

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO
Técnico em Eletrotécnica

Marcus Vinícius Sbrissa
Matheus Teixeira Mallo
Moisés dos Santos Lopes
Ricardo Belentani
Ronaldo Gomes de Sá

PORTA DE SEGURANÇA ELETRÔNICA (ELECTROFIX)

São José do Rio Preto
2024

**Marcus Vinícius Sbrissa
Matheus Teixeira Mallo
Moisés dos Santos Lopes
Ricardo Belentani
Ronaldo Gomes de Sá**

PORTA DE SEGURANÇA ELETRÔNICA (ELECTROFIX)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletrotécnica da Etec Philadelpho Gouvêa
Netto, orientado pelo Prof. Mario Kenji
Tamura, como requisito parcial para
obtenção do título de Técnico em
Eletrotécnica.

**São José do Rio Preto
2024**

DEDICATÓRIA

“Dedicamos este trabalho, primeiramente, a Deus, que sempre nos protegeu e iluminou o nosso caminho. Também o dedicamos aos nossos familiares e amigos verdadeiros, que sempre nos apoiaram a buscar os nossos objetivos e a realizar os nossos sonhos: mesmo diante das adversidades, sempre sabíamos que poderíamos contar com eles.”

AGRADECIMENTOS

“Agradecemos, primeiramente, a Deus, que nos deu força para continuar, mesmo nos momentos mais difíceis. Também agradecemos aos nossos professores, que nos apoiaram durante toda essa jornada até aqui, pois sem eles nada disso seria possível. Por fim, agradecemos também aos nossos familiares e amigos, que nos apoiaram e continuando apoiando desde sempre.”

“A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado, enquanto a imaginação abraça o mundo inteiro, estimulando o progresso, e dando origem à evolução”

Albert Einstein

RESUMO

Este projeto tem o objetivo de desenvolver uma porta de segurança eletrônica, utilizando vários dispositivos integrados, que serão controlados por um micro-controlador do tipo ESP32. Para tanto, realizou-se um levantamento dos vários dispositivos e módulos eletrônicos compatíveis com esse micro-controlador, onde foi constatado que realmente existe uma grande variedade desses componentes disponíveis no mercado atualmente, como, por exemplo, alarmes, sensores e câmeras. Espera-se que seja possível interconectá-los, todos juntos, na porta, criando assim um único sistema de segurança integrado.

Considera-se, também, neste trabalho, um levantamento dos diversos materiais utilizados na fabricação de portas, tanto residenciais como comerciais, a fim de confirmar quais são os mais resistentes entre eles, os quais, porventura, poderão ser utilizados na fabricação do protótipo.

Enfim, tem-se a finalidade de criar uma porta de segurança reforçada, que dificulte ao máximo o acesso de indivíduos não autorizados, em quaisquer estabelecimentos, sejam eles residenciais ou comerciais.

Palavras-chave: Porta. Sistemas de Segurança. ESP32. Micro-controlador.

ABSTRACT

This project has the objective to develop a security electronic door, using many integrated devices, which all them will be controlled by a microcontroller of the type ESP32. To do this, was made a research of the many electronic devices and modules compatible with this microcontroller, and it was discovered that really exists a great variety of those components that are available in the market these days, like, for example, alarms, sensors and cameras. Hope to be possible to connect, all of them together, in a door, creating, like this, a unique integrated security system.

It was considered, as well, in this paper, a research of the several materials used in door's prodution, from residencials to comerciales as well, to confirm which ones are the most resistant and, in time, they could be utilized in the prototype's manufacturing.

In the end, this project has the goal to create a reinforced security door, that could impose the most difficult acess of non-authorized individuals, in any establishment, been residencial or comercial.

Key-words: Door. Security Systems. ESP32. Microcontroller.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Conhecendo os principais componentes de uma porta.....	9
1.2 Quais os principais tipos de materiais para portas	11
1.3 Como escolher as melhores fechaduras para portas	15
1.4 Quais os principais tipos de portas.....	17
1.5 Como deixar as portas mais seguras para residências?	20
1.5.1 Invista em boas fechaduras e trancas	20
1.5.2 Coloque sensores magnéticos nas portas	20
1.5.3 Prefira portas de metal	21
1.5.4 Deixe as portas bem iluminadas	21
2 DESENVOLVIMENTO.....	22
2.1 Sistemas propostos.....	22
2.2 Componentes do projeto.....	22
2.2.1 Micro-controlador.....	22
2.2.2 Escolha do micro-controlador.....	23
2.2.3 Componentes das travas.....	23
2.2.4 Componentes do alarme.....	32
2.3 Funcionamento das travas elétricas.....	35
2.3.1 Descrição geral do funcionamento das travas (parte elétrica).....	35
2.3.2 Funcionamento dos componentes mecânicos das travas.....	36
2.3.3 Autorização de acesso para abertura da porta.....	37
2.4 Funcionamento do sistema de alarme.....	42
2.4.1 Acionamento do sistema de alarme	42
2.5 Fontes de alimentação	44
2.6 Diagrama Unifilar	45
2.7 Código de programação para o ESP32	46
2.8 Imagens do protótipo	55
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
3.1 Conclusões	61

1 INTRODUÇÃO

Figura 01 – Renderização de porta de cofre de banco por Vecteezy.



Fonte: Fotos de banco de imagens por Vecteezy

Este projeto se propõe a desenvolver uma porta de segurança residencial/comercial, inspirada nas portas de cofre, utilizadas principalmente em bancos, conforme mostrado na figura 01 acima. Para isso, serão integrados sistemas de segurança como travas elétricas e sistemas de alarme, utilizando-se de componentes compatíveis com o microcontrolador ESP32. Será utilizada uma porta de madeira maciça como plataforma para a instalação dos sistemas, devido a madeira ser um material bem resistente, além de um isolante elétrico natural (perfeito para a passagem de um circuito). A madeira também é um material relativamente fácil de ser usinado (os fios e dispositivos ficarão embutidos na porta e para isso será necessário realizar vários rasgos e recortes na estrutura da porta).

Inicialmente, vamos analisar as várias partes que compõem uma porta residencial/comercial normal, bem como alguns componentes e dispositivos que podem ser instalados nela, com a finalidade de aumentar sua segurança.

1.1 Conhecendo os principais componentes de uma porta

As portas precisam de alguns **componentes essenciais** para garantir uma boa fixação e principalmente para melhor eficácia em sua utilidade. Escolher o conjunto certo pode ser um grande desafio, pois além de garantir segurança e privacidade, uma boa composição de peças pode auxiliar no conforto térmico e acústico dos cômodos da casa, também pode garantir maior durabilidade, facilidade na limpeza, além de harmonizar com os espaços dando um toque simples e diferenciado na decoração.

Na parte de dentro da casa, é comum haver uma maior diversidade de modelos de composições, visto que há uma maior liberdade de escolhas por parte do morador. Para cada cômodo é possível escolher tipos de portas adequados com peças que combinem com a decoração. O ideal é combinar os materiais da porta com os da janela e até mesmo com os outros móveis do espaço. A escolha da maçaneta, por exemplo, é um ponto importante para dar o estilo certo ao espaço. Para entender melhor cada componente e sua importância, vamos conhecer os principais componentes de uma porta:

Figura 02 – Índice ilustrativo das partes de uma porta.



Fonte: <https://www.turen.com.br/conheca-os-componentes-de-uma-porta>

Batente: Também chamado de "marco da porta", o batente é a "moldura" da porta, onde a folha é fixada. Para garantir a sustentação da folha, o batente é chumbado na parede, dando estrutura para o conjunto e possibilitando a abertura e fechamento da folha da porta.

Guarnição: Também utilizada para dar acabamento, a guarnição é a parte de fora do batente da porta. Em geral, possuem a mesma altura dos batentes, mas podem ter formatos diferenciados que permitem criar diversos tipos de acabamentos.

Folha: É a parte que separa os ambientes, que comumente chamamos de porta.

Negativo: É o modelo de relevo e/ou decoração da folha da porta. Um modelo de folha liso e sem negativos, pode ser super moderno também e gerar um ar de sofisticação ao ambiente. Mas este item geralmente fica esquecido, e pode mudar todo o ambiente, com traços que podem combinar com os móveis.

Borracha Amortecedora: Também conhecida como borracha de vedação, este item é um detalhe essencial para amortecer a porta, conservando todo o conjunto. Além disso, ajuda na vedação para diminuir ruídos externos e até passagem de ar.

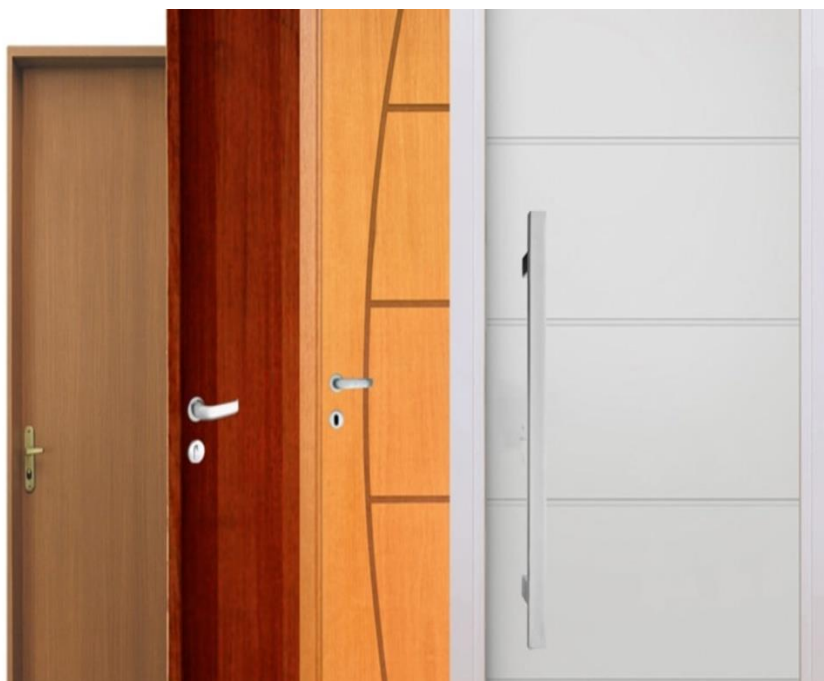
Dobradiças: São fixadas no batente e na folha para permitir que se possa abrir ou fechar a porta. Existem tamanhos e espessuras diferentes de dobradiças, conforme o tipo de folha utilizado. Portas mais pesadas necessitam de dobradiças mais reforçadas e lubrificação periódica, evitando desgaste e o famoso rangido de portas.

Fechaduras: As fechaduras podem ser encontradas em muitos modelos e materiais, atendendo todos os gostos e necessidades. O aspecto funcional delas pode mudar de um modelo para o outro, portanto é importante observar que existem fechaduras que são mais indicadas para alguns tipos específicos de portas. Em geral, todas cumprem a sua função, mas optar por materiais mais resistentes para portas externas pode ajudar na segurança. Para áreas internas, o fator estética pode ser mais importante.

Puxadores: Os puxadores também podem ser encontrados em muitos modelos. Dependendo do tipo da porta, alguns modelos de puxadores são mais adequados. A regra é parecida com as fechaduras, ou seja, puxadores mais resistentes são indicados para as portas externas por questões de segurança. Vale lembrar que os puxadores são comuns para portas de entrada como da sala e cozinha, não sendo comum seu uso em todas as **portas internas**.

1.2 Quais os principais tipos de materiais para portas

Figura 03 – Portas de diferentes tipos de materiais



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

As portas têm grande importância para valorizar uma casa ou apartamento. Entretanto, mais do que isso, elas devem oferecer funcionalidade e conforto seja em ambientes internos ou externos.

Por isso, é fundamental entender as características próprias de cada material, bem como suas vantagens ou desvantagens.

➤ **Madeira**

Figura 04 – Exemplo de porta de madeira.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São considerados os modelos favoritos para o lar. Muito utilizadas para portas interiores ou exteriores, são encontradas em uma ampla gama de desenhos, variando de opções modernas às clássicas.

Os preços sofrem bastante variação conforme o tipo de material, o tamanho da porta, sua espessura e o desenho aplicado. Devem receber acabamentos impermeabilizantes se utilizadas como portas externas.

➤ **Aço**

Figura 05 – Exemplo de porta de aço.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

Ótimas para exteriores, já que garantem excelente resistência à ação do tempo. Demandam manutenção contínua para que não fiquem com aspecto ultrapassado. São imponentes e muito seguras.

Seu preço é considerado elevado com relação aos outros modelos. Quando instaladas em cidades litorâneas, devem receber cuidado redobrado devido à possibilidade de oxidação no contato com a maresia.

➤ **Vidro**

Figura 06 – Exemplo de porta de vidro.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São ótimas para a instalação no exterior, sendo muito comuns em estabelecimentos comerciais. Podem ser encontradas em modelos temperados ou em vidro laminado, garantindo maior resistência. Quando utilizadas nos lares, proporcionam a sensação de leveza e elegância.

➤ **PVC**

Figura 07 – Exemplo de porta de PVC.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

Versáteis, as portas de PVC podem ser produzidas em modelos exclusivos e oferecem ótima resistência às intempéries, o que garante sua utilização no interior ou

exterior da casa. Sua manutenção e instalação são simples e oferecem elegância ímpar em seu acabamento.

➤ **Alumínio**

Figura 08 – Exemplo de porta de alumínio.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

Estes modelos são muito utilizados em portas exteriores, como em cozinhas ou varandas. São de ótima resistência e durabilidade, sendo perfeitas para cidades litorâneas, já que não são afetadas pela maresia.

Proporcionam conforto térmico e são encontradas em um preço relativamente baixo comparada aos outros modelos. Entre as desvantagens estão o possível desconforto acústico, já que não bloqueiam sons externos.

1.3 Como escolher as melhores fechaduras para portas

Se portas são sinônimos de segurança, as fechaduras são imprescindíveis para garantir isso. Entre os principais tipos, estão:

Fechaduras com mola: Não são tão resistentes e devem ser opção para portas no interior da casa.

Figura 09 – Exemplo de fechadura com mola.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

Fechadura com padrão deadbolt: São mais fortes do que as fechaduras de mola e podem ser consideradas para portas externas.

Figura 10 – Exemplo de fechadura com padrão deadbolt.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

Fechaduras com bloqueio vertical e duplo cilindro: São quase inquebráveis e excelentes para garantir total proteção ao seu lar. Perfeitas para portas externas e espaços comerciais.

Figura 11 – Exemplo de fechadura com bloqueio vertical e duplo cilindro.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

1.4 Quais os principais tipos de portas

Além do tipo de material utilizado para a confecção das portas, é importante conhecer os modelos de portas disponíveis no mercado para garantir que sua escolha seja a mais assertiva o possível.

Porta camarão

Figura 12 – Porta com abertura tipo camarão.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São também conhecidas como portas articuladas e trabalham em dobras que deslizam a partir de trilhos. Os modelos mais comuns são desenhados em duas ou três partes.

De abrir

Figura 13 – Porta “de abrir” comum.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São os modelos mais comuns de portas e podem ser facilmente instaladas tanto dentro, quanto fora de casa.

Duplas

Figura 14 – Porta de folhas duplas.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São similares às portas de abrir, mas contam com duas folhas, garantindo maior espaço para a passagem das pessoas.

Corrediças (deslizantes)

Figura 15 – Porta corrediça ou deslizante.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São excelentes para garantir importante ganho de espaço no interior de casa, podendo ser utilizadas para integrar ambientes. São ótimas tanto para o interior, quanto para o exterior da casa.

Pivotante

Figura 16 – Porta pivotante.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São semelhantes às portas comuns, mas sua abertura é realizada por pinos instalados nos batentes, o que confere uma abertura mais elegante.

Sanfonada

Figura 17 – Porta sanfonada.



Fonte: <https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

São desenhadas em diversas folhas que se retraem sem precisar de angulação para a abertura, o que garante ótimo ganho de espaço no ambiente onde está instalada.

1.5 Como deixar as portas mais seguras para residências?

Prestar atenção em todos os detalhes da sua casa que os criminosos possam enxergar como oportunidades para roubos é fundamental para livrar-se de vulnerabilidades e garantir a segurança da sua família. Assim, investir em portas seguras para residências faz toda a diferença para manter essas ameaças longe.

Muitas vezes, na hora de escolher as portas para o seu lar, há quem priorize a beleza e acabamento desse item, deixando a segurança que ela deveria proporcionar em segundo lugar. Porém, do que adianta ter lindas portas na sua casa se elas forem facilmente arrombadas por pessoas mal-intencionadas, não é mesmo?

Para driblar esse problema, o ideal é adotar ferramentas que dificultem a entrada de indivíduos não autorizados. Quer saber quais? Confira neste post, como deixar as suas portas mais seguras!

1.5.1 Invista em boas fechaduras e trancas

Apesar de parecer óbvio, ainda existem pessoas que ignoram esse fator. No entanto, quando o assunto é segurança é imprescindível investir em fechaduras e trancas de qualidade. Tenha em mente que esse é um quesito em que não vale a pena economizar. Para a porta de entrada, prefira fechaduras com chave treta, que têm quatro segredos e são consideradas as mais seguras do mercado.

Você também pode encontrar modelos de fechaduras elétricas com segredo ou sistemas de senha eletrônica, que permitem a entrada apenas das pessoas que têm o código a ser informado. O bom funcionamento desse recurso requer uma empresa de qualidade para instalá-lo de forma eficaz.

1.5.2 Coloque sensores magnéticos nas portas

O alarme magnético é uma das soluções mais indicadas para complementar a segurança de portas e janelas. Geralmente, ele tem um ímã que mantém tudo fechado enquanto a porta está fechada. Se ela for aberta, o contato ativa um sinal que automaticamente aciona a central de controle.

Basicamente, há três tipos de sensores magnéticos. São eles:

- sensor magnético aparente: apropriado para janelas e portas de vidro;
- sensor magnético de embutir: indicado para janelas e portas de madeira;
- sensor magnético metálico: recomendado para as portas de enrolar, de materiais mais pesados e resistentes.

Portanto, a sua escolha deve se feita com base nas características das portas da sua residência.

1.5.3 Prefira portas de metal

Mais resistentes contra tentativas de arrombamentos, as portas de metal são uma boa solução para adicionar segurança ao seu lar. Isso porque elas são bem mais resistentes do que os materiais comuns, como madeira e vidro.

Não se preocupe quanto à aparência da porta de metal, pois existem diversos modelos com design sofisticado, logo é possível deixar a casa segura e bonita ao mesmo tempo.

1.5.4 Deixe as portas bem iluminadas

Uma das situações mais chatas ao chegar em casa à noite é se deparar com uma entrada escura, não é verdade? Além da insegurança que naturalmente nos assombra quando chegamos tarde em casa, ainda temos que tentar destrancar a fechadura de primeira.

Para deixar a entrada da sua casa mais segura, reforce a iluminação do lado de fora da porta. Opte pelas lâmpadas com sensores eletrônicos, que evitam o gasto excessivo de energia e acendem apenas quando você se aproxima da porta.

Com as ferramentas citadas aqui é possível tornar as portas seguras para residências, mas para aumentar a proteção da sua família e bens físicos também é recomendado **aderir a um bom sistema de segurança**, que **monitore** o ambiente por meio de câmeras e alarmes, que inibem ações criminosas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sistemas propostos

Neste projeto, foi previsto o desenvolvimento dos seguintes sistemas de segurança para serem instalados na porta:

- **Travas elétricas**
- **Sistema de alarme**
- **Monitoramento com câmera wi-fi**
- **Controle de acesso com leitor biométrico**

Destes sistemas, não foi possível apenas integrar o monitoramento via câmera wi-fi, devido falta de tempo e também porque atingimos o limite de memória interna do ESP32 (o código de programação da câmera ESP32cam é muito extenso e os sistemas de travas elétricas, alarme e leitor biométrico comprometeram cerca de 83% da capacidade máxima de memória do ESP32).

2.2 Componentes do projeto

2.2.1 Microcontrolador

Para este projeto foram considerados dois microcontroladores: Arduíno Uno e Expressif ESP32:

Figura 18 – Microcontrolador Arduíno Uno



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

➤ Motor de passo

O motor de passo é o componente principal responsável por movimentar o mecanismo da trava. Ao girar em sentido horário e anti-horário, esse motor consegue realizar o travamento/destravamento da porta. Nesse projeto foi escolhido o motor de passo Nema 17 da Vurtz Modelo VZS1740-042-0404, que possui as seguintes características técnicas:

- Modelo: VZS1740-042-0404
- Marca: Vurtz
- Padrão: Nema 17 - Bipolar
- Tensão de operação: 12V
- Corrente por fase: 0,4A
- Torque: 4.2 Kgf.cm
- Quantidade de fios: 04
- Ângulo de passo: $1,8^\circ$ ($\pm 5\%$)
- Resistência por fase (Ω /Phase): $30 \pm 10\%$
- Indutância (mH/Phase): $60 \pm 20\%$
- Peso: 0.3 kg

Figura 20 – Motor de passo Nema 17 da Vurtz Modelo VZS1740-042-0404



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

➤ Driver para motor de passo TB6600

O driver para motor de passo é o componente responsável por controlar o motor de passo (um microcontrolador não consegue controlar esse tipo de motor diretamente, por isso ele precisa de um driver como esse). Nesse projeto foi utilizado o driver para motor de passo da Toshiba Modelo TB6600, que possui as seguintes características técnicas:

- Tensão de alimentação: 10V a 45V DC
- Tensão lógica: 3,3 a 5V DC
- Corrente de pico: 4A fase
- Resoluções de passo: 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 e 1/32
- Proteção contra surtos de corrente e tensão
- Controle de passo e direção
- Dimensões: 96mm x 56mm x 35mm
- Peso: 120g.

Figura 21 – Driver para motor de passo da Toshiba Modelo TB6600.



Fonte: Próprio Autor em 20/05/2024.

➤ Engrenagem

Engrenagem ou pinhão é o componente responsável por transferir a força do eixo do motor para a cremalheira, movimentando-a. Nesse projeto foi utilizada a engrenagem de módulo 01 produzida pela empresa TECMAF, que possui as seguintes características técnicas:

- Componente: Engrenagem/Pinhão
- Módulo: 1
- Quantidade de Dentes: 15
- Material: Aço 1045
- Passo: 3,14mm
- Altura do dente: 2,16mm
- Diâmetro primitivo: 15mm
- Diâmetro externo: 17mm
- Diâmetro furo: 6mm
- Diâmetro máximo permitido furo: 10mm

Figura 22 – Engrenagem de aço vista de 3 ângulos diferentes



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024.

➤ Cremalheira

A cremalheira é o componente que se moverá ao receber indiretamente a força do motor, essa força é transferida para a mesma através dos dentes da engrenagem. A cremalheira possui um movimento linear, que pode ser da esquerda para a direita ou da direita para esquerda (seguindo a orientação de giro do motor de passo, sendo esse movimento horário ou anti-horário). Ao se mover, a cremalheira movimenta o eixo linear, que está acoplado junto a ela, realizando o travamento da porta. Nesse projeto foi utilizado uma cremalheira reta de módulo 1, com 10cm de comprimento, produzida pela empresa TECMAF, com as seguintes características técnicas:

- Componente: Cremalheira
- Módulo 1
- Altura: 15mm
- Largura: 15mm
- Comprimento: 100mm (10cm)
- Material: Aço 1045
- Passo: 3,14mm
- Altura do dente: 2,16mm
- Peso Barra: 3,2 kg (Barra completa com 2 metros de comprimento).
- Fornecimento somente em barras de 2 metros e sem furação.

Figura 23 – Cremalheira de aço módulo 1 com 10cm de comprimento



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024.

Figura 24 – Cremalheira de aço módulo 1 mostrando o furo de encaixe do eixo linear de 8mm



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024.

➤ **Eixo linear**

O eixo linear está sendo utilizado nesse projeto como pino de travamento. Ele será instalado na folha da porta e, quando a trava for acionada, ele será inserido em uma furação no batente da mesma, realizando o travamento. O eixo estará acoplado na cremalheira e se movimentará junto com ela como um objeto único. Seguem abaixo as informações técnicas do eixo linear utilizado:

- Eixo Linear Retificado e Cromado
- Diâmetro do eixo: 8mm
- Comprimento: 220mm (22cm)

Figura 25 – Eixo linear retificado e cromado de 8mm de diâmetro e 22cm de comprimento.



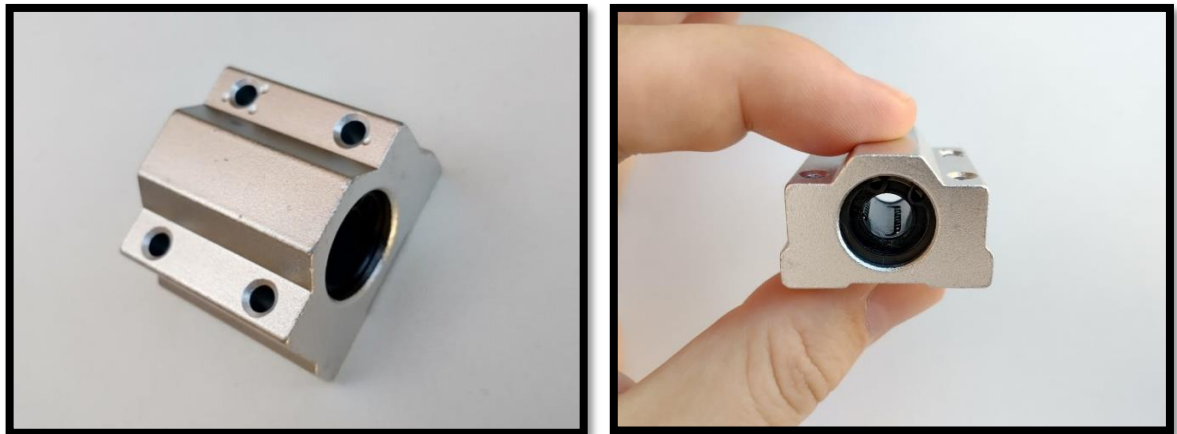
Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

➤ **Pillow Block – Rolamento linear**

O pillow block (rolamento linear) é o componente responsável por fixar e orientar o movimento do eixo linear. Ele permite a movimentação do eixo sem muita resistência, possibilitando que a trava da porta possa abrir e fechar com frequência, por muito tempo, e sem muito desgaste.

- Componente: Pillow Block (Rolamento linear)
- Modelo: SC8UU
- Diâmetro para eixo: 8mm
- Carga dinâmica C: 274N
- Carga estática Co: 392N

Figura 26 – Pillow Block (rolamento linear) para eixo de 8mm.



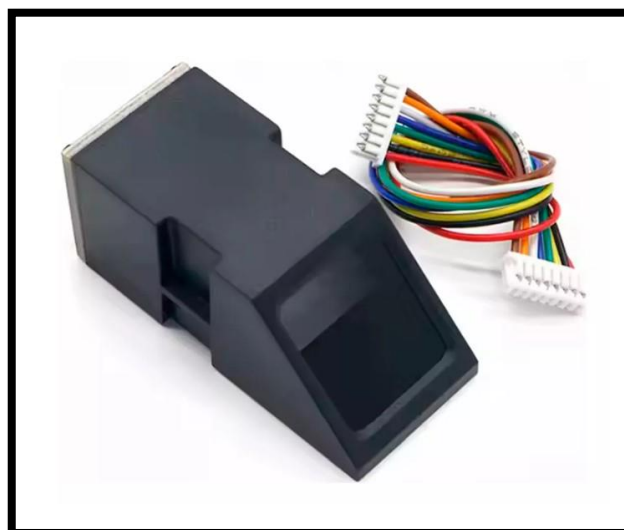
Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

➤ **Leitor Biométrico AS608**

O leitor biométrico é um componente que permite o registro de impressões digitais no seu banco de dados interno. Após o cadastramento dessas impressões digitais, podemos utilizar elas como forma de autorizar o destravamento da porta. Nesse projeto, utilizados o leitor biométrico AS608, que possui as seguintes características técnicas:

- Modelo: AS608
- Capacidade de armazenamento: 300 impressões digitais.
- Tensão de alimentação: DC 3.3V
- Corrente de alimentação: < 120mA
- Pico de corrente: < 140mA
- Arquivo principal: 256 bytes
- Arquivo de modelos: 512 bytes
- Nível de segurança: 3 (do mais baixo para o mais alto: 1, 2, 3, 4, 5)
- Taxa de falsa aceitação (FAR): < 0,001% (nível de segurança 3)
- Taxa de falsa rejeição (FRR): < 1,0% (nível de segurança 3)
- Comunicação baud rate (UART): 57600bps
- Temperatura funcionamento: -20°C - +50°C
- Dimensões (C x L x A): 50 x 20 x 20mm

Figura 27 – Leitor Biométrico AS608



Fonte: Próprio Autor em 01/06/2024

2.2.4 Componentes do alarme

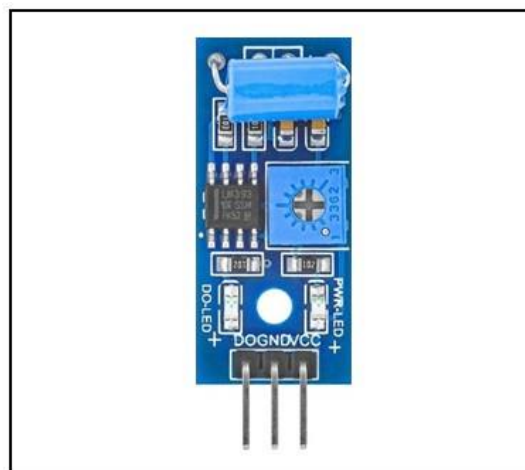
➤ Sensor de vibração SW-420

O sensor de vibração SW-420 é o componente responsável por detectar impactos sofridos pela porta (impactos causados por tentativas de arrombamento, por exemplo). Qualquer impacto gera vibrações e quando esse sensor digital detecta essas vibrações, ele emite um sinal de nível lógico alto (high), que será transmitido para o micro-controlador ESP32, esse sinal permanecerá assim (high) até que a vibração termine, quando então o sensor altera para o nível lógico baixo (low). Dessa forma, fomos capazes de medir a intensidade dos impactos, levando em consideração a duração dos mesmos (impactos mais fortes tem duração de vibração maior). Nos testes realizados, constatamos que impactos normais tem duração de no máximo 20.000 microssegundos e impactos mais fortes tiveram duração inicial na casa de 38.000 microssegundos, chegando até a 64.000 microssegundos. Por isso, na programação, o alarme foi configurado para ser acionado ao serem detectadas vibrações de duração superior a 30.000 microssegundos.

Características técnicas do sensor de vibração SW-420:

- Tensão de operação: de 3,3V até 5V
- Corrente de trabalho: 15mA
- Formato do sinal de saída: Digital (0 - 1)

Figura 28 – Sensor de vibração SW-420.



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

➤ Módulo buzzer passivo

O módulo buzzer passivo é o componente responsável por tocar o som do alarme, quando o mesmo for acionando pelo microcontrolador ESP32. Neste projeto foi utilizado um módulo buzzer genérico, com as seguintes especificações técnicas:

- Módulo Buzzer Passivo
- Tensão de trabalho: 3,3 a 5V
- Frequência: 2k a 5k
- Dimensões: 33mm x 13mm x 10mm

Figura 29 – Módulo buzzer passivo.



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

➤ **Módulo regulador de tensão (step down)**

O módulo regulador de tensão (step down) é o componente responsável por reduzir a tensão de alimentação da fonte principal DC que é de 12V para 3,3V ou 5V que são as tensões de trabalho do sensor de vibração SW-420, do módulo buzzer passivo e do leitor biométrico. Apesar de ser possível alimentar esses componentes com 3,3V utilizando o próprio microcontrolador ESP32, isso não é recomendado pois as correntes de alimentação desses dois dispositivos são superiores à suportada pelas portas do ESP32 (com o tempo, a alimentação direta poderia danificar as portas).

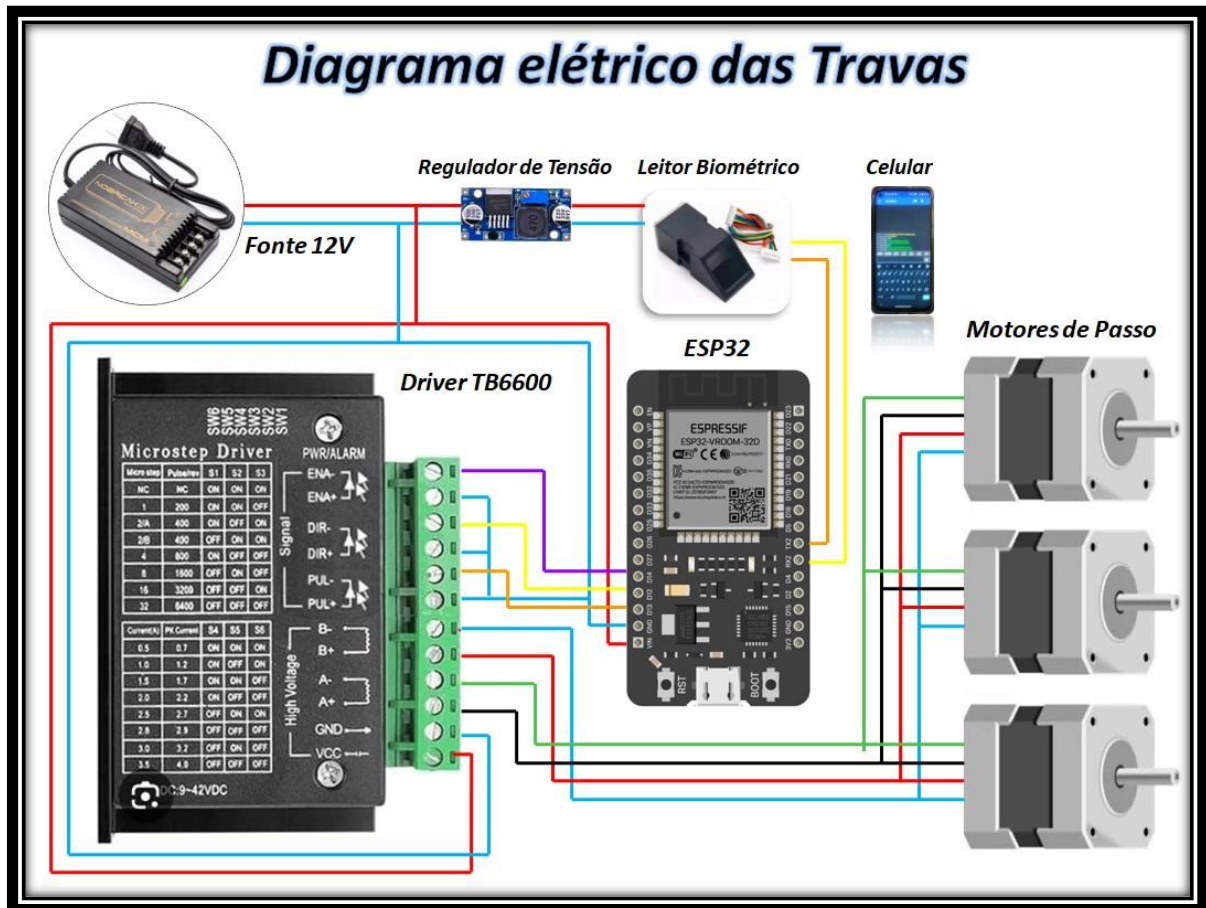
Figura 30 – Módulo regulador de tensão (step down).



Fonte: Próprio Autor em 22/05/2024

2.3 Funcionamento das travas elétricas

Figura 31 – Diagrama elétrico das travas.



Fonte: Próprio Autor em 10/05/2024

2.3.1 Descrição geral do funcionamento das travas (parte elétrica).

As travas possuem componentes elétricos e mecânicos. Inicialmente, vamos analisar o funcionamento dos componentes elétricos:

O microcontrolador ESP32 é o responsável por receber as mensagens enviadas via Bluetooth, a partir do aplicativo Serial Bluetooth Terminal, instalado e configurado no celular. Caso a senha de abertura informada via bluetooth esteja correta, conferindo com a que foi previamente cadastrada no código de programação, o ESP32 iniciará o funcionamento dos motores de passo, que são os responsáveis por executar a abertura e fechamento das travas da porta. Como o ESP32 não consegue

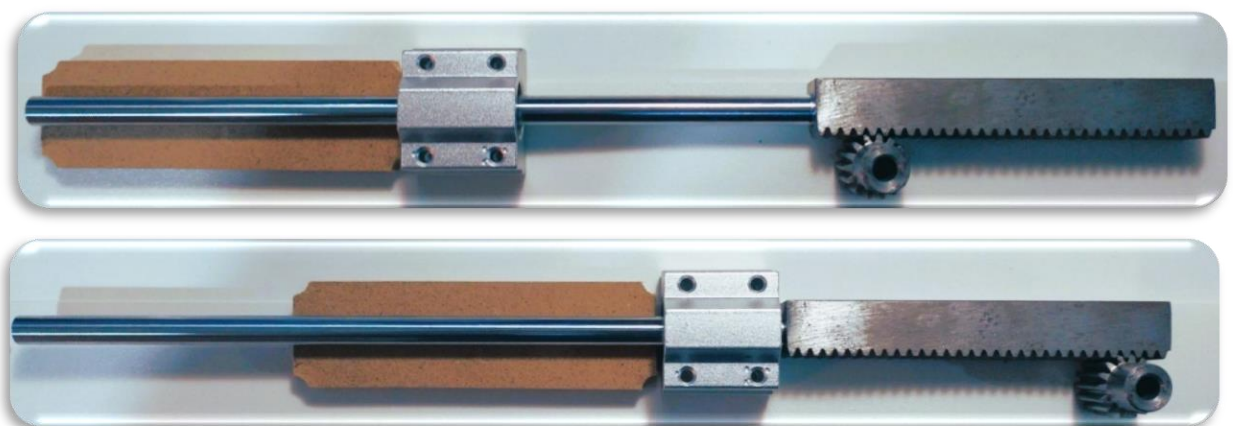
acionar diretamente com os motores de passo, ele envia o comando para o driver TB6600, que transfere o comando para os motores.

A abertura das travas também pode ser realizada através do leitor biométrico AS608. Nesse caso, quando uma digital cadastrada previamente é identificada pelo leitor, o mesmo enviará o sinal positivo para o microcontrolador ESP32, que, por sua vez, iniciará o mesmo procedimento descrito anteriormente, ou seja, acionará os motores de passo através do driver TB6600, destravando a porta.

2.3.2 Funcionamento dos componentes mecânicos das travas

Considerando os componentes mecânicos das travas, cada uma delas terá um eixo linear de 8mm de diâmetro, que realizará o travamento da porta, ao ser inserido no batente da mesma. Esse eixo linear de 22cm está acoplado a uma cremalheira módulo 01 de 10cm de comprimento. A cremalheira será movida por uma engrenagem de aço (roda dentada). Essa engrenagem ficará acoplada no eixo do motor de passo, que será o responsável por girá-la, hora em sentido horário, para realizar a abertura da trava, hora em sentido anti-horário, para realizar o fechamento da trava.

Figura 32 – Fotos dos componentes mecânicos da trava, demonstrando funcionamento.



Fonte: Próprio Autor em 20/05/2024.

2.3.3 Autorização de acesso para abertura da porta.

Para abrir a porta, existem duas formas:

- **Informando a senha correta via aplicativo Serial Bluetooth Terminal através do celular;**
- **Com uma digital válida, previamente cadastrada, via leitor biométrico;**

Abaixo, descrevemos como funcionam esses dois processos:

Acesso via aplicativo Serial Bluetooth Terminal

Nesse projeto, utilizamos o aplicativo gratuito Serial Bluetooth Terminal, que pode ser baixado na Play Store (loja de aplicativos para celulares com sistema operacional Android).

Esse aplicativo é muito leve (1,5mb apenas) e se mostrou muito estável e confiável durante os nossos testes, mas, infelizmente, ele é compatível apenas com sistema operacional Android.

Para entender como esse aplicativo funciona, vamos compará-lo ao aplicativo Whatsapp: quando instalamos o Serial Bluetooth Terminal, ele nos permite **trocar mensagens** com o ESP32. Para isso é necessário realizar primeiramente o pareamento via Bluetooth.

Na figura abaixo, podemos visualizar como é realizado o pareamento com o aplicativo: nossa porta de segurança ficará visível e disponível para pareamento com o nome “Porta de Segurança” e com o aplicativo instalado, é possível realizar o pareamento.

Depois disso, podemos trocar mensagens com o ESP32. Na verdade, o ESP32 considera **cada mensagem enviada para ele como uma “senha”** e nós cadastramos “senhas” na programação, de modo que, quando uma senha confere com o banco de dados da programação, o ESP32 executará uma determinada função. Na figura abaixo, podemos visualizar em azul as mensagens que nós enviamos para o ESP32 e em verde as mensagens que o ESP32 nos envia. Então, basicamente,

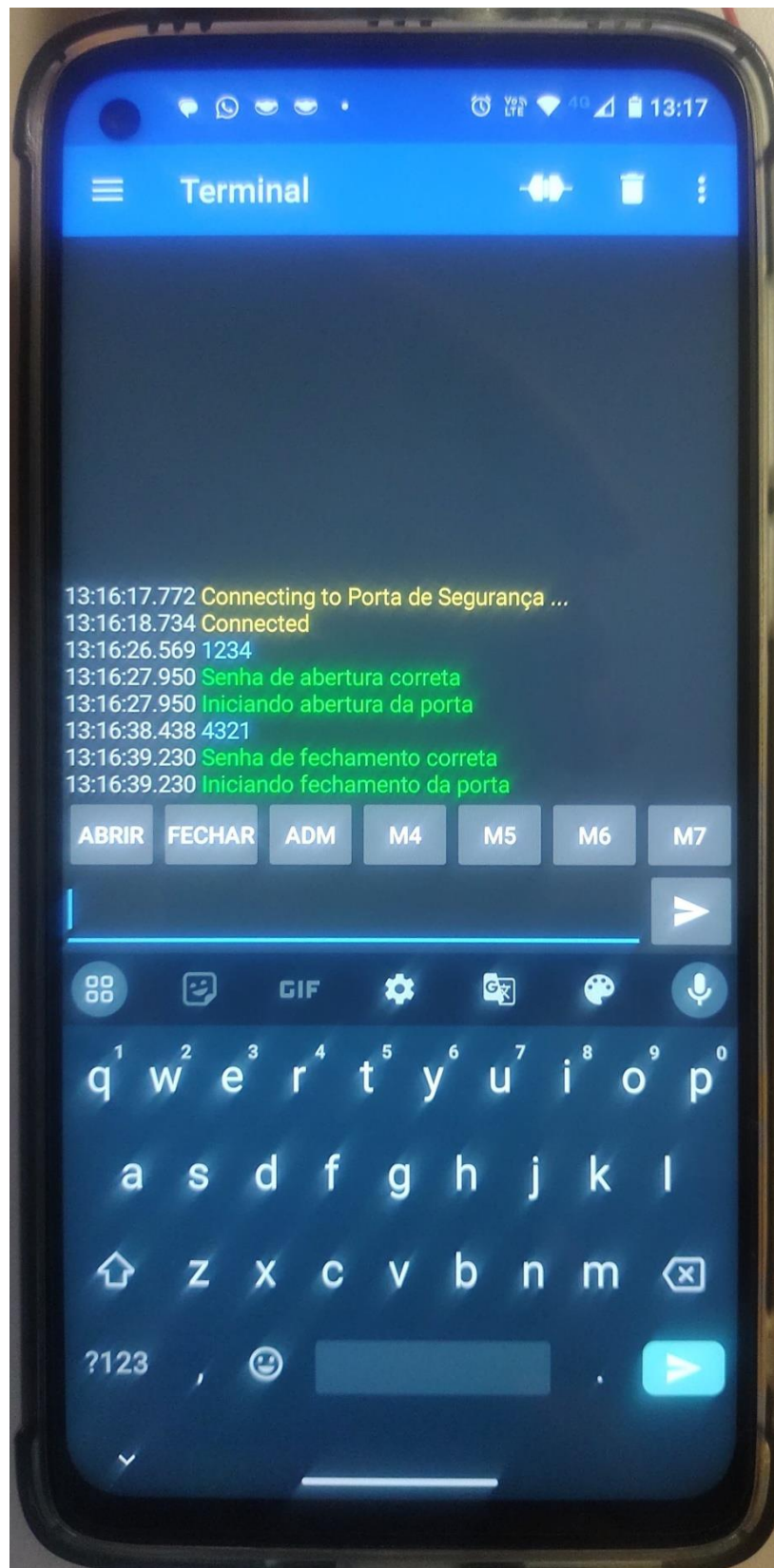
quando informamos a “senha de abertura” correta para o ESP32, ele vai realizar a abertura da porta.

No nosso projeto, nós criamos duas senhas relacionadas à abertura/fechamento da porta, mas poderia ser apenas uma única para as duas funções.

Nesse aplicativo, é possível configurar “botões”, esses botões são uma forma rápida de enviar uma mensagem previamente cadastrada para o ESP32, ou seja, quando quiser abrir a porta, só precisa cadastrar a senha de abertura no botão “Abrir”, uma única vez, e, a partir daí, a mensagem contendo a senha será automaticamente enviada para o ESP32 toda vez que o botão for apertado. Esse recurso é muito interessante, pois imagina criar uma senha de 20 caracteres e ter que digitar ela inteiramente toda vez que quiser passar pela porta... Assim, apenas apertando o botão “Abrir”, a senha salva será enviada automaticamente. É claro que outra pessoa não autorizada não conseguirá abrir a porta, pois, mesmo que instale o aplicativo no seu celular, ela não saberá qual é a senha correta.

Para alterar a senha de abertura/fechamento, é preciso acessar o código de programação e realizar a mudança diretamente no código. Assim é mais seguro, porém, também mais trabalhoso. Consideramos que seria interessante criar uma “senha” de recadastramento de senha, mas ficará como uma proposta de melhoria futuramente.

Figura 33 - Interface do aplicativo Serial Bluetooth Terminal, mostrando troca de mensagens



Fonte: Próprio Autor em 07/06/2024

Acesso via leitor biométrico

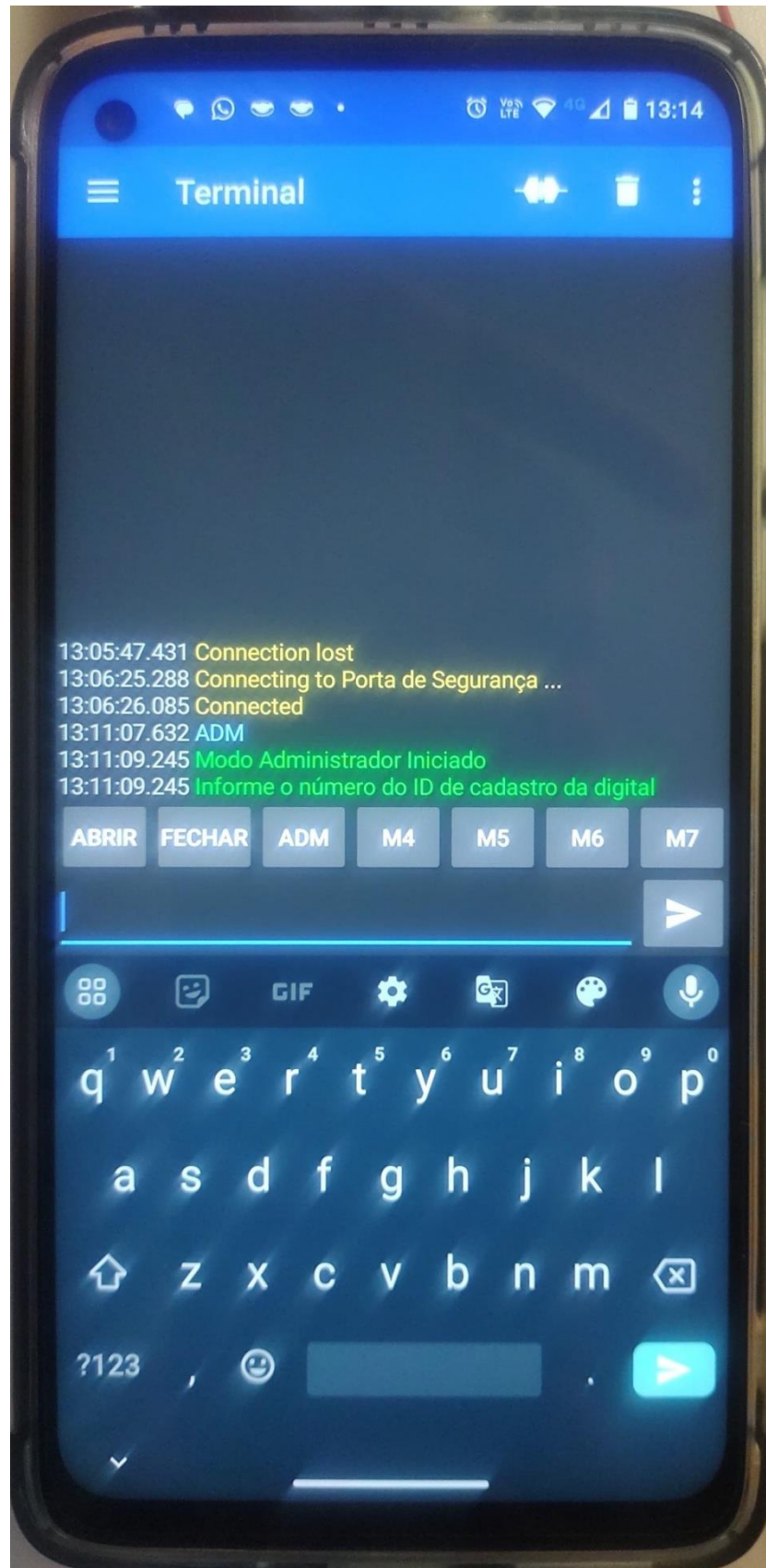
A segunda forma de abrir a porta é através de uma digital válida, identificada pelo leitor biométrico AS608.

Para realizar o cadastramento das impressões digitais autorizadas, utilizaremos o próprio aplicativo Serial Bluetooth Terminal, clicando no botão “ADM”. Ao clicar nesse botão, o ESP32 entra em “Modo Administrador” (claramente, essa “senha de administrador” ficará disponível apenas para o responsável da residência ou empresa).

Quando entramos no modo administrador, se inicia o modo de gravação de impressão digital e a primeira coisa a ser feita é informar o número do ID que se quer cadastrar: o leitor biométrico armazena as digitais no seu banco de dados em posições numéricas 1, 2, 3, e assim por diante, então se você quiser cadastrar a digital na posição “1”, você deve digitar o ID “1” e enviar essa mensagem para o ESP32 no próprio aplicativo. Veja na figura abaixo o que acontece quando se aperta o botão “ADM” inicialmente (considere as mensagens, a partir de “ADM”, as mensagens anteriores foram registradas devido termos reiniciado o ESP32 na ocasião: a conexão caiu e nós nos reconectamos logo em seguida...).

Após informar o ID, o modo de gravação começa o cadastro da digital. Esse procedimento é bem simples: o sistema vai pedir para a pessoa colocar o dedo no leitor uma vez, vai registrar essa primeira impressão digital, aí vai pedir para a pessoa retirar o dedo e colocar novamente o mesmo dedo uma segunda vez, ou seja, o sistema registra duas imagens da mesma impressão digital e compara as duas, caso elas estejam conferindo uma com a outra, essa digital será armazenada no ID escolhido, caso elas não coincidam, o modo gravação é interrompido e uma mensagem de erro será informada. Para tentar novamente, é só entrar no “Modo Administrado” novamente. A partir do momento que uma digital for armazenada, ela passará a estar autorizada a abrir a porta.

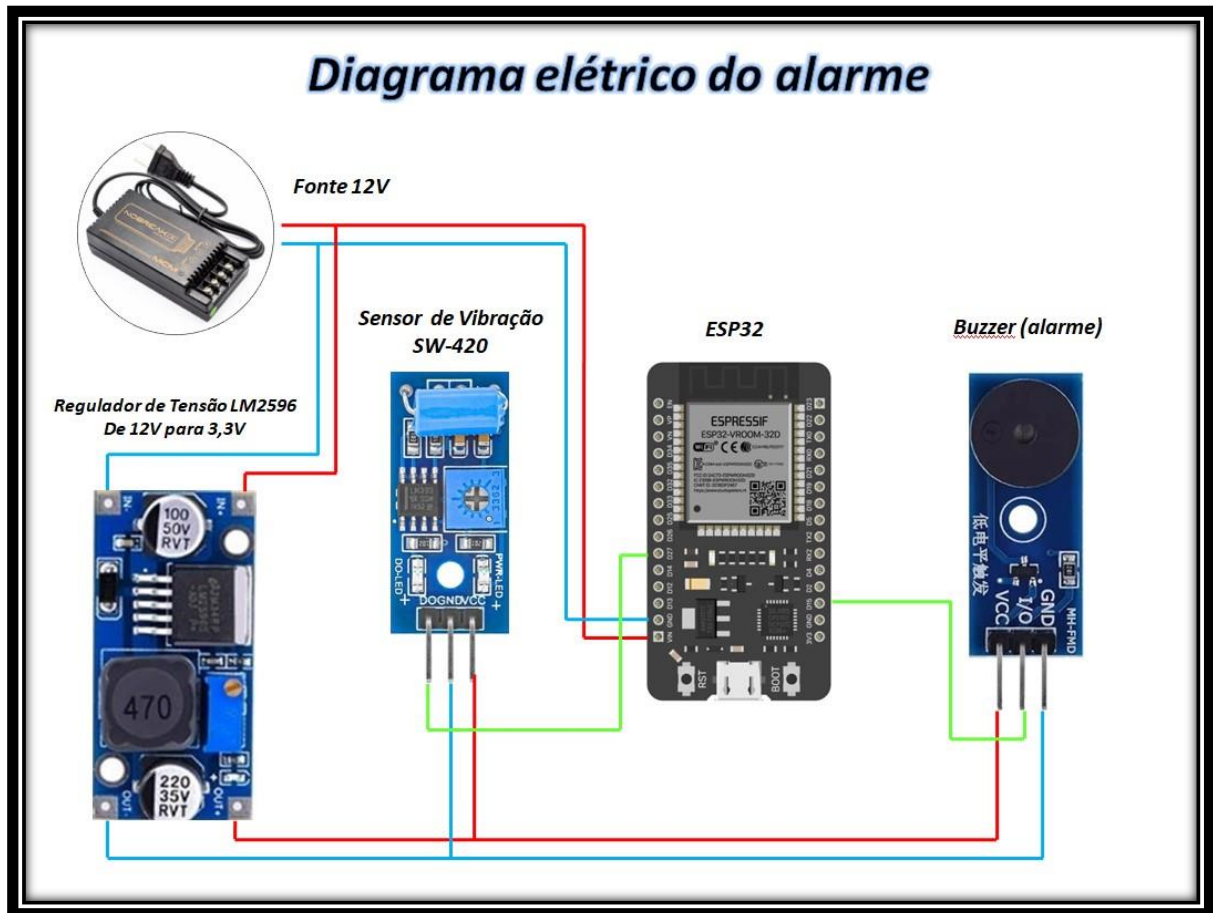
Figura 34 - Interface do aplicativo Serial Bluetooth Terminal, mostrando o Modo Administrador



Fonte: Próprio Autor em 07/06/2024

2.4 Funcionamento do sistema de alarme

Figura 35 – Diagrama elétrico do alarme.



Fonte: Próprio Autor em 10/05/2024.

2.4.1 Acionamento do sistema de alarme

O sistema de alarme será acionado nas seguintes situações:

- Quando **3 senhas incorretas seguidas** forem informadas através do celular pelo aplicativo Bluetooth.
- Quando **3 digitais seguidas** não forem reconhecidas pelo leitor biométrico.
- Quando houver uma vibração forte na porta, detectada pelo sensor de vibração SW-420, identificando uma provável tentativa de arrombamento (impactos fortes geram vibrações longas e esse sensor detecta a duração das vibrações com o auxílio da programação).

O sistema de alarme é composto por um Módulo Buzzer Passivo, um sensor de vibração SW-420 e um regulador de tensão LM2596 (esse regulador foi necessário porque a fonte do circuito é de 12V e tanto o buzzer quanto o sensor de vibração trabalham com tensões de 3,3V ou 5,0V).

Na programação, o alarme foi configurado para ser acionado quando houver uma vibração longa, com duração superior a 30.000 microssegundos (isso acontece porque o sensor de vibração SW-420 é um módulo que emite um sinal digital de nível lógico alto (HIGH) quando detecta uma vibração e, permanece assim até que a vibração termine, alterando o sinal para nível lógico baixo (LOW), assim, esse sensor determina a duração da vibração. É claro que impactos mais fortes geram vibrações mais duradouras.

Nos testes realizados, notamos que pequenas batidas na porta geraram vibrações que duraram de 1000 até 20000 microssegundos e impactos mais fortes (simulando uma tentativa de arrombamento), geraram vibrações com durações superiores a 39800 microssegundos, chegando ao máximo de 68000 microssegundos. Por isso, consideramos que o alarme deveria ser acionado a partir de vibrações com valor igual ou superior a 30000 microssegundos, pois, a partir desse valor, superamos a faixa das vibrações normais.

2.5 Fontes de alimentação

Todo o circuito é alimentado por uma fonte DC de 12V com 5A de capacidade de corrente. Essa fonte modelo PR1235 da MCM é uma bateria do tipo NOBREAK, o que significa que é possível colocar uma bateria 12V em paralelo com ela. Assim, no caso de uma queda de energia por parte da concessionária, a bateria mantém todo o circuito funcionamento, sem interrupções.

Figura 36 - Fonte nobreak 12V 5A, modelo PR1235, da MCM



Fonte: Próprio Autor em 07/04/2024

Figura 37 - Exemplos de baterias que podem ser utilizadas em paralelo com a fonte PR1235.

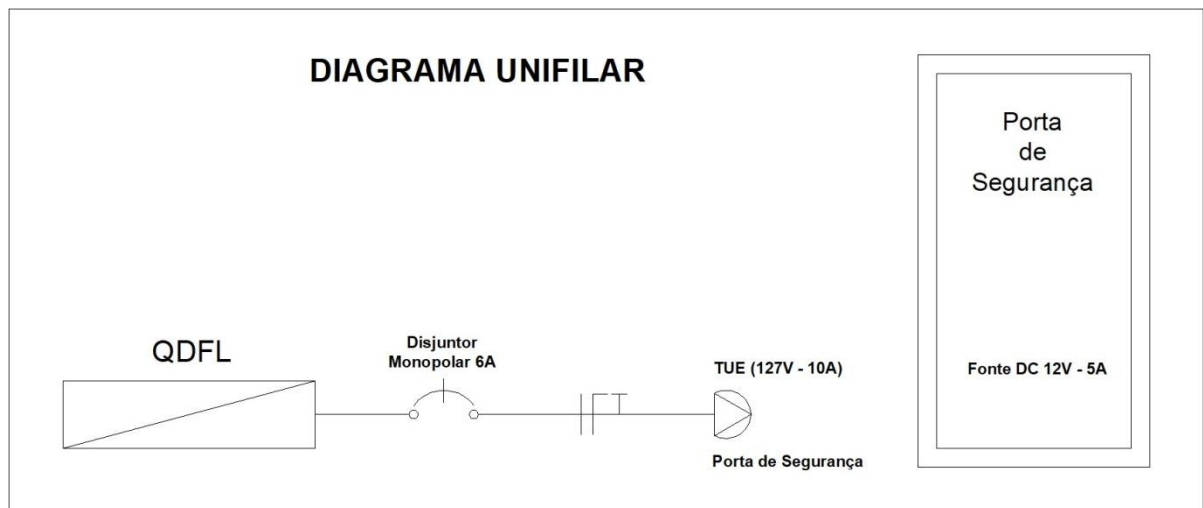


Fonte: Próprio Autor em 07/04/2024

2.6 Diagrama Unifilar

Conforme diagrama unifilar abaixo, no quadro de distribuição será instalado um disjuntor termomagnético de proteção específico para a porta e será disponibilizada uma TUE (Tomada de Uso Específico) para ela também. Essa tomada será alimentada por fase, neutro e terra: ela terá 127V de tensão alternada e capacidade para 10A. Será utilizado fio de 2,5mm² de seção, conforme norma NBR-5410. Será nessa tomada que será conectada a fonte de alimentação DC 12V da porta.

Figura 38 – Diagrama Unifilar



Fonte: Próprio Autor em 10/06/2024.

2.7 Código de programação para o ESP32

```

// INCLUSÃO DAS BIBLIOTECAS
#include <HardwareSerial.h>
#include "BluetoothSerial.h"
#include <Adafruit_Fingerprint.h>

// CONFIGURAÇÕES INICIAIS DE SETUP
#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLE)
#endif

BluetoothSerial SerialBT;

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&Serial2);

// Declaração das variáveis e definição dos pinos
const int Pino_controle_de_passo = 13;
const int Pino_controle_sentido_de_rotacao = 12;
const int Pino_enable_driver = 14;
const int buzzer = 18;
const int sensor_de_vibracao = 19;
const int fim_de_curso_fechamento = 21;
int frequencia_do_alarme;
int repeticao_alarme;
int travamento = 0;
int contador_de_erros = 0;
String senha = "";
String ID_gravacao = "";
uint8_t ID_informado;

uint8_t modoGravacaoID(uint8_t IDgravar);

void setup()

{ // INÍCIO DO SETUP

// Configuração geral dos pinos como saída ou entrada e o nível lógico inicial
deles
pinMode(Pino_controle_de_passo,OUTPUT);
pinMode(Pino_controle_sentido_de_rotacao,OUTPUT);
pinMode(Pino_enable_driver,OUTPUT);
pinMode(fim_de_curso_fechamento, INPUT_PULLDOWN);
digitalWrite(Pino_enable_driver,LOW);
pinMode(sensor_de_vibracao, INPUT_PULLDOWN);

```

```

pinMode(buzzer, OUTPUT);

// Configuração da comunicação serial e do bluetooth
Serial.begin(115200);
Serial2.begin(57600, SERIAL_8N1, 16, 17);
SerialBT.begin("Porta de Segurança"); // Define o nome de bluetooth do ESP32
(que vai aparecer no celular na hora de parear com o bluetooth).

// Configurações de inicialização do leitor biométrico
finger.begin(57600);

if(finger.verifyPassword())
{SerialBT.println("Sensor biometrico encontrado!");}
else
{SerialBT.println("Sensor biometrico não encontrado! Verifique a conexão e
reinicie o sistema");
while(true)
{delay(1);}
}

} // FIM DO SETUP

void loop()

{ // INÍCIO DO LOOP

// Chama a função que ativa o leitor biométrico para verificação das digitais.
getFingerprintIDez();

// Verifica se tem algum dado disponível via bluetooth e armazena esses dados
na variável senha
if (Serial.available()) { SerialBT.write(Serial.read()); }

if (SerialBT.available() > 0)
{
senha = SerialBT.readStringUntil('\n');
senha.remove(senha.length()-1, 1);
}

// Verifica se a senha confere e se a porta está fechada, em caso positivo,
abre a porta.
if (senha == "1234" && travamento == 0)
{ // INICIA O IF DE DESTRAVAMENTO

```

```

contador_de_erros = 0;

SerialBT.println("Senha de abertura correta");
SerialBT.println("Iniciando abertura da porta");

digitalWrite(Pino_controle_sentido_de_rotacao,LOW); // Define o sentido de
giro do motor.

for (travamento = 0; travamento < 200; travamento++)
{ // INICIA O FOR DE DESTRAVAMENTO
digitalWrite(Pino_controle_de_passo,HIGH);
delay(2);
digitalWrite(Pino_controle_de_passo,LOW);
delay(2);

senha = "";
} // ENCERRA O FOR DE DESTRAVAMENTO
} // ENCERRA O IF DE DESTRAVAMENTO

// Verifica se a senha confere e se a porta está aberta, em caso positivo,
trava a porta.
else if (senha == "4321" && travamento == 200)
{ // INICIO O IF DE TRAVAMENTO

contador_de_erros = 0;

SerialBT.println("Senha de fechamento correta");
SerialBT.println("Iniciando fechamento da porta");

digitalWrite(Pino_controle_sentido_de_rotacao, HIGH); // Define o sentido de
giro do motor.

for (travamento = 200; travamento > 0; travamento--)
{ //INICIO DO FOR DE TRAVAMENTO
digitalWrite(Pino_controle_de_passo, HIGH);
delay(2);
digitalWrite(Pino_controle_de_passo, LOW);
delay(2);

senha = "";
} // ENCERRA O FOR DE TRAVAMENTO
} // ENCERRA O IF DE TRAVAMENTO

```

```

// Verifica se a senha confere e, em caso positivo, entra no modo de gravação
de impressão digital
else if(senha == "ADM")
{
    contador_de_erros = 0;

    SerialBT.println("Modo Administrador Iniciado");
    SerialBT.println("Informe o número do ID de cadastro da digital");

    while(!SerialBT.available()) delay(100);
    ID_gravacao = SerialBT.readStringUntil('\n');

    int ID_informado = ID_gravacao.toInt();

    if(ID_informado >= 1 && ID_informado <= 300)
    {

        SerialBT.print("Preparando para registrar a digital com ID número: ");
        SerialBT.println(ID_informado);
        modoGravacaoID(ID_informado);
        senha = "";
    }
    else
    {
        SerialBT.println("ID informado tem que estar entre 1 e 300");
    }
}

else if (senha != "1234" && senha != "4321" && senha != "ADM" && senha != "")
{
    SerialBT.println("Senha incorreta");
    contador_de_erros++;
    senha = "";
}

// Verifica vibração informada pelo sensor e contador de erros para
acionamento do alarme.
long intensidade_da_vibracao = vibracao_detectada();
delay(50);
if (intensidade_da_vibracao > 1000 || contador_de_erros == 3)
{
    SerialBT.println(intensidade_da_vibracao);
    for (repeticao_alarme = 1; repeticao_alarme <= 20; repeticao_alarme++)
    {
        for (frequencia_do_alarme = 2000; frequencia_do_alarme < 4000;
        frequencia_do_alarme = frequencia_do_alarme + 120)
        { tone(buzzer,frequencia_do_alarme,10); }
    }
}

```

```

for (frequencia_do_alarme = 4000; frequencia_do_alarme > 2000;
    frequencia_do_alarme = frequencia_do_alarme - 120)
{ tone(buzzer,frequencia_do_alarme,10); }
}
contador_de_erros = 0;
}

// Fechamento automático utilizando sinal do fim de curso como referência.
if (digitalRead(fim_de_curso_fechamento) == HIGH && travamento == 200)
{
    delay(5000);

    digitalWrite(Pino_controle_sentido_de_rotacao, HIGH); // Define o sentido de
    giro do motor.

    for (travamento = 200; travamento > 0; travamento--)
    { //INICIO DO FOR DE TRAVAMENTO
        digitalWrite(Pino_controle_de_passo, HIGH);
        delay(2);
        digitalWrite(Pino_controle_de_passo, LOW);
        delay(2);
    } // FIM DO FOR DE TRAVAMENTO AUTOMÁTICO
    }

    delay(30);

} // FIM DO LOOP

```

```

uint8_t modoGravacaoID(uint8_t IDgravar) {

    int p = -1;
    SerialBT.print("Coloque o dedo para iniciar cadastro da digital #");
    SerialBT.println(IDgravar);
    delay(2000);
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
        switch (p) {
            case FINGERPRINT_OK:
                SerialBT.println("Leitura concluída");
                break;
            case FINGERPRINT_NOFINGER:
                SerialBT.println(".");
                delay(2000);

```

```

        break;
    case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
        SerialBT.println("Erro comunicação");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
        SerialBT.println("Erro de leitura");
        break;
    default:
        SerialBT.println("Erro desconhecido");
        break;
    }
}

// OK sucesso!

p = finger.image2Tz(1);
switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
        SerialBT.println("Leitura convertida");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
        SerialBT.println("Leitura suja");
        return p;
    case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
        SerialBT.println("Erro de comunicação");
        return p;
    case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
        SerialBT.println("Não foi possível encontrar propriedade da digital");
        return p;
    case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
        SerialBT.println("Não foi possível encontrar propriedade da digital");
        return p;
    default:
        SerialBT.println("Erro desconhecido");
        return p;
}

SerialBT.println("Remova o dedo");
delay(2000);
p = 0;
while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {
    p = finger.getImage();
}
SerialBT.print("ID "); SerialBT.println(IDgravar);
p = -1;
SerialBT.println("Coloque o mesmo dedo novamente");
while (p != FINGERPRINT_OK) {
    p = finger.getImage();
    switch (p) {

```

```

    case FINGERPRINT_OK:
        SerialBT.println("Leitura concluída");
        break;
    case FINGERPRINT_NOFINGER:
        SerialBT.print(".");
        delay(200);
        break;
    case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
        SerialBT.println("Erro de comunicação");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
        SerialBT.println("Erro de Leitura");
        break;
    default:
        SerialBT.println("Erro desconhecido");
        break;
}
}

// OK sucesso!

p = finger.image2Tz(2);
switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
        SerialBT.println("Leitura convertida");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
        SerialBT.println("Leitura suja");
        return p;
    case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
        SerialBT.println("Erro de comunicação");
        return p;
    case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
        SerialBT.println("Não foi possível encontrar as propriedades da
digital");
        return p;
    case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
        SerialBT.println("Não foi possível encontrar as propriedades da
digital");
        return p;
    default:
        SerialBT.println("Erro desconhecido");
        return p;
}

// OK convertido!
SerialBT.print("Criando modelo para #"); SerialBT.println(IDgravar);

p = finger.createModel();

```

```

if (p == FINGERPRINT_OK) {
    SerialBT.println("As digitais conferem!");
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
    SerialBT.println("Erro de comunicação");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_ENROLLMISMATCH) {
    SerialBT.println("As digitais não conferem");
    return p;
} else {
    SerialBT.println("Erro desconhecido");
    return p;
}

SerialBT.print("ID "); SerialBT.println(IDgravar);
p = finger.storeModel(IDgravar);
if (p == FINGERPRINT_OK) {
    SerialBT.print("Armazenado!");
    SerialBT.println("Saindo do Modo Administrador...");
    return -1;
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
    SerialBT.println("Erro de comunicação");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_BADLOCATION) {
    SerialBT.println("Não foi possível gravar neste local da memória");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_FLASHERR) {
    SerialBT.println("Erro durante escrita na memória flash");
    return p;
} else {
    SerialBT.println("Erro desconhecido");
    return p;
}
}

int getFingerprintIDez() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    p = finger.image2Tz();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    p = finger.fingerFastSearch();
    if (p != FINGERPRINT_OK)
    {
        SerialBT.println("Digital não cadastrada.");
        contador_de_erros++;
        return -1;
    }
}

```

```

}

//Encontrou uma digital!
if (finger.fingerID >= 1 && finger.fingerID <= 300 && travamento == 0) {

contador_de_erros = 0;

senha == "";

digitalWrite(Pino_controle_sentido_de_rotacao,LOW); // Define o sentido de
giro do motor.

for (travamento = 0; travamento < 200; travamento++)
{ // INICIA O FOR DE TRAVAMENTO
digitalWrite(Pino_controle_de_passo,HIGH);
delay(2);
digitalWrite(Pino_controle_de_passo,LOW);
delay(2);
}
travamento = 200;
return -1;
}
}

long vibracao_detectada()

{ // INÍCIO DA FUNÇÃO VIBRAÇÃO DETECTADA

long intensidade_da_vibracao = pulseIn (sensor_de_vibracao, HIGH);
return intensidade_da_vibracao;

} // FIM DA FUNÇÃO VIBRAÇÃO DETECTADA

```

2.8 Imagens do protótipo

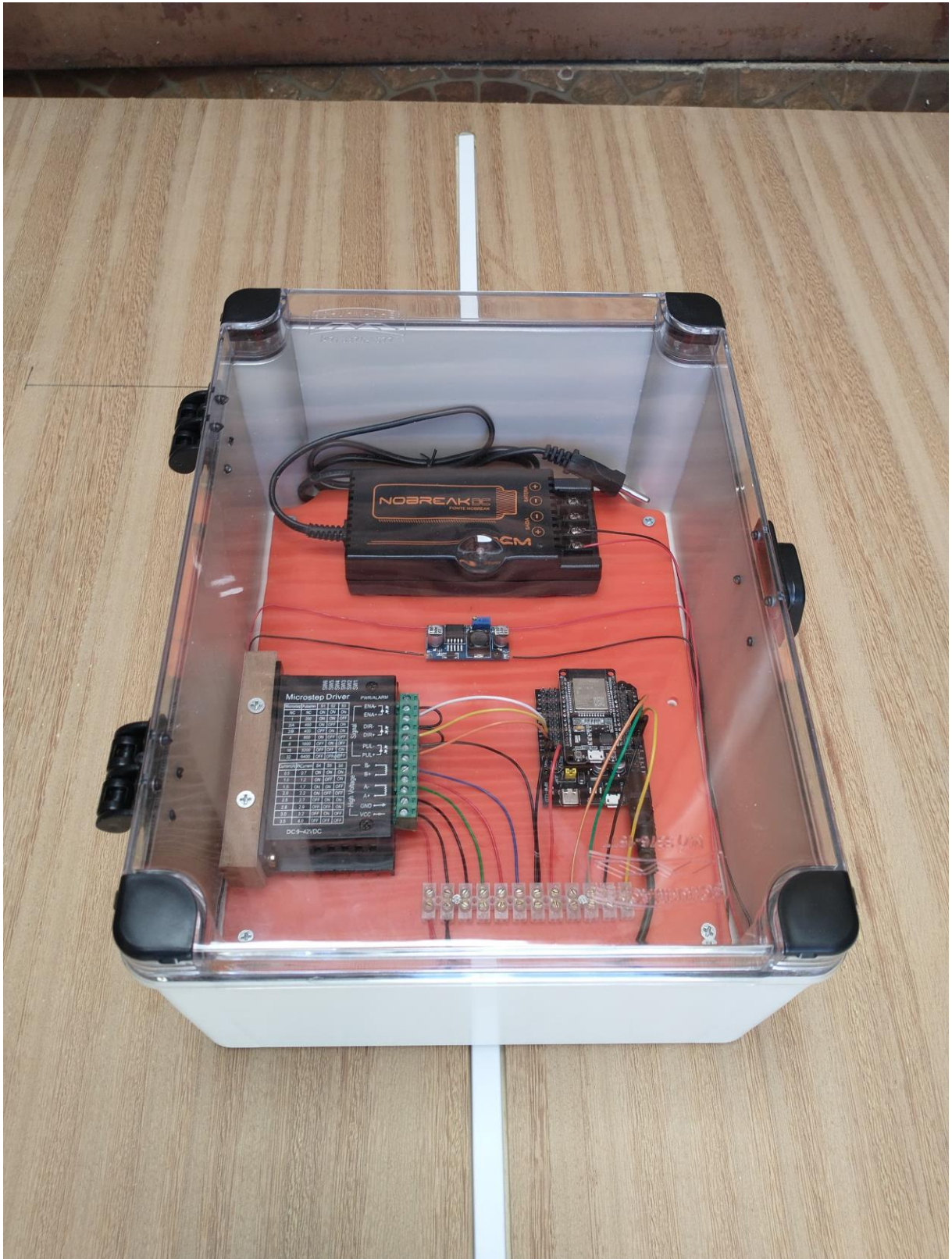
Seguem abaixo imagens do protótipo que estamos desenvolvendo nesse projeto. Devido a um atraso no fornecimento da porta (mais de 2 semanas de atraso), não foi possível concluir a montagem a tempo da entrega da monografia, mas tudo já está muito adiantado, quase concluído, falta apenas finalizar a usinagem e montagem dos componentes na porta:

Figura 39 - Porta de madeira sólida e tupia laminadora – Mostrando processo de usinagem para instalação das canaletas de PVC, por onde serão passados os fios do circuito.



Fonte: Próprio Autor em 19/06/2024.

Figura 40 – Quadro elétrico de comando onde foram instalados os componentes principais de controle do circuito da porta.



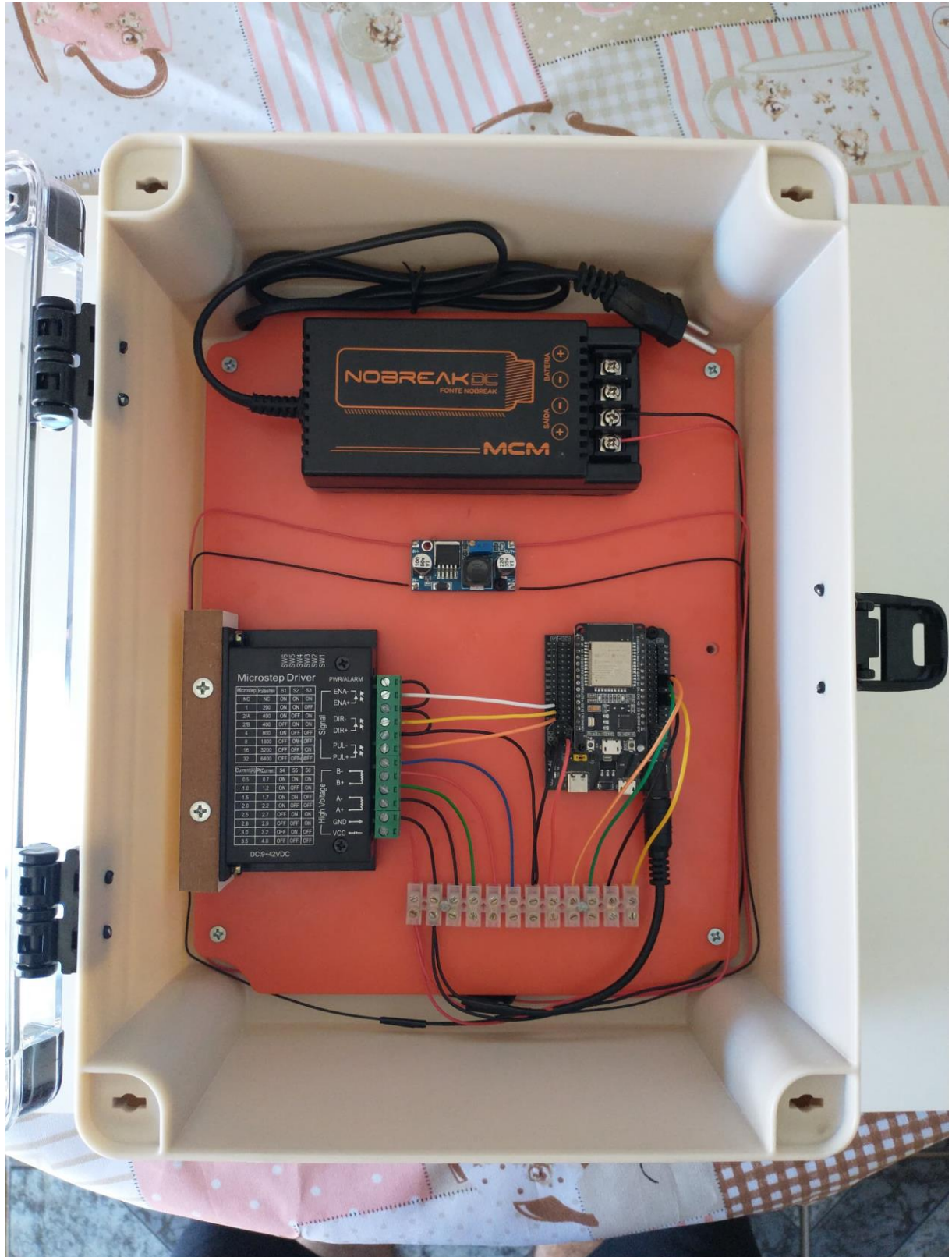
Fonte: Próprio Autor em 19/06/2024.

Figura 41 – Porta com quadro elétrico de comando e canaleta de PVC principal do circuito instalados.



Fonte: Próprio Autor em 19/06/2024.

Figura 42 – Quadro elétrico de comando aberto, mostrando os componentes internos: fonte de alimentação, regulador de tensão, driver de motor de passo, ESP32 e borne para fios.



Fonte: Próprio Autor em 19/06/2024.

Figura 43 – Detalhe canto inferior esquerdo, iniciando a montagem das travas elétricas, que contém motor de passo (com suporte), engrenagem, cremalheira, eixo linear e pillow block.



Fonte: Próprio Autor em 19/06/2024.

Figura 44 – Detalhe aproximado da montagem das travas elétricas.



Fonte: Próprio Autor em 19/06/2024.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Figura 45 – Tabela de custos de materiais e mão-de-obra

Tabela de custos de material e mão-de-obra			
Componentes	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
<i>Porta sólida Angelim</i>	377,79	1	377,79
<i>Quadro elétrico para comandos Schuhmacher</i>	165,00	1	165,00
<i>Micro-controlador ESP32</i>	61,75	1	61,75
<i>Módulo Shield Expansor de Portas p/ ESP32 de 30 Pinos</i>	25,00	1	25,00
<i>Fonte Nobreak - 12V - 5A - Marca: MCM - Modelo: PR1235</i>	137,90	1	137,90
<i>Motor de passo Vurtz nema 17</i>	51,70	3	155,10
<i>Suporte fixador 180° para Motor de passo Nema 17</i>	17,80	3	53,40
<i>Driver para motor de passo - Modelo TB6600</i>	67,90	1	67,90
<i>Engrenagem Reta Módulo 1 - 15 dentes</i>	30,00	3	90,00
<i>Cremalheira Reta Módulo 1 - 15mm x 15mm</i>	11,95	3	35,85
<i>Eixo Linear Retificado e Cromado 8mm</i>	19,30	3	57,90
<i>Pillow Block Fechado para Eixo Linear de 8mm</i>	27,99	3	83,97
<i>Modulo Buzzer Passivo 3,3V a 5,0V</i>	7,20	1	7,20
<i>Sensor de vibração SW-420</i>	11,90	1	11,90
<i>Regulador de Tensão LM2596</i>	6,90	1	6,90
<i>Leitor Biométrico Modelo AS608</i>	74,95	1	74,95
<i>Fim de curso</i>	12,90	1	12,90
<i>Canaletas de PVC slim</i>	14,20	2	28,40
<i>Fios, parafusos, conectores, adaptadores, etc</i>	300,00	1	300,00
Mão-de-obra total estimada	1.000,00	1	1.000,00
Total			2.753,81

Fonte: Próprio Autor em 18/06/2024.

3.1 Conclusões

O custo final do projeto ficou elevado, apesar de terem sido utilizados componentes bem simples de desenvolvimento, que possuem valores mais acessíveis. Contudo, consideramos que, para que essa porta seja realmente comercializada, o custo de produção deveria ser ainda maior, com a utilização de componentes mais confiáveis, pois afinal segurança é algo que deve ser levado muito a sério e alguns componentes utilizados neste protótipo não se mostraram muito confiáveis (como, por exemplo, o sensor de vibração SW-420, que se mostrou inconstante na identificação das vibrações causadas por impactos, fazendo com que o alarme não disparasse em situações nas quais deveria ter disparado).

Muitos desafios acabaram se revelando, como, por exemplo, a usinagem da madeira da porta para fixação dos componentes. Acreditávamos que esse processo seria relativamente simples, utilizando uma tupa manual, porém, foi extremamente difícil, principalmente porque as travas possuíam medidas milimétricas que necessitavam de exatidão na usinagem (o rolamento linear (pillow block) é muito preciso e não suporta nem pequenos desvios no alinhamento do eixo linear (que utilizamos como pino de travamento)).

Outro grande desafio encontrado nesse projeto foi a programação. Muitos códigos estão disponíveis online para serem copiados e adaptados aos diversos projetos, porém, integrar todos esses códigos na lógica de funcionamento desse projeto específico foi realmente complexo.

Devido à questão de tempo, não foi possível integrar o sistema de monitoramento por câmera wi-fi pretendido inicialmente, utilizando o módulo ESP32cam. Portanto, fica como sugestão de melhoria futura para este projeto, além do citado anteriormente de criar uma programação para alteração das senhas de abertura/fechamento através do aplicativo Bluetooth.

REFERÊNCIAS

<https://www.turen.com.br/conheca-os-componentes-de-uma-porta>

<https://difabricaesquadriasmadeira.com.br/quais-os-principais-tipos-de-materiais-para-portas/>

<https://blog.segurancaalfa.com.br/como-deixar-as-portas-mais-seguras-para-residencias/>