e em considerações sobre as condições ideais de armazenamento para garantir sua estabilidade.

O uso do Arduino como plataforma de controle oferece flexibilidade e facilidade na implementação de algoritmos de controle de temperatura, permitindo ajustes precisos e monitoramento em tempo real. Além disso, os módulos de resfriamento baseados no efeito Peltier são eficientes e confiáveis para manter a temperatura interna da geladeira dentro dos parâmetros desejados.

A utilização de uma caixa de isopor como estrutura isolante contribui para a eficiência energética do sistema, minimizando trocas térmicas com o ambiente externo e, conseqüentemente, reduzindo o consumo de energia necessário para manter a temperatura estável.

Ao alcançar esse objetivo, espera-se não apenas demonstrar a viabilidade técnica da construção de uma mini geladeira para amostras de materiais cristalinos, mas também abrir caminho para aplicações práticas em laboratórios de pesquisa, instituições acadêmicas e indústrias que dependem da preservação adequada de amostras sensíveis à temperatura.

### **3. Componentes**

#### **1. LCD de 16 pinos:**

- Exibe a temperatura interna e externa da mini geladeira.
- Conectado ao Arduino UNO.

#### **2. Arduino UNO:**

- Atua como o sistema de controle principal.
- Coleta dados dos sensores e executa o código com os sistemas de Histerese e PID.
- O sistema de Histerese controla o relé.

#### **3. Relé (duas saídas de 12V):**

- Controla o tempo ligado e desligado do sistema de resfriamento.
- O sistema de resfriamento inclui 2 coolers e 2 módulos Peltier.

#### **4. Cooler Interno com Dissipador de Calor Pequeno:**

- Remove o calor gerado pelo sistema de resfriamento interno.

#### **5. Cooler Externo com Dissipador de Calor Grande:**

- Dissipa o calor gerado pelo sistema de resfriamento externo.

#### **6. Sensor de Corrente ADS712:**

- Monitora o consumo de corrente pelo sistema de resfriamento.
- Detecta possíveis picos de corrente.

#### **7. Sensor de Temperatura LM35DZ:**

- Mede a temperatura externa da caixa (temperatura ambiente).

#### **8. Sensor de Temperatura Termistor NPC de 10k:**

- Mede a temperatura interna da caixa.

- O usuário pode ajustar a temperatura desejada usando o potenciômetro de controle de temperatura de 50k.
- O objetivo inicial é manter a temperatura em 6°C, com variação de 0,5°C.

#### 9. Potenciômetro de B50K para Ajuste de Temperatura:

- Permite ao usuário definir a temperatura desejada.

#### 10. Potenciômetro de B50K para Ajustar a Nitidez do LCD:

- Controla a nitidez e o contraste do display LCD.

## 4. Procedimento Experimental

Após a idealização apresentada na introdução, análise da literatura e a separação de todos os componentes foi realizada a diagramação do circuito na figura 3, o mesmo sendo a versão 1 do protótipo.

### DIAGRAMA DE CIRCUITO ELÉCTRICO V. 01 AUTOMATEC - MINIGELADEIRA

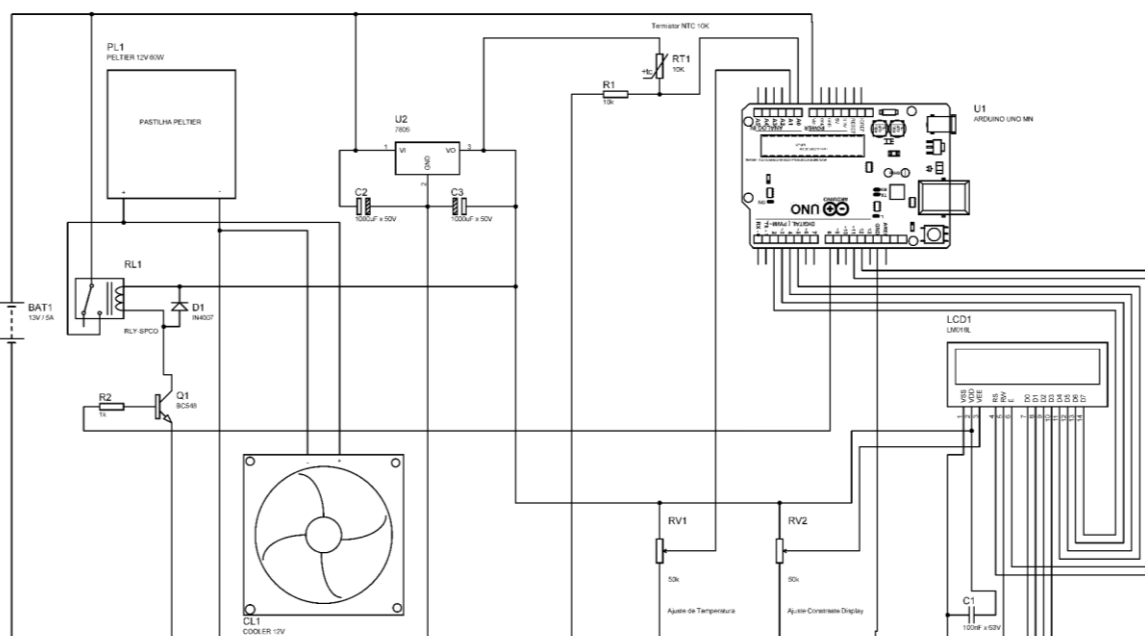


Figura 3 - Diagrama da versão 1 do circuito para a mini geladeira.

Todos os componentes foram adquiridos do laboratório de eletrônica no setor sul, mas, o Arduino, LCD, as pastilhas Peltier e relé foram emprestados pelo professor, os demais componentes não eletrônicos foram obtidos de materiais reciclados que seriam descartados pelos técnicos do laboratório.

A primeira etapa consistiu em realizar a colagem e a vedação da caixa conforme é apresentado na figura 4 e 5.

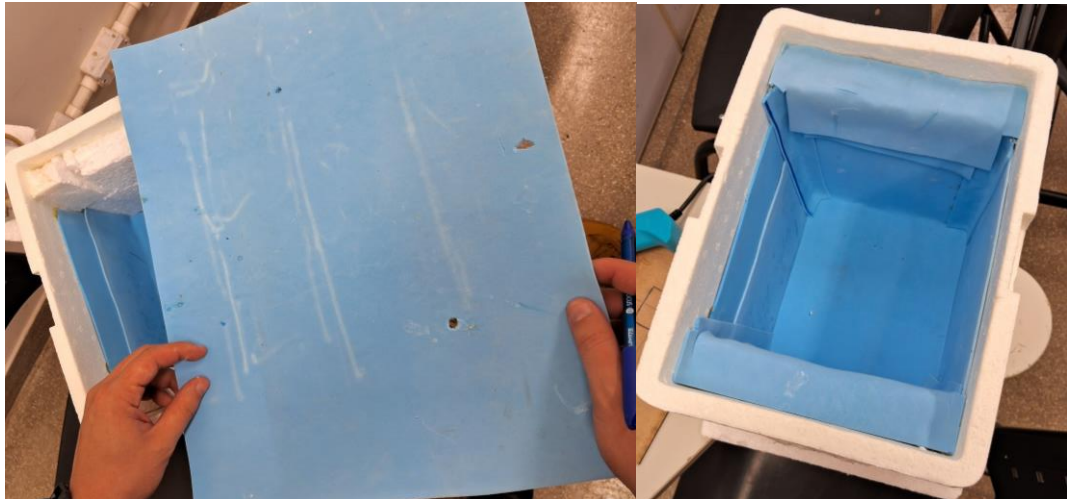


Figura 4 - Isolamento da caixa de isopor para a construção da mini geladeira.



Figura 5 - Isolamento da caixa de isopor para a construção da mini geladeira.

Em paralelo com o isolamento térmico da caixa foram realizadas a montagem do circuito na protoboard para a realização dos testes e adequação do circuito caso fosse necessário conforme apresentado na figura 6.



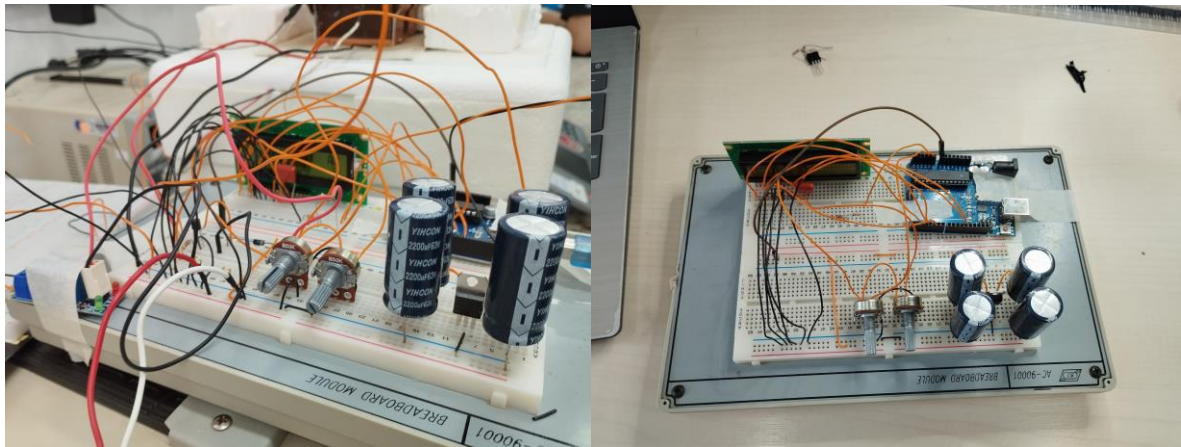


Figura 6 - Teste do circuito para a mini geladeira controlada.

A montagem do circuito foi realizada seguindo o diagrama apresentado anteriormente, porém estávamos usando 4 capacitores de 2200uF em vez de 1000uF, porém fizemos uma reciclagem de componentes de uma fonte velha dos 2 capacitores de 1000uF.

Também foi realizada a montagem e teste das pastilhas Peltier, dos coolers, placas de alumínio e de uma fonte obtida na caixa de descartes do laboratório de eletrônica conforme apresentado na figura 7.

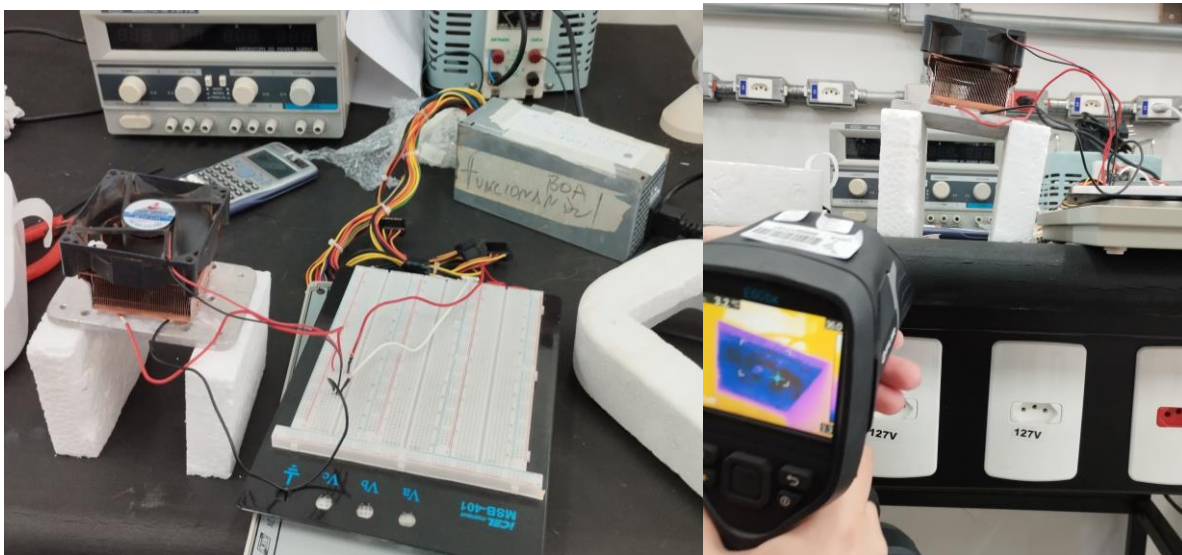


Figura 7 - Teste do cooler, fonte e das pastilhas peltier.

Na figura 7 apresenta também o teste do Peltier, da fonte de alimentação (também encontrada no laboratório) e com uma câmera térmica foi testada a eficiência da condução da pastilha, dissipador e cooler.

Após estes testes realizamos a montagem do circuito completo com os coolers, peltiers na caixa de isopor, conforme é visto na figura 8 a) e b).

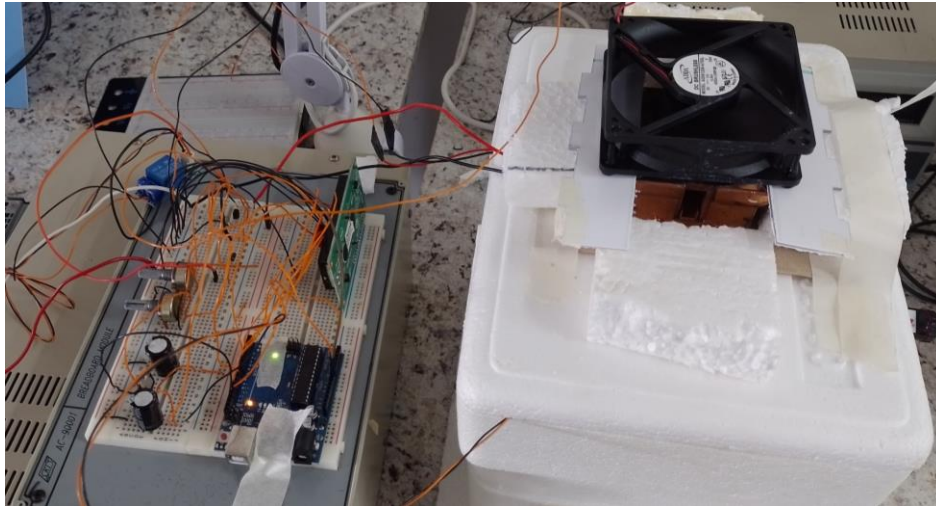


Figura 8 a) - Integração do circuito com o cooler, Peltier e os sensores na caixa de isopor.

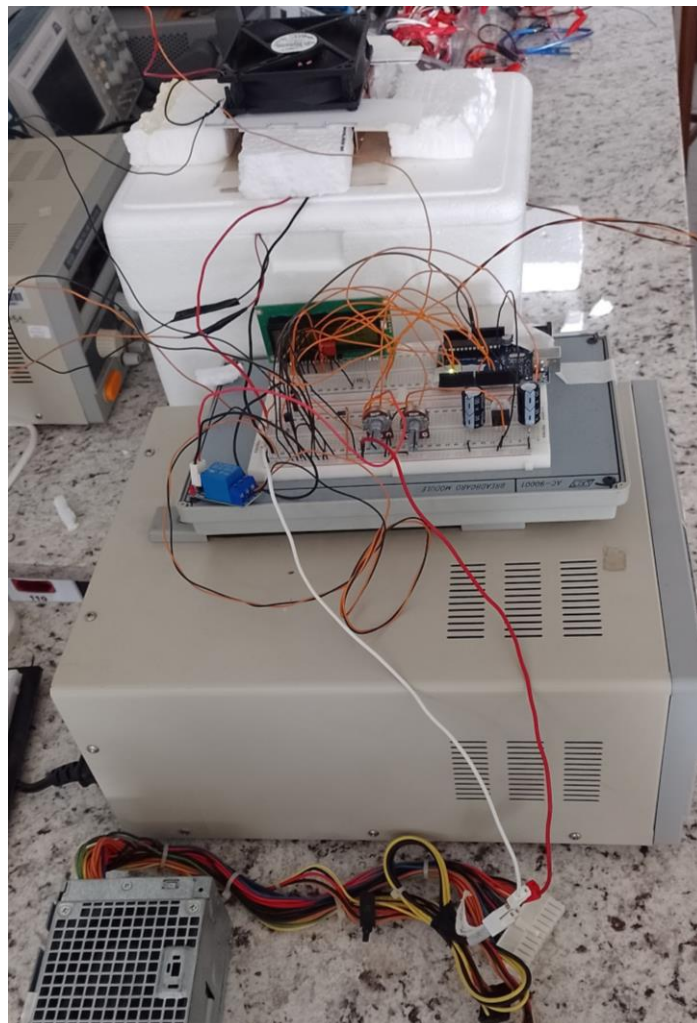


Figura 8 b) - Integração do circuito com o cooler, Peltier e os sensores na caixa de isopor.



O código foi desenvolvido e testado antes da implementação no circuito final, usando o Arduino IDE, e baseado no modelo apresentado no trabalho *Desenvolvimento Plataforma Aplicação [2]*. O nosso código está disponível para download no link: <https://brunohdmacedo.github.io/> e no nosso manual de uso também é apresentando. Link: <https://github.com/brunohdmacedo/Arduino-2024/tree/main/Manual>, a figura 9 apresenta código do PID e da histerese do relé.

```
311volts1.ino
17 #define THERMISTOR_PIN A2
18
19 // Definições para o relé
20 #define RELAY_PIN 4
21
22 // Variáveis para o controle de temperatura
23 double setpoint = 6.0; // Temperatura desejada
24 double histerese = 0.5; // Histerese de controle
25 double input, output, temperature;
26 PID pid(&input, &output, &setpoint, 1, 1, 1, DIRECT); // Parâmetros do PID
27 // Configuração do LCD
28 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); //ENDEREÇO DO I2C E DEMAIS INFORMAÇÕES
29
30 //===== Declarando Variáveis Globais =====//
31 float Constante = 51.15; // Constante para estabelecer a faixa de temperatura de 0 à 20 Graus / 1023/20 = 51.15.
32 float Temperatura; // Variável que recebe o valor convertido para temperatura.
33 int ValorAjustadoTemp = 0;
34
35 //===== Array que desenha o símbolo de grau =====//
36 byte a[8] = {B00110, B01001, B00110, B00000, B00000, B00000, B00000, B00000,};
37
```

Figura 9 - Código implementado para o circuito de controle da mini geladeira com PID e Histerese no relé.

A figura também apresenta o código final do circuito que foi desenvolvido e testado pelo grupo, o mesmo foi baseado nos trabalhos da referência o 2, 3 e 4 e com as sugestões do professor João Lenz de eletrônica de Potência. Antes de chegarmos ao código final, realizamos teste de diversos outros códigos que estão disponíveis no GitHub já apresentado neste relatório.

Por fim, realizamos a fixação de todos os componentes não eletrônicos na caixa, e melhoramos o revestimento interno da caixa, além da fixação dos coolers, placas metálicas, Peltier e dissipadores conforme a figura 10 apresenta.



Figura 10 - Código implementado para o circuito de controle da mini geladeira com PID e Histerese no relé.

O próximo procedimento é a soldagem de todos os componentes em uma PCB para evitar ruídos, curtos e demais problemas que podem acontecer com o circuito em relação a protoboard.

## Resultados e discussões

A figura 11 apresenta o protótipo finalizado até a data da entrega do projeto final, porém vale ressaltar que iremos trabalhar no projeto da mini geladeira por mais alguns meses, pois, a ideia é de um dos membros do grupo que faz parte da ideia de criação de projetos e produtos para a empresa que queremos desenvolver e fundar chamada Automatec Engenharia Física.

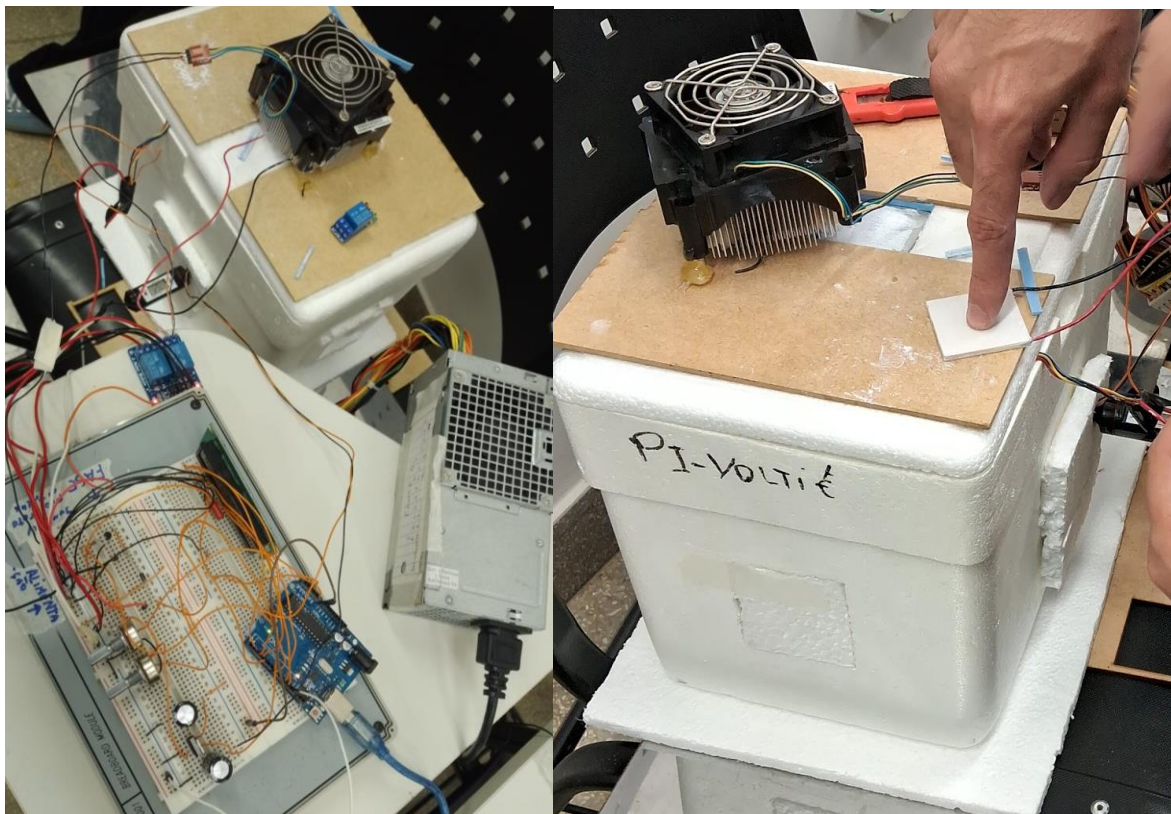


Figura 11 - Protótipo versão 1 da mini geladeira para amostras em temperatura controlada finalizado.

Os resultados dos experimentos da mini geladeira foram satisfatórios pois inicialmente com pouco isolamento térmico nos teste iniciais tivemos a queda da temperatura interna de  $22^{\circ}\text{C}$  para  $10^{\circ}\text{C}$ , essa análise foi feita pelo sensor interno integrado ao circuito (termistor NTC) e também por um termômetro de laboratório, onde conseguimos verificar a taxa de variação na temperatura com uma queda de  $0,3^{\circ}\text{C}$  por segundo, sendo assim em poucos minutos chegávamos a temperatura

setada pelo potenciômetro do sistema de controle e o funcionamento do controle foi excelente, executando o desligamento do sistema de resfriamento ao chegar a temperatura desejada, neste teste inicial foi de 11°C, figura 11 e 12 apresenta os resultados.



Figura 12 - Primeiro resultado obtido para a mini geladeira com a temperatura ajustada para 11°C sendo a temperatura ambiente de 22°C.



Figura 13 - Primeiro resultado obtido para a mini geladeira com a temperatura ajustada para 10°C sendo a temperatura ambiente de 22°C.

Após este teste inicial fomos ajustando a temperatura para valores cada vez menores chegando ao valor do objetivo deste trabalho de 6°C. A coleta de dados da

mini geladeira é feita diretamente com o Arduino via USB e salva em TXT conforme está descrito no manual de uso da caixa.

## **Conclusão e Trabalhos Futuros**

A conclusão da 1ª versão da mini geladeira foi satisfatória, conseguindo obter os resultados esperados nos primeiros testes, mesmo que usando materiais recicláveis ou doados pelos técnicos dos laboratórios. Lembrando que na última semana não foi possível a continuação dos trabalhos de melhoria no sistema de controle, isolamento térmico, teste e atualizações dos códigos, construção e soldagem dos componentes na placa PCB devido a indisponibilidade do acesso ao laboratório de eletrônica no setor sul.

Contudo podemos dizer que todos os objetivos desse projeto foram cumpridos com excelência, sendo eles: Isolamento térmico da mini geladeira, sistema de controle com o Arduino UNO interligado com relé, PID e histerese e todo o sensoriamento da temperatura quanto da corrente. A implementação do código para salvar os dados coletados no Arduino é via USB e salva em TXT na pasta de documentos do usuário.

Os próximos protótipos da mini geladeira contatará com uma grande atualização no sistema de controle PID, sistema de refrigeração e isolamento melhorando considerando a troca dos coolers atuais por novos, construção de um sistema e circuito de controle baseado em um conversor Buck controlado (sugestão do professor João Lenz), troca dos dissipadores de calor, construção de uma caixa de madeira MDF de 3mm ou 5mm para revestir melhor a mini geladeira e a construção de todo o circuito em PCBs e a soldagem dos mesmo para evitar ruídos eletrônicos.

Uma melhoria adicional será a construção de um novo sistema para aquisição e salvamento de dados via USB, podendo ser via LabView conforme é proposto na literatura ou qualquer outro tipo de implementação de linguagem de programação ou interface.

## **Referências**

1. Controle de Temperatura de um Forno Elétrico a Resistência Utilizando o Microcontrolador Arduino. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/354794562\\_Controlde\\_de\\_Temperatura\\_de\\_um\\_Forno\\_Eletrico\\_a\\_Resistencia\\_Utilizando\\_o\\_Microcontrolador\\_Arduino](https://www.researchgate.net/publication/354794562_Controlde_de_Temperatura_de_um_Forno_Eletrico_a_Resistencia_Utilizando_o_Microcontrolador_Arduino). Acesso em: 20/03/2024.

2. Desenvolvimento Plataforma Aplicação. Universidade Federal de Ouro Preto, 2020. Disponível em: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1211/1/MONOGRAFIA\\_De\\_senvolvimentoPlataformaAplica%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1211/1/MONOGRAFIA_De_senvolvimentoPlataformaAplica%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 20/03/2024.
3. Forno Elétrico Para Revenimento De Aços Controlado. Disponível em: <https://www.instructables.com/Forno-El%C3%A9trico-Para-Revenimento-De-A%C3%A7os-Controlado/>. Acesso em: 20/03/2024.
4. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ 2018. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23195/1/PG\\_CEACP\\_2018\\_1\\_04.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23195/1/PG_CEACP_2018_1_04.pdf). Acesso em: 20/03/2024.
5. CONTROLE DE FORNO INDUSTRIAL COM ARDUINO E TERMOPAR YouTube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DSujXPI0gu0>. Acesso em: 20/03/2024.
6. ALLEGRO MICROSYSTEMS. ACS712 Datasheet. Disponível em: <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/168326/ALLEGRO/ACS712.html>.
7. SL INDUSTRIAL. SL1847003 Datasheet. Disponível em: [https://www.eletródex.kinghost.net/Loja\\_Tray/Datasheets/Passivos/Resistores/SL1847003.pdf](https://www.eletródex.kinghost.net/Loja_Tray/Datasheets/Passivos/Resistores/SL1847003.pdf).
8. HD TECHNOLOGY. HD44780U Datasheet. Disponível em: <https://circuitdigest.com/sites/default/files/HD44780U.pdf>.
9. APPLIED DYNAMICS. AP0405MX-J70-ADDA Datasheet. Disponível em: <https://datasheetpdf.com/pdf-down/A/P/0/AP0405MX-J70-ADDA.pdf>.
10. Bruno H. D. Macedo. Repositório Arduino 2024. GitHub. Disponível em: <https://github.com/brunohdmacedo/Arduino-2024>.
11. Bruno H. D. Macedo. Repositório Arduino 2024. GitHub. Disponível em: <https://github.com/brunohdmacedo/Arduino-2024/Manual>