

**UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ
CABO FRIO, RJ**

Projeto De Programação de Microcontroladores

Alunos:

**Matheus De Carvalho Klowaski, Gabriel Oliveira Gomes da Silva
Fellipe Carlos Oliveira de Lima**

Orientador:

Rodrigo Sena

2025

Cabo Frio/Rio De Janeiro

Sumário

1. DIAGNÓSTICO E TEORIZAÇÃO.....	3
1.1. Identificação das partes interessadas e parceiros.....	3
1.2. Problemática e/ou problemas identificados.....	3
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Objetivos/resultados/efeitos a serem alcançados (em relação ao problema identificado e sob a perspectiva dos públicos envolvidos).....	3
1.5. Referencial teórico (subsídio teórico para propositura de ações da extensão).....	3
2. PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	4
2.1. Plano de trabalho (usando ferramenta acordada com o docente).....	4
2.2. Descrição da forma de envolvimento do público participante na formulação do projeto, seu desenvolvimento e avaliação, bem como as estratégias pelo grupo para mobilizá-los.....	4
2.3. Grupo de trabalho (descrição da responsabilidade de cada membro).....	4
2.4. Metas, critérios ou indicadores de avaliação do projeto.....	4
2.5. Recursos previstos.....	5
2.6. Detalhamento técnico do projeto.....	5
3. ENCERRAMENTO DO PROJETO.....	5
3.1. Relatório Coletivo (podendo ser oral e escrita ou apenas escrita).....	5
3.2. Avaliação de reação da parte interessada.....	5
3.3. Relato de Experiência Individual.....	5
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	5
3.2. METODOLOGIA.....	6
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:.....	6
3.4. REFLEXÃO APROFUNDADA.....	6
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	6

1. DIAGNÓSTICO E TEORIZAÇÃO

1.1. Identificação das partes interessadas e parceiros

O projeto tem como principal parte interessada o Açougue do Macedo, estabelecimento de médio porte voltado ao comércio de carnes e derivados. Entre os colaboradores diretos, destaca-se Gabriel China, o encarregado do açougue responsável pela supervisão diária da câmara fria, bem como por outras atividades administrativas e operacionais do açougue.

O público envolvido é composto majoritariamente por trabalhadores do setor alimentício. Trata-se de um grupo predominantemente masculino, embora haja também participação feminina em funções de atendimento e apoio administrativo.

A pertinência social e tecnológica do projeto está relacionada à necessidade de aperfeiçoar o controle de acesso e a segurança das câmaras frias, ambientes que exigem monitoramento constante de temperatura e restrição de entrada apenas a pessoas autorizadas. O sistema proposto tem como objetivo desenvolver um gerenciamento automatizado de acesso, utilizando uma fechadura eletrônica controlada por Arduino, permitindo que somente funcionários previamente cadastrados possam entrar. O sistema contará ainda com sensores de temperatura e umidade, garantindo o acompanhamento em tempo real das condições internas da câmara fria, contribuindo para a segurança alimentar e a eficiência operacional do estabelecimento.

1.2. Problemática e/ou problemas identificados

Durante as conversas realizadas com o encarregado do açougue Gabriel China, no Açougue do Macedo, foram identificadas algumas dificuldades relacionadas à segurança e ao controle de acesso da câmara fria, bem como à falta de um sistema automatizado de monitoramento da temperatura e umidade. Atualmente, o acesso ao local é feito manualmente, por meio de chaves convencionais, o que pode gerar riscos operacionais, como a entrada de pessoas não autorizadas, perda de controle sobre quem utilizou o espaço e falhas no fechamento adequado da porta.

Além disso, o controle da temperatura e da umidade é feito de maneira visual e não sistematizada, dependendo da atenção dos funcionários. Essa ausência de monitoramento automatizado pode comprometer a conservação dos produtos armazenados e gerar prejuízos financeiros e sanitários, caso ocorram variações significativas de temperatura sem que sejam rapidamente percebidas.

Esses problemas foram relatados e confirmados por meio de conversas diretas com os responsáveis pelo estabelecimento, evidenciando uma demanda por soluções tecnológicas simples, de baixo custo e fácil manutenção. A equipe do açougue demonstrou interesse em colaborar com o desenvolvimento de um sistema que aumente a segurança, garanta o

controle de acesso apenas a pessoas autorizadas e permita o acompanhamento automático das condições internas da câmara fria.

Dessa forma, o problema identificado que motiva a elaboração deste projeto de extensão é a ausência de um sistema integrado de controle de acesso e monitoramento ambiental na câmara fria, o que compromete tanto a segurança operacional quanto a qualidade dos produtos armazenados. O projeto busca responder a essa necessidade, propondo uma solução baseada em Arduino, utilizando fechadura eletrônica, sensor de temperatura e umidade, e controle automatizado de acesso.

1.3. Justificativa

A situação identificada no Açougue do Macedo demonstra a necessidade de adequação às normas de segurança alimentar estabelecidas pela vigilância sanitária brasileira. A **RDC nº 216/2004 (ANVISA)** e a **RDC nº 275/2002** exigem que estabelecimentos que manipulam alimentos mantenham controle rigoroso de temperatura, rastreabilidade das condições de armazenamento e acesso restrito a áreas sensíveis, como câmaras frias. Já a **Portaria nº 304/1996 (MAPA)** reforça que carnes devem ser conservadas em ambientes refrigerados estáveis, com monitoramento contínuo para evitar deterioração e riscos sanitários.

Atualmente, o controle de acesso por chave e o monitoramento manual da temperatura tornam o processo vulnerável a falhas humanas, dificultando a conformidade com esses regulamentos. Assim, a implementação de um sistema automatizado com Arduino — integrando sensores de temperatura e umidade, registro de acesso e acionamento eletrônico da fechadura — surge como uma solução prática, segura e de baixo custo.

No âmbito acadêmico, o projeto é relevante por aplicar conhecimentos de eletrônica, programação e automação em um problema real, aproximando a formação em Ciência da Computação das necessidades da comunidade. O sistema proposto melhora a rotina operacional do açougue, fortalece o cumprimento das normas sanitárias e pode servir de modelo replicável para outros estabelecimentos.

1.4. Objetivos/resultados/efeitos a serem alcançados (em relação ao problema identificado e sob a perspectiva dos públicos envolvidos)

Objetivos:

- Desenvolver um sistema automatizado de controle de acesso à câmara fria do Açougue do Macedo, utilizando o microcontrolador Arduino UNO integrado a uma fechadura eletrônica

acionada por servo motor, sensor DHT22 para monitoramento de temperatura e umidade, display LCD para exibição das informações e um teclado matricial (keypad) para inserção das senhas de acesso.

- Implementar diferentes níveis de acesso por turno (manhã, tarde e noite), assegurando que apenas os funcionários autorizados em cada período possam entrar na câmara fria.
- Aplicar de forma prática os conhecimentos adquiridos no curso de Ciência da Computação da Estácio de Sá, integrando conceitos de automação, eletrônica e programação em um projeto de utilidade real.
- Contribuir para o aprimoramento da segurança e eficiência operacional do estabelecimento, reduzindo falhas humanas e garantindo o monitoramento constante das condições internas da câmara fria.

Resultados e efeitos esperados:

Com a conclusão do projeto, espera-se obter um protótipo funcional capaz de gerenciar o acesso de maneira automática e confiável, acionando a fechadura eletrônica por meio da validação das senhas cadastradas e emitindo alertas sonoros e visuais sempre que a temperatura ultrapassar o limite seguro configurado. O display LCD exibirá em tempo real as informações de temperatura, umidade e status do sistema, facilitando a supervisão diária do ambiente refrigerado.

Para o Açougue do Macedo, os resultados esperados envolvem maior segurança, organização e economia de tempo nas rotinas de trabalho, além da redução de riscos associados ao controle manual de acesso.

Sob a perspectiva acadêmica, o projeto proporcionará ao nosso grupo a oportunidade de testar e avaliar o desempenho do sistema, coletando feedback do encarregado Thiago China para possíveis melhorias e aperfeiçoamentos futuros.

1.5. Referencial teórico (subsídio teórico para propositura de ações da extensão)

O desenvolvimento de sistemas embarcados para controle de acesso e monitoramento ambiental baseia-se em fundamentos consolidados da automação, eletrônica e Internet das Coisas (IoT). A plataforma Arduino, conforme apresentado por Banzi e Shiloh (2014), oferece um ambiente acessível para prototipagem rápida, permitindo integrar sensores, atuadores e interfaces de forma modular e segura. Esse referencial orienta diretamente a construção do sistema, que utiliza um teclado matricial, um servo motor para acionar a fechadura

eletrônica, um display LCD I2C, o sensor DHT22 e o módulo RTC DS1307, compondo um circuito robusto e didático.

Para o monitoramento ambiental, o sensor DHT22 é amplamente documentado pela Adafruit Industries (2019), que descreve sua precisão, limitações e procedimentos corretos de leitura. Essas informações fundamentam o módulo de monitoramento contínuo do projeto, garantindo confiabilidade na coleta de temperatura e umidade — dados essenciais para atender às exigências sanitárias aplicadas a câmaras frias e ambientes refrigerados.

O controle de acesso depende da leitura estruturada de teclas fornecida pela biblioteca **Keypad.h**, documentada no Arduino Playground (2011). Essa referência explica o mapeamento de matrizes 4×4, tratamento de ruído e detecção de eventos, suportando a implementação da lógica de senhas por turno. Aliada ao módulo RTC, que fornece dados horários confiáveis, essa abordagem permite validar não apenas a senha, mas também o **horário autorizado**, aumentando a segurança operacional e reduzindo a possibilidade de uso indevido.

Além disso, os fundamentos da Internet das Coisas apresentados por Costa (2018) justificam a automação aplicada ao monitoramento ambiental do açougue. A leitura periódica de variáveis do ambiente, a emissão automática de alertas sonoros e visuais e a tomada de decisão sem intervenção humana caracterizam uma solução inspirada nos princípios de IoT. Esses fundamentos reforçam a importância de sistemas inteligentes em ambientes que manipulam alimentos perecíveis, onde falhas humanas podem resultar em riscos sanitários e prejuízos financeiros.

Assim, o referencial teórico adotado oferece embasamento técnico e científico para todas as escolhas de projeto, sustentando a integração entre hardware, software e automação. A literatura consultada permite justificar o uso do Arduino como plataforma, orientar a implementação dos módulos eletrônicos e consolidar a solução como tecnologicamente adequada, segura e alinhada às necessidades reais do estabelecimento parceiro.

2. PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

2.1. Plano de trabalho (usando ferramenta acordada com o docente)

No processo de desenvolvimento do projeto de controle automatizado da câmara fria do Açougue do Macedo, foi estabelecido um plano de trabalho estruturado em etapas sequenciais, com o objetivo de garantir organização, clareza e cumprimento dos prazos definidos em conjunto com o docente responsável.

A gestão das tarefas foi acordada utilizando-se da ferramenta Trello, permitindo o registro das atividades, responsáveis, datas limite e acompanhamento contínuo do progresso do projeto.

As tarefas foram distribuídas da seguinte forma:

Levantamento dos requisitos e entendimento do ambiente real

Responsáveis: Todos os integrantes

Prazo: 3 dias úteis

Atividade: Realização de entrevistas com o encarregado, análise das condições da câmara fria e definição das necessidades técnicas do sistema.

Desenvolvimento do módulo de controle de acesso

Responsáveis: Gabriel Oliveira e Fellipe Carlos

Prazo: 7 dias úteis

Atividade: Programação da leitura do teclado numérico ou sensor RFID (conforme decisão final), validação dos códigos de acesso e acionamento da fechadura elétrica por meio do Arduino.

Desenvolvimento do módulo de monitoramento ambiental

Responsáveis: Matheus de Carvalho

Prazo: 7 dias úteis

Atividade: Integração do sensor DHT11/DHT22, leitura contínua de temperatura e umidade, além da definição dos limites para emissão de alertas.

Integração dos módulos e testes funcionais

Responsáveis: Todos os integrantes

Prazo: 5 dias úteis

Atividade: Testes de acionamento, simulação de variações ambientais, verificação dos registros obtidos e realização de ajustes necessários.

Preparação do relatório, apresentação e documentação final

Responsáveis: Matheus e Gabriel

Prazo: Até a data limite definida pelo docente

Atividade: Estruturação do relatório final, organização dos anexos, elaboração da descrição técnica e preparação dos materiais que serão apresentados.

2.2. Descrição da forma de envolvimento do público participante na formulação do projeto, seu desenvolvimento e avaliação, bem como as estratégias pelo grupo para mobilizá-los.

A participação do público envolvido, representado principalmente pelo encarregado do açougue, Gabriel China, foi fundamental para orientar o desenvolvimento do projeto de

acordo com as necessidades reais do local. Durante a fase inicial, foram realizados encontros presenciais no Açougue do Macedo, onde o encarregado descreveu as principais dificuldades enfrentadas tanto no controle de acesso quanto no monitoramento de temperatura e umidade da câmara fria. Essas informações foram utilizadas como base para a formulação dos requisitos do sistema. Ao longo do desenvolvimento, o grupo manteve contato periódico com o participante, enviando registros das etapas concluídas e solicitando validação sobre o funcionamento esperado. Essa troca contínua permitiu ajustes no posicionamento dos sensores, na lógica de acesso autorizada e na necessidade de alertas visuais ou sonoros. Na etapa de avaliação, Gabriel China será convidado a testar o sistema em um ambiente controlado, utilizando senhas fictícias, acionando a fechadura e acompanhando as leituras dos sensores. Seus feedbacks serão documentados e utilizados como base para a melhoria do protótipo final. Essa estratégia de participação ativa garantiu que o projeto fosse construído de maneira colaborativa, alinhado com a realidade de uso, e que mantivesse relevância prática para o estabelecimento.

2.3. Grupo de trabalho (descrição da responsabilidade de cada membro)

Para assegurar a divisão equilibrada das tarefas e o bom andamento do projeto, foram atribuídas funções específicas aos integrantes:

- **Matheus De Carvalho Klowaski**
Responsável pelo desenvolvimento do módulo de monitoramento ambiental, programação do sensor de temperatura e umidade e testes de estabilidade. Também auxilia na documentação final.
- **Gabriel Oliveira Gomes da Silva**
Responsável pelo desenvolvimento do módulo de controle de acesso, programação da fechadura eletrônica, gerenciamento dos códigos autorizados e integração inicial com o Arduino.
- **Fellipe Carlos Oliveira de Lima**
Responsável pela montagem física do sistema, organização dos componentes eletrônicos, testes de acionamento e suporte na integração geral. Também participa da revisão técnica do código e validação prática.

2.4. Metas, critérios ou indicadores de avaliação do projeto

Para avaliar o desempenho, funcionalidade e eficácia do sistema proposto, foram definidas metas e indicadores mensuráveis:

Meta 1 - Controle de acesso funcional

- **Objetivo:** Permitir entrada apenas de usuários autorizados através de senha ou RFID.
- **Critério de avaliação:** Acionamento correto da fechadura em 100% das tentativas válidas.
- **Indicador:** Número de acessos autorizados versus falhas de autenticação.

Meta 2 - Monitoramento ambiental contínuo

- **Objetivo:** Registrar temperatura e umidade da câmara fria em tempo real.
- **Critério de avaliação:** Precisão das medições conforme especificações do sensor.
- **Indicador:** Variação aceitável de no máximo $\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\pm 5\%$ de umidade.

Meta 3 - Estabilidade e segurança do sistema

- **Objetivo:** Garantir que o sistema opere sem travamentos e com respostas rápidas.
- **Critério de avaliação:** Funcionamento contínuo por no mínimo 2 horas sem falhas.
- **Indicador:** Registro de erros ou reinicializações inesperadas durante testes.

Meta 4 - Usabilidade para o público envolvido

- **Objetivo:** Permitir que o encarregado utilize o sistema com facilidade.
- **Critério de avaliação:** Clareza no uso, explicação simples e operação intuitiva.
- **Indicador:** Feedback direto do usuário após testes práticos.

2.5. Recursos previstos

Para o desenvolvimento do projeto, os seguintes recursos de hardware e software serão utilizados:

Hardware

- Arduino Uno
- Sensor DHT11 ou DHT22 (temperatura e umidade)

- Fechadura eletrônica 12V
- Teclado matricial 4x4 ou módulo RFID (dependendo da escolha final)
- Protoboard e jumpers
- Fonte 5V e 12V
- Resistores, LEDs e buzzer para alertas

Software

- Arduino IDE
- Trello (gestão do projeto)
- Discord, google Meets e WhatsApp (comunicação do grupo)
- Documentos Google / Word (relatório)

2.6. Detalhamento técnico do projeto

A solução de TI desenvolvida consiste em um sistema integrado de controle de acesso por senha e monitoramento ambiental (temperatura e umidade) da câmara fria. Ambos os módulos operam simultaneamente em um microcontrolador Arduino Uno, utilizando sensores, atuadores e dispositivos de interface visual para garantir segurança operacional e confiabilidade nos dados coletados.

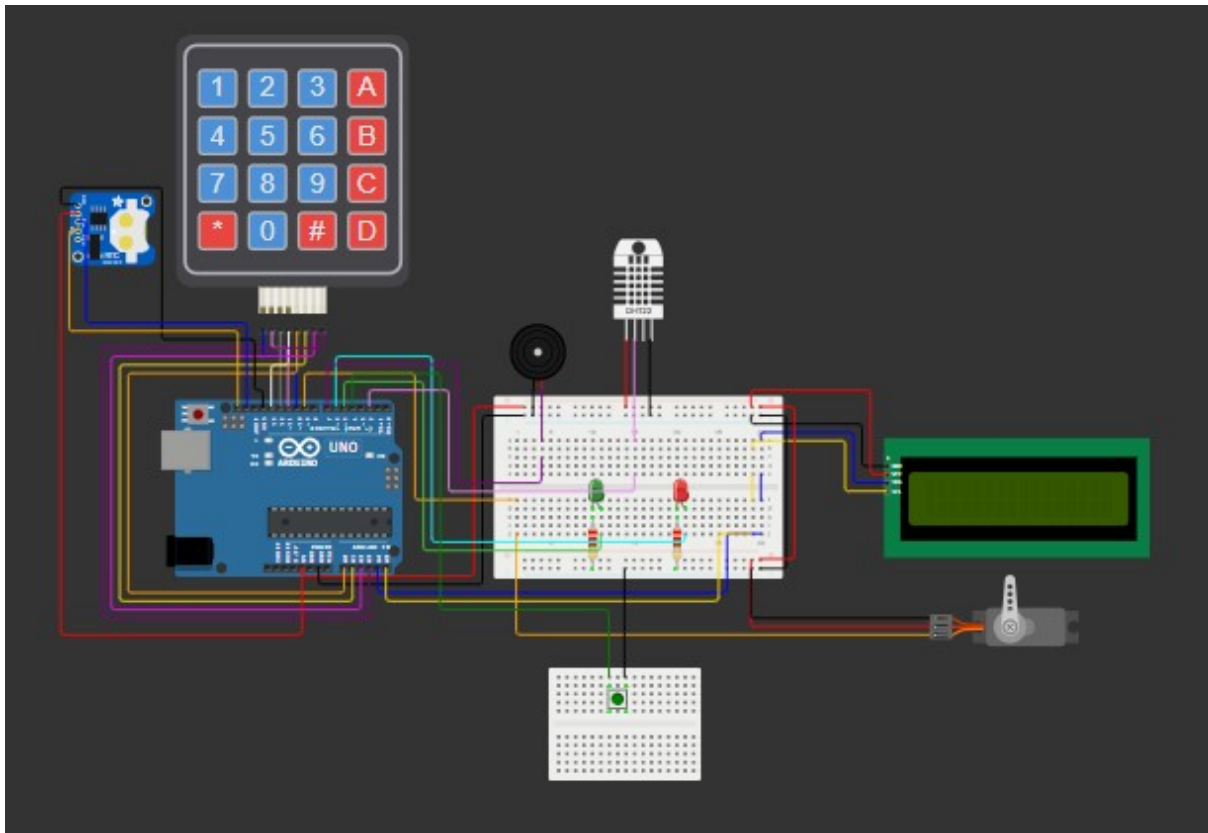
A simulação completa foi realizada no ambiente virtual Wokwi, permitindo validar todas as etapas do projeto antes da implementação física.

1. Visão Geral da Montagem

A configuração completa do circuito abrange:

- Arduino Uno;
- Keypad 4x4 para entrada de senha;
- Display LCD 16x2 com comunicação I2C;
- Sensor DHT22 para leitura do ambiente;
- Servomotor simulando uma fechadura elétrica;
- LEDs de status (verde e vermelho);
- Buzzer para alertas sonoros;

- Protoboard para organização dos componentes.

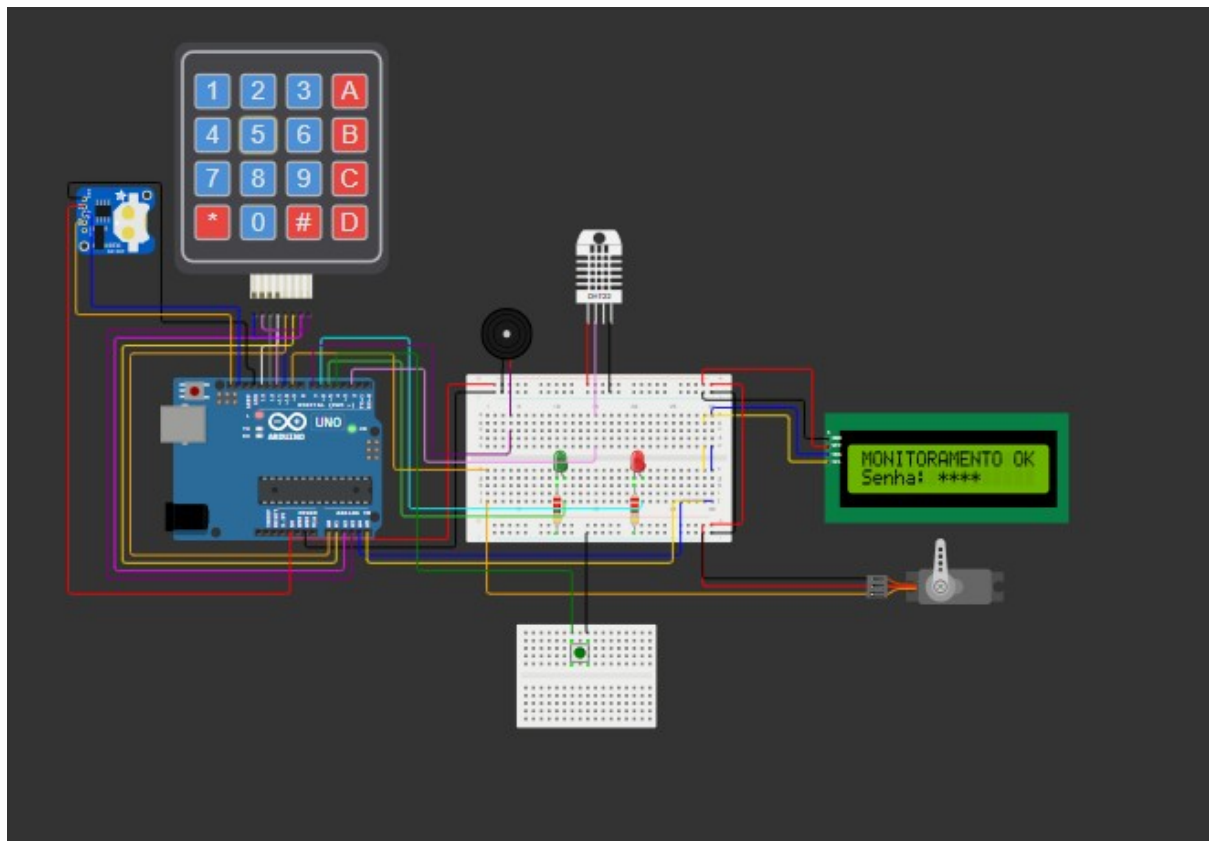


2. Módulo de Controle de Acesso

O controle de acesso é baseado no uso do keypad 4x4, através do qual o usuário digita uma senha referente ao turno de trabalho (manhã, tarde ou noite). O código utiliza a biblioteca Keypad.h, que facilita o tratamento das teclas pressionadas.

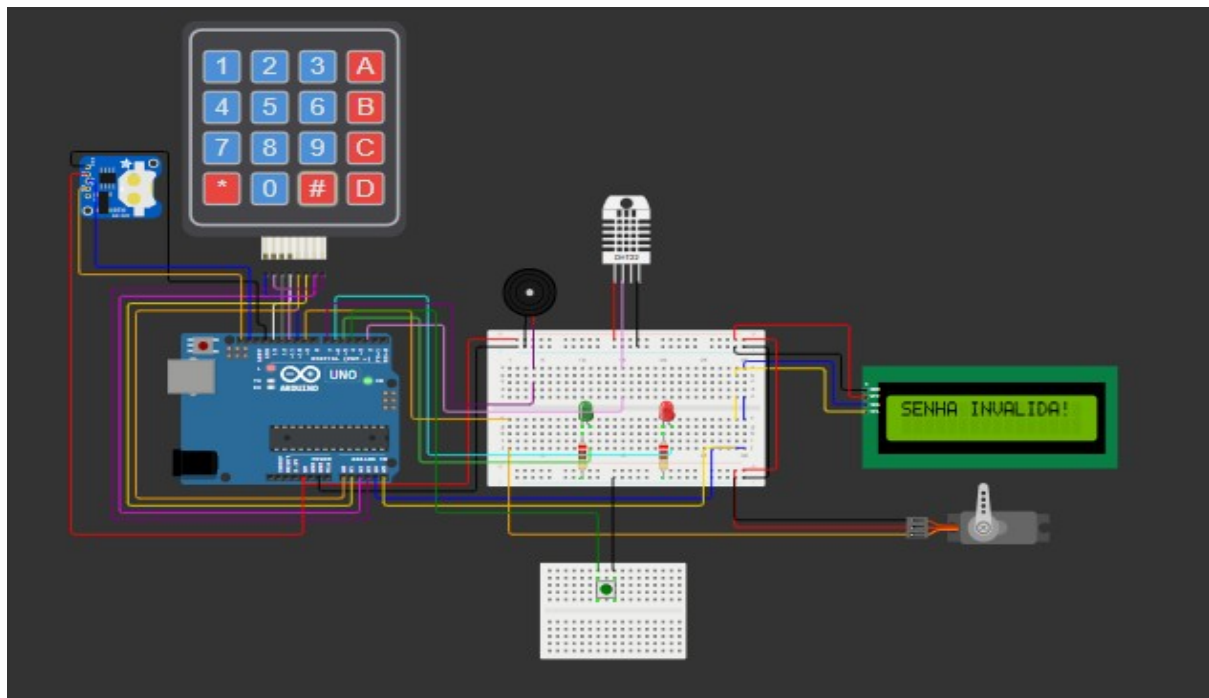
O display LCD utiliza a biblioteca LiquidCrystal_I2C.h, permitindo exibir mensagens como:

- instruções ao usuário;
- senha sendo digitada;
- confirmação ou negação de acesso.
- Quando o usuário começa a digitar, o LCD exibe:



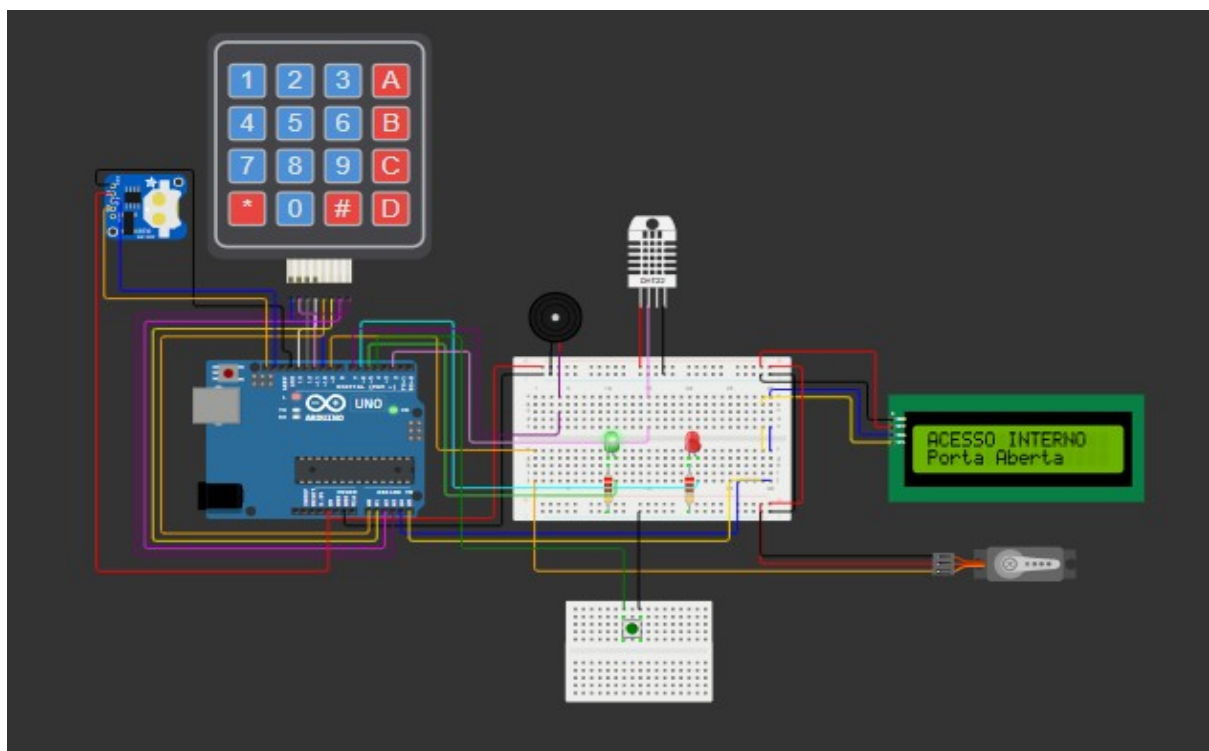
Processo de validação:

1. O usuário digita a sequência numérica.
2. Pressiona “#” para confirmar.
3. A função `checarSenha()` compara com as senhas cadastradas.
4. Se a senha for válida:
 - O LED verde acende;
 - O buzzer emite um bip curto;
 - O servo motor abre a fechadura (posição 90°);
 - O turno correspondente é exibido no LCD.
5. Se a senha for inválida:
 - O LED vermelho acende;
 - O buzzer emite três bipes de erro;
 - O LCD exibe “SENHA INVALIDA!”.



A fechadura permanece aberta por 5 segundos e, após esse tempo, retorna automaticamente à posição fechada.

Também é possível abrir a porta utilizando o botão instalado dentro do local sem a necessidade de senha

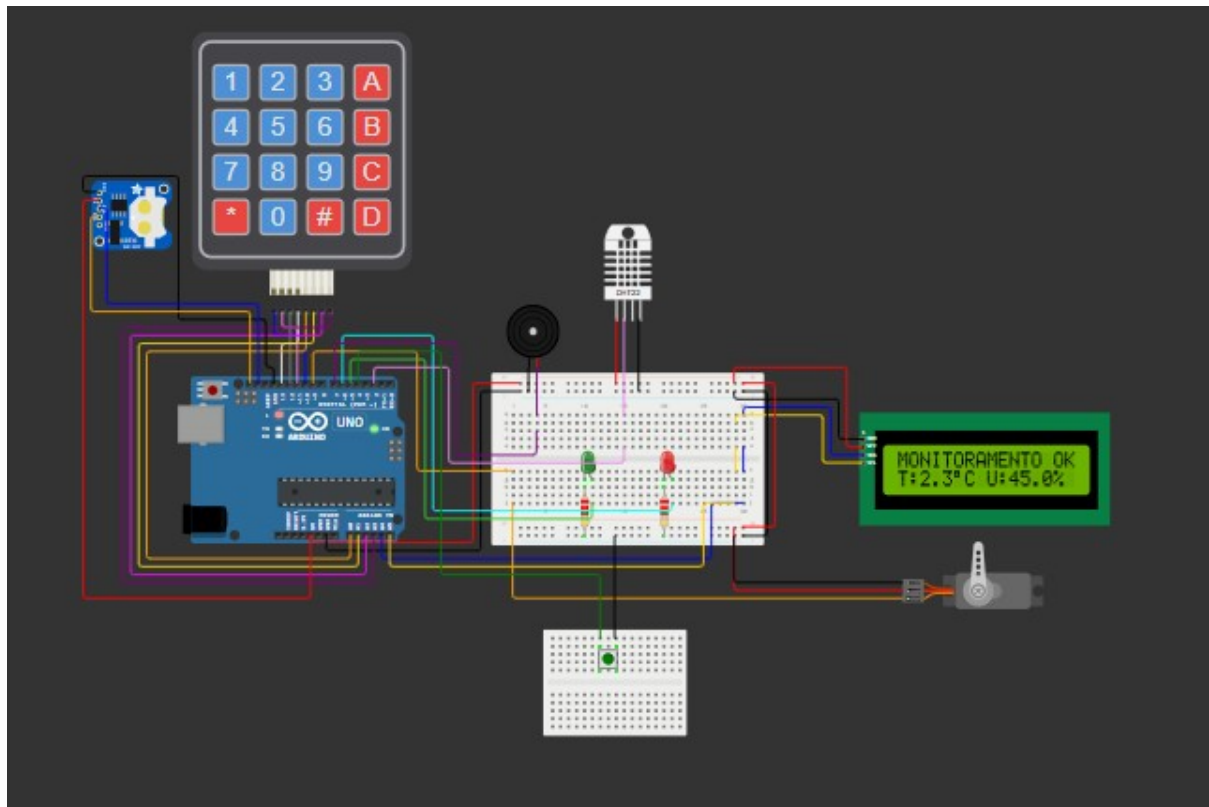


3. Módulo de Monitoramento Ambiental

O monitoramento contínuo da temperatura e umidade é realizado pelo sensor DHT22, utilizando a biblioteca DHT.h. As medições são feitas a cada 2 segundos, desde que o usuário não esteja digitando uma senha (evitando sobreposição gráfica no LCD).

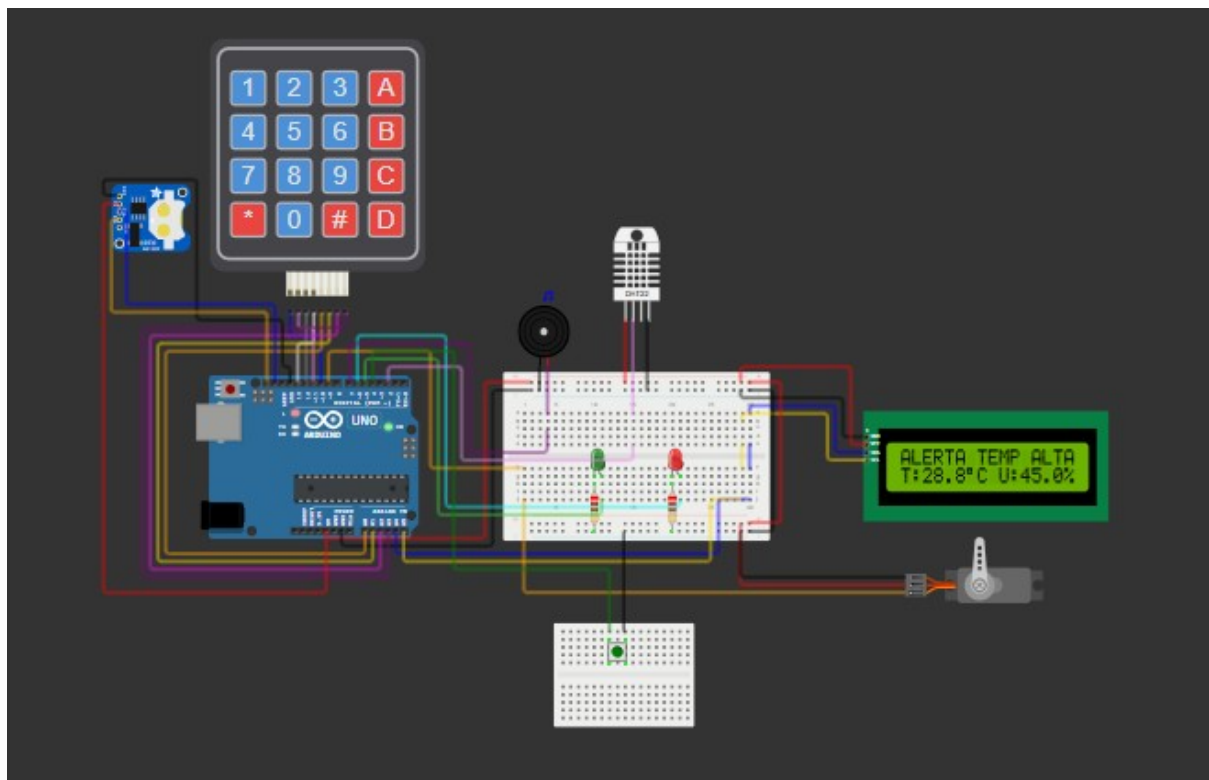
Os valores são exibidos na segunda linha do display LCD, no formato:

T: 2.3°C U: 45.0%



Caso a temperatura ultrapasse o limite máximo definido (4°C), o sistema entra automaticamente em estado de alerta, com os seguintes comportamentos:

- O LCD exibe "ALERTA TEMP ALTA";
- O LED vermelho começa a piscar;
- O buzzer emite sinais sonoros intermitentes;
- A variável `alertaTempAtivo` é acionada.



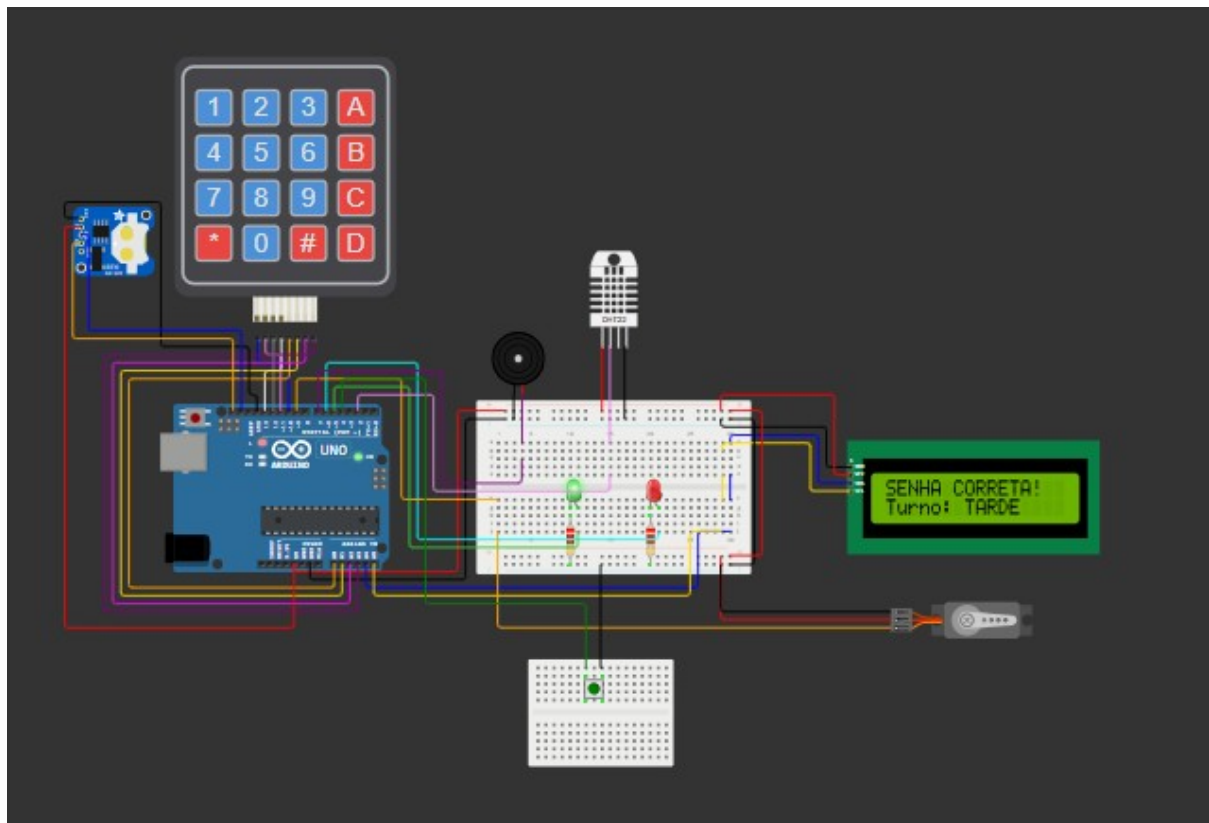
4. Integração e Lógica Geral do Sistema

Os dois módulos funcionam em paralelo, graças à estrutura de programação baseada em estados e funções independentes. A lógica central é composta pelas seguintes rotinas:

- `checarSenha()` → valida e autentica o acesso;
- `gerenciar_acesso()` → controla a abertura/fechamento do servo;
- `ler_e_exibir_dht()` → faz leituras do DHT22 e atualiza o LCD;
- `piscar_alerta()` → gerencia o LED e buzzer quando há risco térmico.

Essa estrutura modular garante:

- fácil manutenção;
- clareza do fluxo interno;
- possibilidade de expansão (ex.: RFID, IoT, registro de logs, etc.);
- redução de falhas por sobreposição de funções.



Programação do sistema:

1. Inclusão de Bibliotecas e Instanciação do RTC

Este bloco realiza a importação das bibliotecas responsáveis pela operação dos componentes externos (sensor DHT22, LCD I2C, teclado matricial, servo e módulo RTC) e instancia o objeto do relógio de tempo real (RTC_DS1307).

Essas bibliotecas abstraem a comunicação de baixo nível, permitindo acesso simplificado às funcionalidades de hardware.

```
1  #include <DHT.h>
2  #include <Wire.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4  #include <Servo.h>
5  #include <Keypad.h>
6  #include <RTClib.h>
7
8  RTC_DS1307 rtc;
9
```


2. Definição dos Pinos do Sistema

Define os pinos digitais do Arduino utilizados pelos dispositivos conectados, tais como sensor DHT, LEDs indicadores, buzzer e servo.

Essa organização facilita manutenção e leitura do código, centralizando a configuração do hardware em um único bloco.

```
//PINOS
#define DHTPIN 2
#define LED_VERDE 5
#define LED_VERMELHO 6
#define BUZZER_PIN 7
#define SERVO_PIN 9
#define BOTAO_INTERNO 4
```

3. Declaração de Constantes Operacionais

Estabelece parâmetros fixos do sistema, incluindo:

- tipo do sensor DHT utilizado,
- limite máximo de temperatura para alertas,
- posições de abertura e fechamento do servo,
- intervalo mínimo entre leituras ambientais,
- tempo de acionamento da fechadura.

Tais constantes padronizam o funcionamento ao longo do código e permitem modificações rápidas caso parâmetros operacionais precisem ser ajustados.

```
17 // === CONSTANTES ===
18 #define DHTTYPE DHT22
19 const float TEMPERATURA_LIMITE = 28.0;
20 const int FECHADA = 0;
21 const int ABERTA = 90;
22 const long INTERVALO_LEITURA_DHT = 2000;
23 const long TEMPO_ABERTURA = 5000;
24
25 |
```

4.1. Definição das Senhas por Turno

Armazena as três senhas distintas correspondentes aos turnos “Manhã”, “Tarde” e “Noite”. O sistema utiliza essas credenciais para restringir o acesso de acordo com o horário atual, reforçando o controle de entrada baseado em turno.

4.2. Inicialização dos Objetos do LCD, Sensor DHT e Servo

Cria as instâncias que representam o display LCD I2C, o sensor termo-higrométrico e o servo da fechadura.

Esse bloco também estabelece a variável que registra o tempo da última leitura ambiental, permitindo controle temporal eficiente durante a execução.

```
25 // === SENHAS ===
26 const String senhaManha = "1234";
27 const String senhaTarde = "5678";
28 const String senhaNoite = "9012";
29
30 // === LCD E DHT ===
31 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
32 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
33 Servo fechadura;
34
35 unsigned long ultimaLeitura = 0;
```

5. Controle de Estados da

Interface e Senha Digitada

Define variáveis booleanas utilizadas para controlar a transição entre a tela de monitoramento e a tela de autenticação.

Também declara a string que armazena a senha em processo de digitação.

Esses estados garantem que o monitoramento ambiental seja suspenso durante a entrada de senha, evitando sobreposição indevida de informações no display.

```
37 // === ESTADOS ===
38 bool telaSenha = false;
39 bool digitandoSenha = false;
40
41 String senhaDigitada = "";
42
```

6. Configuração do Teclado Matricial (Keypad)

Especifica o mapa de teclas, os pinos de linha e coluna e inicializa o objeto responsável pela leitura do teclado matricial 4x4.

Esse componente atua como interface de entrada para o usuário, permitindo inserção de senhas e comandos especiais

```

43 // === KEYPAD ===
44 const byte ROWS = 4;
45 const byte COLS = 4;
46
47 char keys[ROWS][COLS] = {
48     {'1', '2', '3', 'A'},
49     {'4', '5', '6', 'B'},
50     {'7', '8', '9', 'C'},
51     {'*', '0', '#', 'D'}
52 };
53
54 byte rowPins[ROWS] = {10, 11, 12, 13};
55 byte colPins[COLS] = {A0, A1, A2, A3};
56
57 Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);

```

7. Função de Determinação de Turno Atual

Realiza a leitura do horário corrente a partir do RTC DS1307 e determina em qual turno do dia o sistema se encontra.

A função retorna uma string que identifica “MANHA”, “TARDE” ou “NOITE”, utilizada posteriormente para validar as senhas de acesso.

```

60
61 String turnoAtual() {
62     DateTime now = rtc.now();
63     int h = now.hour();
64
65     if (h >= 5 && h < 12) return "MANHA";
66     if (h >= 12 && h < 18) return "TARDE";
67     return "NOITE";
68 }

```

8. Função de Atualização do Monitoramento Ambiental

Responsável pela leitura periódica dos valores de temperatura e umidade.

Atualiza o LCD apenas quando o usuário não está digitando uma senha, preservando a integridade visual da interface de autenticação.

Também exibe mensagens distintas quando a temperatura excede o limite pré-configurado.

```

72 void atualizarMonitoramento() {
73     if (telaSenha) return; // BLOQUEIO TOTAL
74
75     float h = dht.readHumidity();
76     float t = dht.readTemperature();
77
78     if (isnan(h) || isnan(t)) {
79         lcd.setCursor(0, 0);
80         lcd.print("ERRO DHT! ");
81         return;
82     }
83
84     // Linha 0 sempre: status
85     lcd.setCursor(0, 0);
86     if (t > TEMPERATURA_LIMITE) {
87         lcd.print("ALERTA TEMP ALTA");
88     } else {
89         lcd.print("MONITORAMENTO OK");
90     }
91
92     // Linha 1 sempre: dados
93     lcd.setCursor(0, 1);
94     lcd.print("T:");
95     lcd.print(t, 1);
96     lcd.print((char)223);
97     lcd.print("C ");
98     lcd.print("U:");
99     lcd.print(h, 1);
100    lcd.print("% ");
101 }
102

```

9. Função de Renderização da Tela de Senha

Exibe a interface de digitação de senha no LCD, apresentando um cabeçalho fixo e, na linha inferior, a máscara de senha no formato “Senha: **”.

A função é invocada sempre que o usuário insere novos dígitos ou acessa o modo de autenticação.

```

105 void mostrarTelaSenha() {
106     lcd.setCursor(0, 0);
107     lcd.print("MONITORAMENTO OK"); // Linha fixa
108
109     lcd.setCursor(0, 1);
110     lcd.print("Senha: ");
111
112     for (int i = 0; i < senhaDigitada.length(); i++)
113         lcd.print('*');
114
115     // Limpa o resto
116     for (int i = senhaDigitada.length(); i < 10; i++)
117         lcd.print(' ');
118 }
119

```

10. Função de Validação da Senha

Compara a senha digitada com as senhas correspondentes aos turnos, verificando também se a tentativa está compatível com o horário atual.

Dependendo do resultado, aciona feedback visual e sonoro (LEDs e buzzer), além da abertura temporizada da fechadura em caso de sucesso.

Ao final, restaura o estado inicial da interface.

```

122 void checarSenha() {
123     String turno = turnoAtual();
124
125     bool correta =
126         (senhaDigitada == senhaManha && turno == "MANHA") ||
127         (senhaDigitada == senhaTarde && turno == "TARDE") ||
128         (senhaDigitada == senhaNoite && turno == "NOITE");
129
130     telaSenha = false;
131
132     else if (
133         senhaDigitada == senhaManha ||
134         senhaDigitada == senhaTarde ||
135         senhaDigitada == senhaNoite
136     ) {
137         lcd.setCursor(0, 0);
138         lcd.print("FORA DO TURNO!");
139         lcd.setCursor(0, 1);
140         lcd.print("Turno: ");
141         lcd.print(turno);
142         tone(BUZZER_PIN, 400, 300);
143         delay(500);
144         noTone(BUZZER_PIN);
145     }
146     else {
147         lcd.setCursor(0, 0);
148         lcd.print("SENHA INVALIDA!");
149         for (int i = 0; i < 3; i++) {
150             tone(BUZZER_PIN, 400, 120);
151             delay(200);
152         }
153         noTone(BUZZER_PIN);
154     }
155
156     senhaDigitada = "";
157     delay(1500);
158     lcd.clear();
159 }

```

11. Procedimento de Inicialização (setup)

Executado uma única vez ao ligar o dispositivo.

Responsável por:

- iniciar dispositivos externos (LCD, sensor, servo, RTC),
- configurar pinos de saída,
- fechar a fechadura,
- exibir uma mensagem inicial ao usuário.

Estabelece o ambiente funcional para o restante do código.

```
177
178 void setup() {
179     lcd.init();
180     lcd.backlight();
181
182     dht.begin();
183     fechadura.attach(SERVO_PIN);
184     fechadura.write(FECHADA);
185
186     pinMode(LED_VERDE, OUTPUT);
187     pinMode(LED_VERMELHO, OUTPUT);
188     pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
189
190     rtc.begin();
191
192     lcd.setCursor(0, 0);
193     lcd.print("PROJETO ACOUGUE");
194     lcd.setCursor(0, 1);
195     lcd.print("Iniciando...");
196     delay(1500);
197     lcd.clear();
198 }
```


12. Loop Principal do Sistema

Constitui o ciclo contínuo de execução do Arduino.

Desempenha três funções principais:

1. Atualizar o monitoramento ambiental em intervalos regulares.
 2. Capturar e interpretar pressionamentos do teclado.
 3. Controlar o fluxo entre monitoramento e autenticação conforme input do usuário.
- Garante o funcionamento contínuo e responsivo do sistema.

```
202 void loop() {
203     unsigned long agora = millis();
204
205     // Atualizar monitoramento se permitido
206     if (!telaSenha && agora - ultimaLeitura >= INTERVALO_LEITURA_DHT) {
207         atualizarMonitoramento();
208         ultimaLeitura = agora;
209     }
```

```
211 // Keypad
212 char t = keypad.getKey();
213 if (t) {
214     if (t == '*') {
215         senhaDigitada = "";
216         telaSenha = true;
217         digitandoSenha = true;
218         mostrarTelaSenha();
219     }
220     else if (t == '#') {
221         if (digitandoSenha) checarSenha();
222     }
223     else {
224         // número pressionado
225         if (!digitandoSenha) {
226             digitandoSenha = true;
227             telaSenha = true;
228             senhaDigitada = "";
229         }
230
231         senhaDigitada += t;
232         mostrarTelaSenha();
233     }
234 }
235 }
236
```


3. ENCERRAMENTO DO PROJETO

3.1. Relato Coletivo:

O grupo considera que os objetivos sociocomunitários definidos no início do projeto foram plenamente alcançados. Desde o primeiro contato com a parte interessada até a entrega final do protótipo, buscamos compreender de forma clara as necessidades reais do Açougue do Macedo, especialmente no que diz respeito à segurança do acesso à câmara fria e ao monitoramento contínuo das condições ambientais internas.

Ao longo do desenvolvimento, foi possível perceber que a solução proposta — um sistema automatizado de controle de acesso por senha vinculado ao turno de trabalho, aliado ao monitoramento de temperatura e umidade — não apenas respondia ao problema identificado, mas também apresentava potencial para melhorar significativamente a rotina de operação do local. O grupo trabalhou de maneira colaborativa, discutindo alternativas, testando funcionalidades e ajustando o sistema de acordo com as particularidades levantadas nas visitas e conversas com o encarregado.

Além disso, o projeto proporcionou ao grupo a experiência de aplicar conhecimentos de programação, eletrônica e prototipagem em uma situação prática de impacto real, fortalecendo o compromisso com a construção de uma solução acessível, funcional e alinhada às normas sanitárias que regem o setor de alimentos. Dessa forma, avaliamos que o projeto cumpriu o papel sociocomunitário proposto, contribuindo para maior segurança, organização e prevenção de falhas na conservação dos produtos da câmara fria.

3.1.1. Avaliação de reação da parte interessada

Ao final da apresentação do protótipo, foi solicitado um breve retorno sobre a experiência e sobre a utilidade do sistema desenvolvido. A parte interessada expressou satisfação imediata, afirmando que o sistema **“seria uma grande ajuda e está bem desenvolvido”**. Essas impressões refletem não apenas o reconhecimento da qualidade técnica do projeto, mas também o entendimento de seu impacto na rotina de trabalho.

Assim como observado no projeto anterior usado como referência, a parte interessada valorizou o esforço do grupo em compreender a realidade do ambiente, identificar o problema e propor uma solução coerente e eficaz. Com isso, considera-se evidente que o sistema atendeu às expectativas e cumpriu os objetivos sociocomunitários definidos no início do desenvolvimento.

3.2. Relato de Experiência Individual

Matheus De Carvalho Klowaski:

Minha participação no desenvolvimento deste projeto foi uma das experiências mais importantes que tive até agora dentro do curso de Ciência da Computação. Esse projeto exigiu que eu lidasse diretamente com hardware, sensores e programação embarcada no Arduino, o que para mim foi uma novidade desafiadora e, ao mesmo tempo, muito enriquecedora.

Ao longo das etapas, pude explorar de forma prática bibliotecas como **DHT.h**, **Keypad.h**, **LiquidCrystal_I2C.h**, **Servo.h** e o módulo de tempo real **RTCLib**, entendendo como cada uma delas influencia no funcionamento de um sistema físico real. Trabalhar com o controle de acesso por senha e com o monitoramento de temperatura e umidade me fez perceber como pequenos detalhes — como o tempo de leitura do sensor, o bloqueio da tela durante a digitação da senha ou a sincronização do relógio — podem impactar diretamente na segurança e na experiência do usuário final.

Assumir a responsabilidade pela parte lógica do código e pela montagem do circuito no Wokwi também foi um desafio. Em vários momentos, enfrentei erros que me deixaram travado por horas, como o comportamento incorreto do display ou a validação de turno que não funcionava corretamente. No entanto, cada dificuldade me ajudou a aprender mais sobre depuração, organização do código e integração de módulos diferentes. A sensação de ver o sistema funcionando, abrindo a fechadura no turno certo, exibindo alertas no LCD e detectando temperatura alta me trouxe uma satisfação que reafirmou a importância de persistir.

Trabalhar em equipe com meus colegas foi essencial para o andamento do projeto, porque cada um contribuiu com diferentes habilidades e pontos de vista, o que tornou o processo mais leve, colaborativo e eficiente.

De forma geral, encaro essa experiência como um passo importante na minha formação. Aprendi novas ferramentas, desenvolvi mais segurança na programação de microcontroladores e senti que contribuí verdadeiramente para um projeto com relevância prática. Saio deste trabalho motivado a continuar aprimorando meus conhecimentos em sistemas embarcados e automação, buscando sempre acompanhar as tecnologias que estão surgindo no mercado.

Gabriel Oliveira Gomes da Silva

A experiência de participar deste projeto extensionista foi bastante enriquecedora, tanto no sentido técnico quanto pessoal. Desde o início, ficou claro que estávamos lidando com um problema real e relevante para o Açougue do Macedo, o que tornou o desenvolvimento mais motivador. Minha principal responsabilidade foi colaborar na programação e na integração dos componentes do sistema, especialmente na parte relacionada ao controle de acesso utilizando o keypad, a lógica de validação das senhas e o acionamento da fechadura eletrônica via Arduino.

Ao longo das semanas, percebi o quanto aplicar na prática aquilo que aprendemos em sala faz diferença no entendimento dos conteúdos. Tive contato direto com conceitos que antes eu só via de forma teórica, como leitura de sensores, uso de bibliotecas, integração de módulos e testes em protótipo. Também foi encontrado dificuldades, principalmente na parte de lógica do código e no tratamento dos dados do sensor DHT22, mas essas etapas foram essenciais para crescimento. Muitas vezes foi necessário revisar o código, testar diferentes abordagens e pedir apoio aos colegas, o que reforçou a importância do trabalho em grupo.

Outro ponto positivo foi a relação com a parte interessada. As conversas com o responsável da câmara fria ajudaram a entender melhor o contexto real do uso do sistema e a ajustar nossas decisões para algo realmente útil para o estabelecimento. Isso me trouxe uma visão mais clara de como a tecnologia pode ser aplicada de forma prática e responsável no dia a dia de uma empresa.

No geral, considero que essa experiência contribuiu significativamente para o meu desenvolvimento acadêmico. Aprendi a lidar melhor com problemas técnicos, a organizar meu tempo de trabalho e a me comunicar de forma mais clara dentro da equipe. O projeto me deu mais confiança para desenvolver soluções envolvendo microcontroladores e mostrou a importância da extensão universitária como ponte entre o aprendizado e as necessidades da comunidade.

Sinto que evolui bastante durante o processo e saio com a certeza de que essa vivência será útil para os próximos desafios da graduação e da área profissional.

Fellipe Carlos Oliveira de Lima

A participação neste projeto extensionista representou uma oportunidade significativa para aprofundar meu contato com microcontroladores, algo que antes ocorria apenas por curiosidade pessoal. Eu já havia experimentado alguns componentes e montagens de forma espontânea, principalmente por interesse próprio, mas sem um direcionamento definido. No entanto, trabalhar em um projeto com um objetivo concreto transformou completamente a maneira como compreendi e utilizei esses dispositivos.

Ao longo do desenvolvimento, percebi como a existência de uma meta clara influencia diretamente no aprendizado. Diferentemente das minhas experiências anteriores, em que eu explorava microcontroladores apenas por diversão, aqui foi necessário compreender suas aplicações dentro de um contexto real e funcional. Essa mudança de perspectiva ampliou minha capacidade de enxergar os microcontroladores não apenas como objetos de experimentação, mas como ferramentas capazes de resolver problemas reais.

O projeto também contribuiu de forma expressiva para o meu aprendizado na disciplina de Programação de Microcontroladores. A prática envolvida no processo permitiu consolidar conteúdos vistos em sala, além de reforçar conceitos fundamentais sobre funcionamento de

sensores, controle lógico e integração de módulos. Trabalhar com um propósito definido facilitou a assimilação dos conhecimentos e tornou o estudo mais significativo.

De modo geral, encaro esta experiência como um marco importante na minha formação. O projeto me deu a oportunidade de aplicar e organizar de forma mais sólida aquilo que antes era apenas exploração informal. Além disso, ofereceu uma nova forma de olhar para os microcontroladores: não só como um interesse pessoal, mas como uma tecnologia com grande potencial de impacto prático. A vivência reforçou minha motivação para continuar estudando sistemas embarcados e aprofundar meu domínio nessa área.

Referências:

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. *Getting Started with Arduino*. Maker Media, 2014.
ADAFRUIT INDUSTRIES. *DHT Sensor Library for Arduino*. 2019.
ARDUINO PLAYGROUND. *Keypad Library Documentation*. 2011.
COSTA, Rodrigo. *Introdução à Internet das Coisas: Fundamentos e Aplicações*. 2018.