



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Smart Door

Autores: Caio Cesar, Caio Matheus, Diego De Souza, Gabriel de Jesus, Gustavo Weffort, Lucas Midlhey, Ludimila Ferreira, Luis Gustavo Avelino, Mateus Cunha Vasconcelos, Mateus Oliveira, Mateus Santos Barcelos, Pedro Guilherme, Roberto Diniz Ramalho

Brasília, DF

2021



Caio Cesar, Caio Matheus, Diego De Souza, Gabriel de Jesus, Gustavo Weffort, Lucas Midlhey, Ludimila Ferreira, Luis Gustavo Avelino, Mateus Cunha Vasconcelos, Mateus Oliveira, Mateus Santos Barcelos, Pedro Guilherme, Roberto Diniz Ramalho

Smart Door

Trabalho submetido à disciplina de Projeto Integrador de Engenharia 2 referente ao **Ponto de Controle 2**, na Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, José Felício da Silva, Ricardo M. Chaim, Rhander Viana, Paolo Gessini e Jungpyo Lee

Brasília, DF

2021

Lista de abreviaturas e siglas

ADS	<i>Advanced Desengn System</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BMS	<i>Battery Management System</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i>
CLP	Controlador Logico Programável
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CSI	<i>Camera Serial Interface</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EAR	Estrutura Analítica de Risco
GND	<i>Ground</i>
GPIO	<i>General-Purpose Input/Output</i>
HOG	<i>Histogram of Oriented Gradients</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
IR	<i>Infra Red</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
K	<i>Kelvin temperature</i>
LCD	<i>Liquid-Crystal Display</i>
LVL	<i>Laminated veneer lumbe</i>

M2M	<i>Machine to Machine</i>
Movergs	Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul
MP	Mega Pixels
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i>
RFID	<i>Radio frequency identification</i>
RPM	Rotações por Minuto
STFI	<i>Singapore Technologies Electronics</i>
USB	Universal Serial Bus
VCA	Tensão em Corrente Alternada
Vcc	<i>Voltage Common Collector</i>
VDC	Tensão em Corrente Contínua

Lista de ilustrações

Figura 1 – CAD da porta	14
Figura 2 – Coeficiente de flambagem	16
Figura 3 – Análise do gabinete e frequências de corpo livre.	17
Figura 4 – Pontos de aplicação da força.	18
Figura 5 – Comportamento da estrutura após aplicação das forças.	18
Figura 6 – Tensão equivalente de Von Mises obtida com a simulação.	19
Figura 7 – Análise da moldura como um corpo livre.	20
Figura 8 – Aplicação da força causada por componentes eletrônicos.	20
Figura 9 – Condições de contorno para a simulação da moldura	21
Figura 10 – Resultados para a deformação elástica equivalente da moldura	21
Figura 11 – Tensão equivalente de Von Mises devido a força resultante causada pelo peso dos componentes eletrônicos.	22
Figura 12 – Chassi desenhado no software CATIA	24
Figura 13 – Chassi com os principais componentes internos	25
Figura 14 – Diagrama Unifilar	27
Figura 15 – Diagrama Multifilar	28
Figura 16 – Fluxograma sistema eletrônico	30
Figura 17 – Itens que compõe o display LCD da raspberry pi	32
Figura 18 – Diagrama simplificado do sistema de reconhecimento facial	33
Figura 19 – Tabela de conexões	34
Figura 20 – Classificação de Sistemas RFID low-end e high-end de acordo com sua funcionalidade	35
Figura 21 – Diagrama do sistema RFID do projeto	36
Figura 22 – Simulação do Wilkinson ideal de quatro vias no ADS	37
Figura 23 – Simulação do Wilkinson não ideal e não otimizado de quatro vias no ADS	37
Figura 24 – Layout do Wilkinson não ideal e não otimizado de quatro vias no ADS	38
Figura 25 – Elementos Piroelétricos e Circuito de Detecção do Sensor PIR HC-SR501	39
Figura 26 – Especificações do Sensor PIR HC-SR501	39
Figura 27 – Detalhamento do Sensor PIR HC-SR501	40
Figura 28 – Simulação do Sensor PIR HC-SR501 na Raspberry PI 4	41
Figura 29 – Programação Ladder CLP	42
Figura 30 – Screenshot da página Dashboard no protótipo	44
Figura 31 – Screenshot da página Lista de usuários no protótipo	45
Figura 32 – Diagrama de casos de uso	46
Figura 33 – Diagrama de Arquitetura	53

Figura 34 – Diagrama de Implantação	54
Figura 35 – Modelo de Entidade-Relacionamento	55
Figura 36 – Diagrama de Entidade-Relacionamento	56
Figura 37 – Diagrama de atividades do fluxo de entrada	57
Figura 38 – Diagrama de atividades do fluxo de cadastro	58
Figura 39 – Diagrama de sequência - Fluxo de cadastro de usuário	59
Figura 40 – Diagrama de sequência - Fluxo de login	59
Figura 41 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar usuários cadastrados	60
Figura 42 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar histórico de acessos	60
Figura 43 – Diagrama de estados do funcionamento automático da Smart Door	61
Figura 44 – Diagrama de estados do cadastro	61
Figura 45 – Diagrama de estados de configurações	62
Figura 46 – Diagrama de estados de controle manual da porta	62
Figura 47 – Diagrama de pacotes do frontend	63
Figura 48 – Diagrama de pacotes da API	64
Figura 49 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base (SCOPUS, 2021) - Próprios Autores	74
Figura 50 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base (WEBSCIENCE, 2021) - Próprios Autores	74
Figura 51 – Olho com filtro HOG - (ARAFAH et al., 2019)	75
Figura 52 – 68 pontos de referência do Landmark Estimation Algorithm - (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018)	76
Figura 53 – Visualização do algoritmo de reconhecimento das características únicas do rosto - (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018)	77
Figura 54 – Esquema mostrando a interferência dos raios refletidos na superfície do filme e na interface substrato/filme dos aços coloridos	82
Figura 55 – Desenho técnico: encaixe da porta	86
Figura 56 – Desenho técnico: segundo encaixe da porta	87
Figura 57 – Desenho técnico: moldura	88
Figura 58 – Desenho técnico: vidro	89
Figura 59 – Desenho técnico: parte inferior do chassi	90
Figura 60 – Desenho técnico: parte superior do chassi	91
Figura 61 – Desenho técnico: parte frontal do chassi	92
Figura 62 – Desenho técnico: parte interior do chassi	93
Figura 63 – Desenho técnico: parte do meio do chassi	94
Figura 64 – Desenho técnico: parte de trás do chassi	95
Figura 65 – Desenho técnico: gabinete	96
Figura 66 – Fluxograma do funcionamento do sistema com foco nos usuários	98

Lista de tabelas

Tabela 1 – Componentes principais da porta	15
Tabela 2 – Componentes internos principais	25
Tabela 3 – Custos em eletrônica	65
Tabela 4 – Custos em energia	65
Tabela 5 – Custos em estrutura	66
Tabela 6 – Custos em software	66
Tabela 7 – Propriedades mecânicas do Polipropileno	80
Tabela 8 – Propriedades mecânicas e preço do vidro e do acrílico	84

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	REQUISITOS	11
2.1	Requisitos Eletrônica	11
2.2	Requisitos Estrutura	11
2.3	Requisitos Energia	11
2.4	Requisitos Software	12
2.4.1	Requisitos Funcionais	12
2.4.1.1	Requisitos Web/API	12
2.4.1.2	Requisitos Reconhecimento Facial	12
2.4.2	Requisitos não Funcionais	12
3	ESTRUTURA	14
3.1	Análise Teórica	15
3.1.1	Teoria de paredes finas	15
3.1.2	Flambagem	15
3.1.3	Critérios de falha	16
3.2	Simulações	16
3.3	Porta	22
3.4	Moldura	23
3.5	Gabinete	23
3.5.1	Chassi	24
4	SOLUÇÃO DE ENERGIA	26
4.1	Diagramas	26
4.1.1	Diagrama unifilar	26
4.1.2	Diagrama Multifilar	28
5	SISTEMAS ELETRÔNICOS	29
5.1	Sistema eletrônico	29
5.2	Raspberry Pi	30
5.2.1	Tela LCD	31
5.3	Sistema de Aquisição	32
5.3.1	Reconhecimento facial	32
5.3.2	Leitura termográfica	34
5.3.3	RFID	35

5.3.4	Sensor de presença	38
5.4	CLP - Controlador Lógico programável	41
6	SOFTWARE	43
6.1	Arquitetura da Informação	43
6.1.1	Tecnologias utilizadas	43
6.1.1.1	Website	43
6.1.1.2	API	43
6.1.1.3	Banco de dados	44
6.1.1.4	OpenCV	44
6.1.2	Protótipo	44
6.2	Modelagem dos Requisitos	45
6.2.1	Visão de Casos de Uso	45
6.2.1.1	UC01 - Cadastrar pessoas	46
6.2.1.2	UC02 - Consultar pessoas	47
6.2.1.3	UC03 - Armazenar temperatura	47
6.2.1.4	UC04 - Consultar histórico de temperatura	48
6.2.1.5	UC05 - Realizar checagem de temperatura	48
6.2.1.6	UC06 - Consultar <i>logs</i> de acesso	48
6.2.1.7	UC07 - Registrar <i>logs</i> de acesso	49
6.2.1.8	UC08 - Utilizar porta	49
6.2.1.9	UC09 - Realizar identificação por RFID	50
6.2.1.10	UC10 - Abrir/Fechar porta	50
6.2.1.11	UC11 - Realizar reconhecimento facial	50
6.2.2	Especificação Suplementar	51
6.2.2.1	Segurança	51
6.2.2.2	Segurança dos dados	51
6.2.2.3	Disponibilidade	51
6.2.2.4	Usabilidade	52
6.3	Arquitetura de Software	52
6.3.1	Definição Arquitetural	52
6.3.1.1	Descrição do Sistema	53
6.3.1.2	Diagrama de Implantação	54
6.3.2	Modelagem de Dados	55
6.3.2.1	Diagrama de Banco de Dados	55
6.3.3	Diagrama de Atividades	56
6.3.3.1	Diagrama de Sequência	58
6.3.3.2	Diagrama de Estados	61
6.3.3.3	Diagrama de Pacotes	62

7	CUSTOS DO PROJETO	65
7.1	Estimativa de custos	65
7.1.1	Eletrônica	65
7.1.2	Energia	65
7.1.3	Estrutura	66
7.1.4	Software	66
REFERÊNCIAS		67
APÊNDICES		70
APÊNDICE A – PRINCIPAIS TOMADAS DE DECISÕES DE SOFTWARE		71
B.1	Organização	72
B.2	API	72
B.3	Frontend	72
B.4	Protótipo de Alta Fidelidade	72
APÊNDICE C – PROPOSTA DE INOVAÇÃO		73
C.0.1	Visão Computacional	77
APÊNDICE D – ESCOLHA DO MATERIAL DO GABINETE E DA PORTA		79
D.1	Polipropileno	80
D.2	Aço inoxidável	81
D.3	Porta: acrílico ou vidro laminado	84
APÊNDICE E – DESENHOS TÉCNICOS		86
ANEXOS		97
ANEXO A – FLUXOGRAMA ELETRÔNICA		98

1 Introdução

O projeto da *SmartDoor* consiste no desenvolvimento de uma porta automatizada inteligente com foco na segurança, possuindo várias etapas de verificação para validação do usuário, sendo um leitor de RFID, além de ser capaz de realizar a temperatura termográfica do usuário e como etapa principal o reconhecimento facial.

Contando com um sistema de controle de acesso integrado, eficiente e preciso com base no reconhecimento facial é muito importante para uma ampla variedade de aplicações comerciais e de segurança. Diversos países estão gradualmente adotando um sistema de controle de segurança residencial inteligente. A função mais importante de qualquer sistema de segurança é identificar com precisão os indivíduos que passam por ele([JAIN; ROSS; PANKANTI, 2006](#)). O reconhecimento facial é provavelmente a forma mais natural de realizar autenticação biométrica entre seres humanos. Além disso, é a segunda característica biométrica mais popular depois das impressões digitais([JAIN; ROSS; PANKANTI, 2006](#)).

Hoje em dia, o mundo está se conectando aos dispositivos inteligentes e há uma necessidade crescente em melhorar objetos e sistemas já existentes e torná-los mais integrados ao ambiente. Os sistemas embarcados estão automatizando o mundo, ajudando no progresso de diversas áreas. Esses sistemas em aplicações como vigilância e segurança privada provou ser muito eficaz.

2 Requisitos

2.1 Requisitos Eletrônica

- Ser robusto com o objetivo de evitar gargalos de processamento;
- Ser seguro para a saúde e o bem-estar do usuário;
- Ser protegido para evitar invasões e fraudes;
- Ser um sistema operacional em tempo real;

2.2 Requisitos Estrutura

- Ser resistente a tentativas de passagem forçada;
- Ser leve, para facilitar sua instalação e melhorar sua eficiência;
- Abrigar todos os componentes referentes aos demais subsistemas;
- Ser acessível a cadeirantes e obesos;
- Ter manutenção simples;
- Acomodar motor de abertura/fechamento da porta.

2.3 Requisitos Energia

- Motor deve ter torque adequado para o movimento da porta.
- Suprir a demanda energética dos dispositivos eletrônicos.
- Garantir o funcionamento do produto caso haja falta de energia da rede elétrica.

2.4 Requisitos Software

2.4.1 Requisitos Funcionais

2.4.1.1 Requisitos Web/API

- O sistema deve cadastrar pessoas;
- O sistema deve consultar pessoas;
- O sistema deve editar as informações das pessoas cadastradas;
- O sistema deve desativar pessoas cadastradas;
- O sistema deve armazenar as informações de temperaturas recebidas da Raspberry Pi;
- O sistema deve receber comandos da Raspberry Pi;
- O sistema deve enviar comandos à Raspberry Pi;
- O sistema deve armazenar informações de entrada e saída de usuários;
- O sistema deve consultar históricos de temperaturas;
- O sistema deve fazer a verificação facial e enviar uma resposta à Raspberry Pi.

2.4.1.2 Requisitos Reconhecimento Facial

- O sistema deve receber as imagens;
- O sistema deve identificar se existe um rosto nas imagens recebidas;
- O sistema deve verificar se o rosto identificado é autorizado ou não;
- O sistema deve registrar informações de entrada e saída;
- O sistema deve enviar dados para API;
- O sistema deve receber dados da API;

2.4.2 Requisitos não Funcionais

- **Segurança:** a porta deve garantir que somente pessoas permitidas tenham acesso;
- **Segurança dos dados:** os dados precisam ser armazenados de maneira consistente e transmitidos de modo seguro, sem que haja riscos de vazamento ou perda dos dados dos usuários;

- **Disponibilidade:** o sistema deve estar disponível e em funcionamento em todo o tempo possível;
- **Usabilidade:** a porta deve ser de fácil uso e entendimento para o usuário.

3 Estrutura

Para a realização das atividades do ponto de controle 2, os membros de aeroespacial e automotiva ficaram responsáveis pelas modelagens do CAD, desenhos técnicos, pesquisa de materiais, além dos dimensionamentos e simulações de toda parte estrutural.

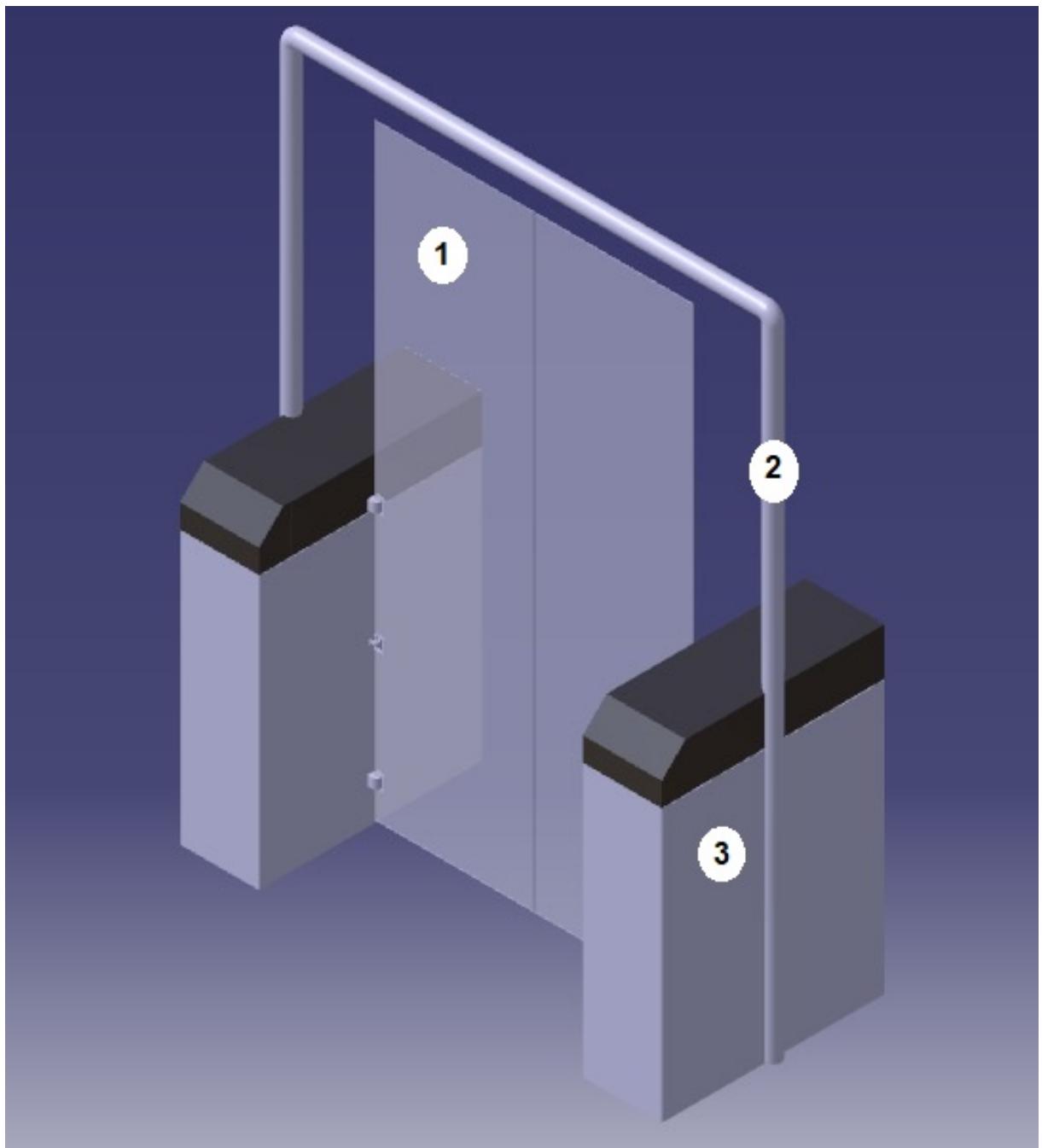


Figura 1 – CAD da porta

Número	Componente
1	Porta
2	Moldura
3	Gabinete

Tabela 1 – Componentes principais da porta

3.1 Análise Teórica

A análise teórica tem como objetivo descrever a teoria de aspectos que devem ser considerados na solução estrutural, como a escolha de materiais e o dimensionamento de componentes.

3.1.1 Teoria de paredes finas

Pode-se definir um elemento como parede fina quanto a sua espessura é pequena em comparação com suas outras dimensões, porém, ainda assim o elemento é capaz de resistir à flexão junto as forças de membrana (MEGSON, 2010). Os elementos utilizados na Smart Door possuem tal característica, e assim podem ser analisados utilizando a teoria de paredes finas.

3.1.2 Flambagem

Peças de paredes finas quando submetidas a um esforço de compressão axial estão sujeitas ao fenômeno de flambagem, que ocorre quando a peça sofre flexão transversal devido a compressão. Para placas com paredes finas, a tensão crítica pode exceder o limite elástico e tem forma (MEGSON, 2010):

$$\sigma_{cr} = \frac{\eta k \pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

Onde k é o coeficiente de flambagem que pode ser encontrado no diagrama abaixo:

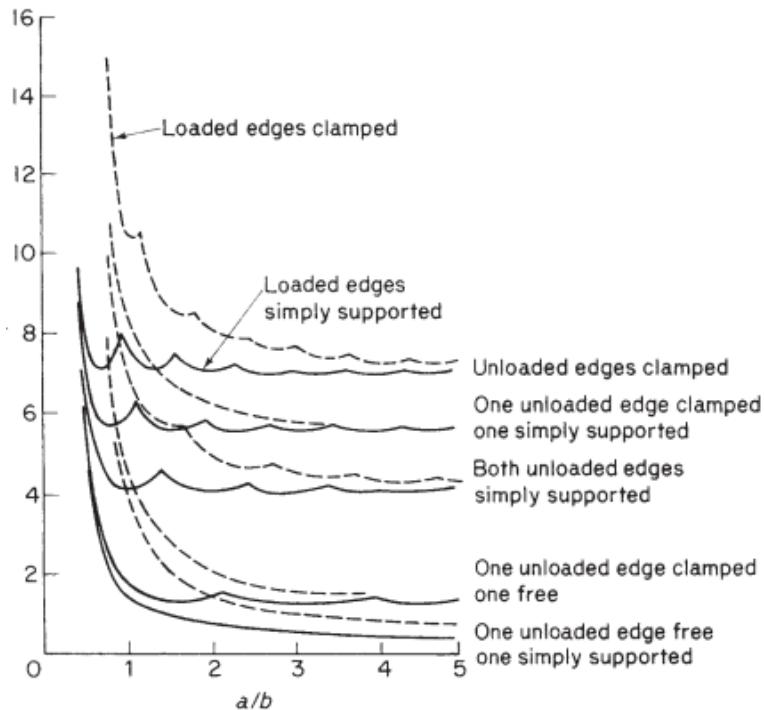


Figura 2 – Coeficiente de flambagem

Como a maioria das peças utilizadas podem ser consideradas como elementos de paredes finas, caso os elementos da Smart Door sejam submetidos a um esforço de compressão axial estarão suscetíveis ao fenômeno de flambagem.

3.1.3 Critérios de falha

O critério da máxima energia de distorção (Von mises) baseia-se na determinação da energia de distorção de um certo material, e afirma que o componente estrutural estará em condições de segurança se as tensões nos planos principais obedecerem a seguinte relação (BEER, 2006):

$$\sigma_a^2 - \sigma_a \sigma_b + \sigma_b^2 < \sigma_y$$

Onde sigma-y é a tensão de escoamento do material.

3.2 Simulações

De forma a analisa o comportamento em pontos considerados críticos na estrutura, foram realizadas simulações a fim de obter as respectivas tensões nos pontos. Inicialmente foi realizada a simulação na estrutura do gabinete exatamente nos pontos que sofrem esforços devido a ancoragem das placas das portas. Foi realizada uma análise da estrutura como um corpo livre de forma a observar se os graus de liberdade correspondem na condição que o gabinete se encontra conforme é apresentado na Figura 3. Nela é possível

observar que as seis frequências, três de translação e três de rotação estão de acordo com a resposta esperada.

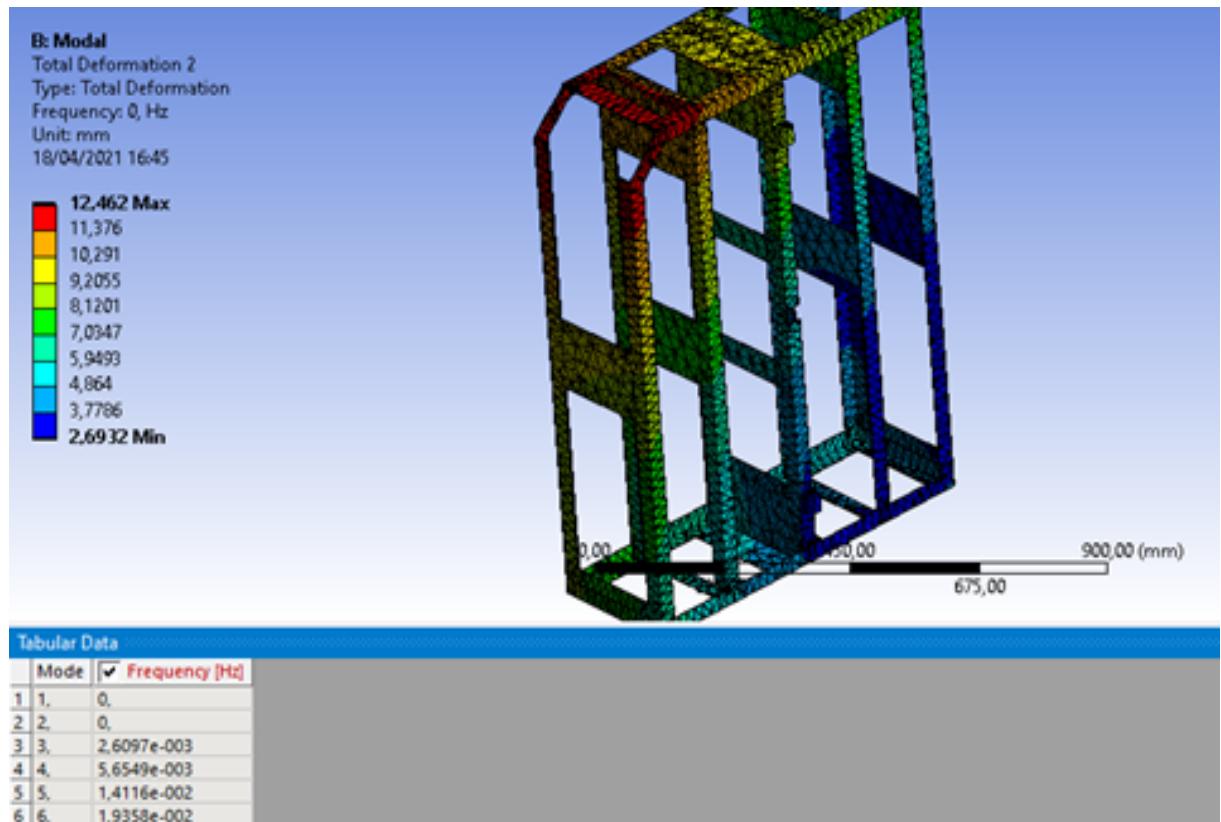


Figura 3 – Análise do gabinete e frequências de corpo livre.

Com a primeira avaliação concluída, procede-se com a imposição das forças nos pontos de ancoragem das placas e então obter a tensão equivalente de Von Mises. Na Figura 4 é possível observar os dois pontos onde foram aplicadas as forças, correspondente ao ponto A e B, enquanto o ponto C seria a fixação da superfície inferior do gabinete de forma a evitar deslocamentos.

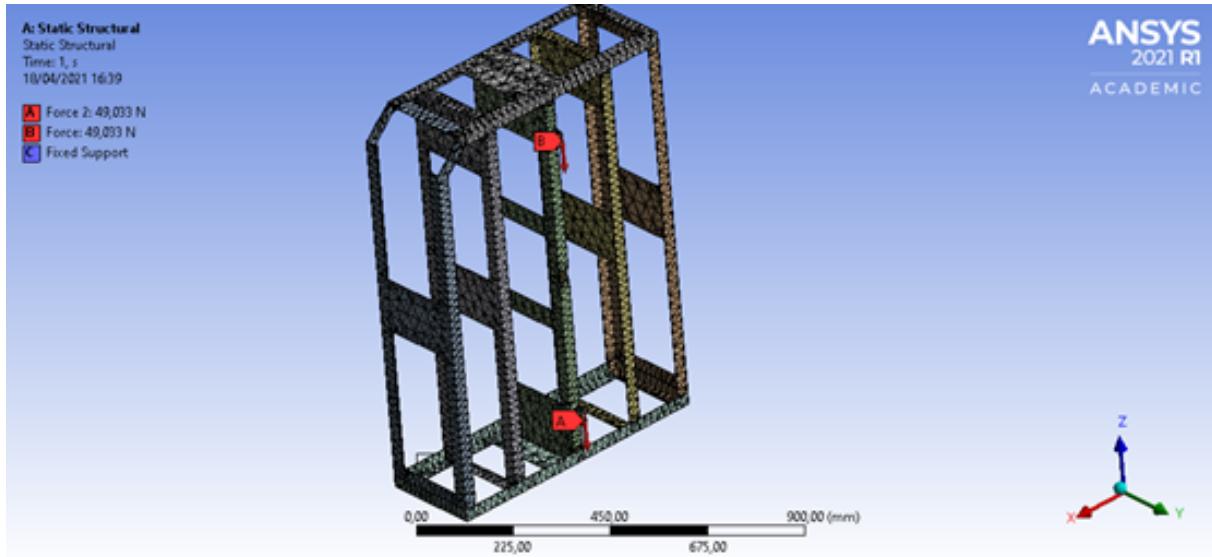


Figura 4 – Pontos de aplicação da força.

A consideração desses pontos de ancoragem se deu pelo peso que as placas causam nestes e, portanto, observar o comportamento da estrutura e a deformação provada. Na Figura 5 e 6 é possível ver os resultados obtidos e a resistência da estrutura ao peso das placas de vidro. Isso pode ser confirmado com a qualidade do elemento na malha no qual apresenta baixa distorção.

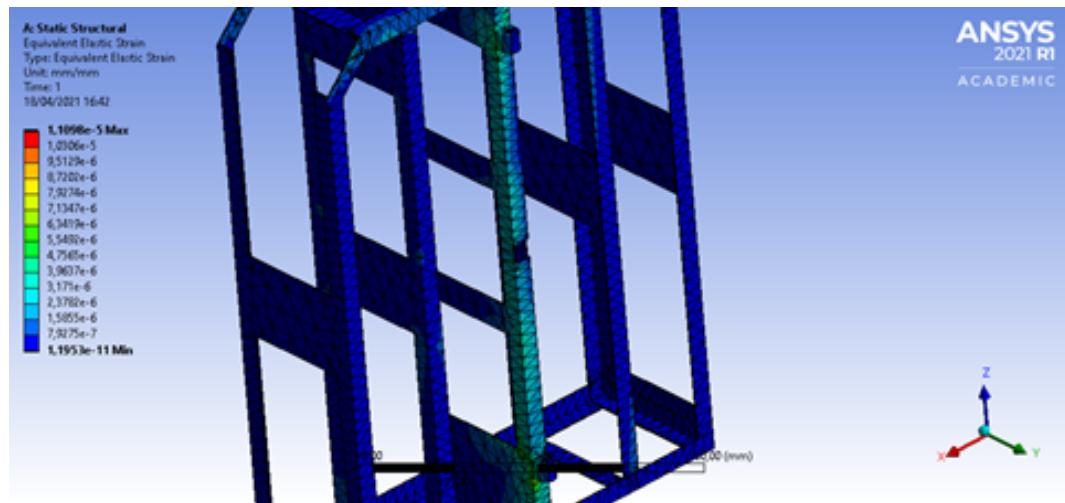


Figura 5 – Comportamento da estrutura após aplicação das forças.

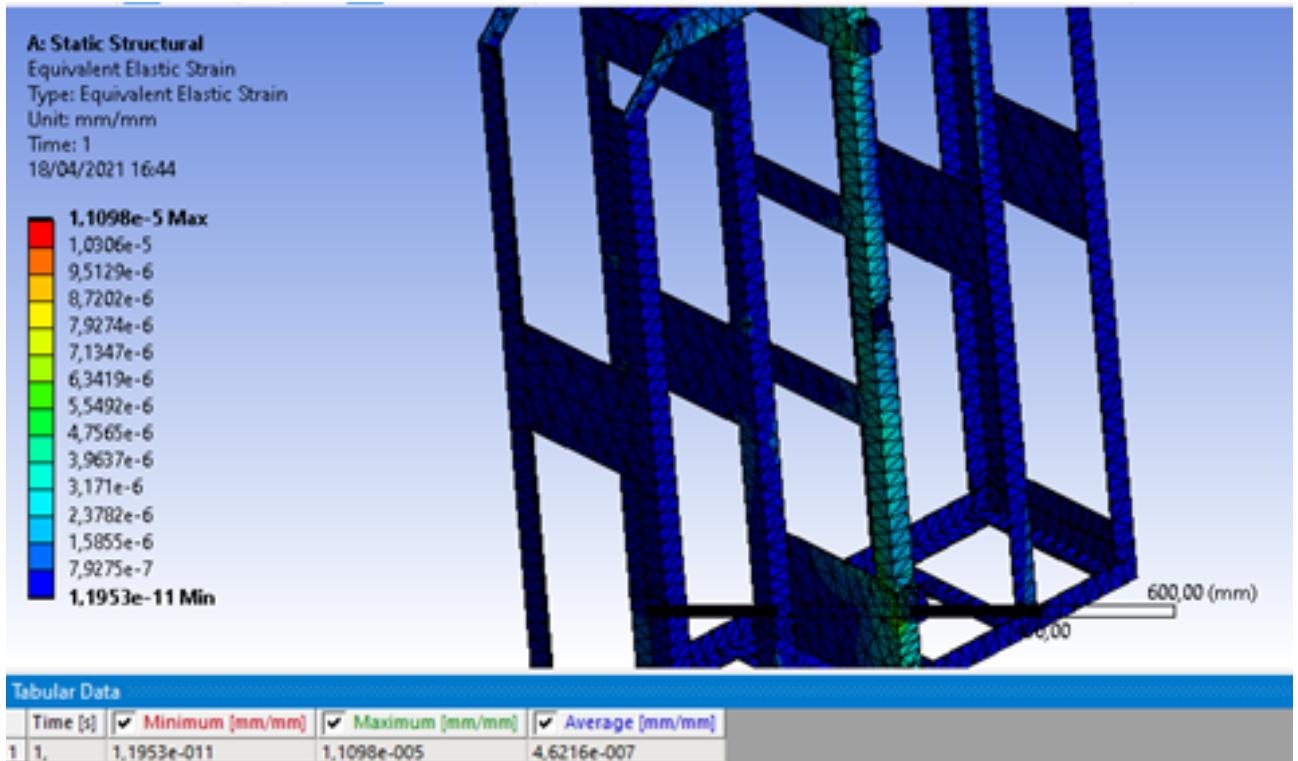


Figura 6 – Tensão equivalente de Von Mises obtida com a simulação.

Após avaliar o comportamento estrutural do gabinete, procedeu-se com a análise da moldura utilizando o mesmo rito inicial, ou seja, avaliar primeiro o comportamento da estrutura considerada como um corpo livre, sem nenhuma condição de contorno de forma a observar as frequências de corpo livre esperadas que devem estar zeradas ou próximas de zero, o que significa que não há nenhum outro movimento além de rotação e translação. Na Figura 7 pode ser observada o atendimento desse requisito inicial de análise.

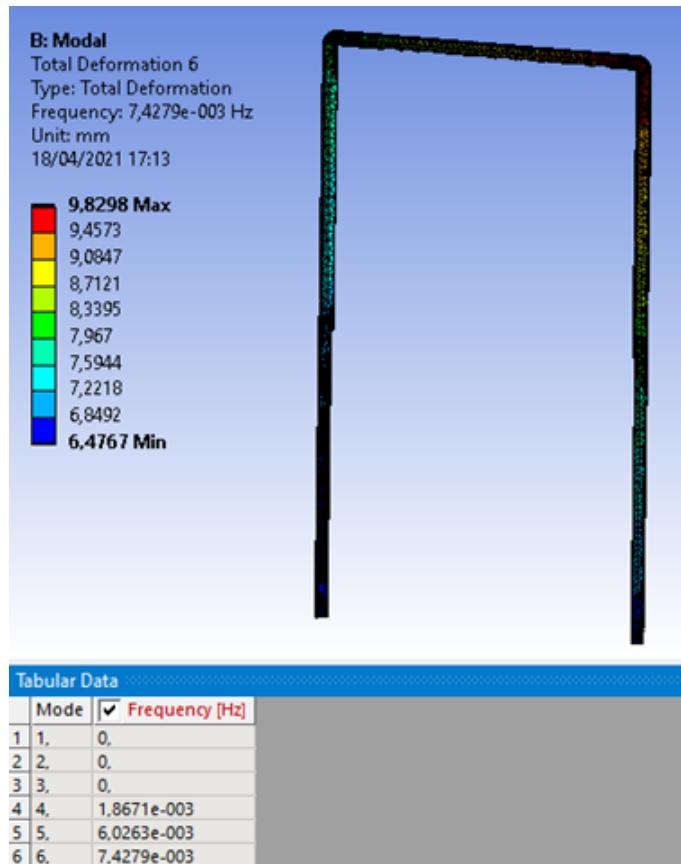


Figura 7 – Análise da moldura como um corpo livre.

Em seguida, foi imposta uma análise na estrutura considerando a força que o peso dos componentes eletrônicos (câmeras), localizados na parte superior e centralizadas, causam a moldura. Na Figura 8 é possível observar o ponto idealizado para alocação desses componentes eletrônicos e a direção da força imprimida.

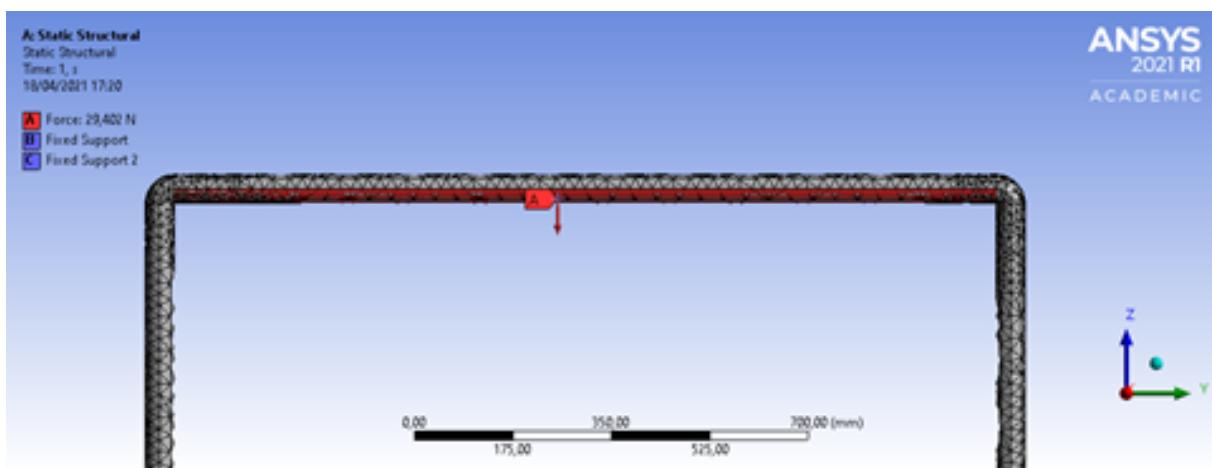


Figura 8 – Aplicação da força causada por componentes eletrônicos.

Novamente foi realizado a mesma análise seguindo a metodologia aplicada ao gabinete, no qual foram inseridos os pontos de fixação da moldura, conforme é visto na Figura 9, e então simular o comportamento desta, onde é esperado que seja provocado uma flexão na parte superior da estrutura devido a força resultante do peso. As figuras 10 e 11 apresentam os resultados obtidos, onde é possível observar que houve pouca distorção da malha com a força aplicada e o valor obtido com a tensão equivalente de Von Mises.

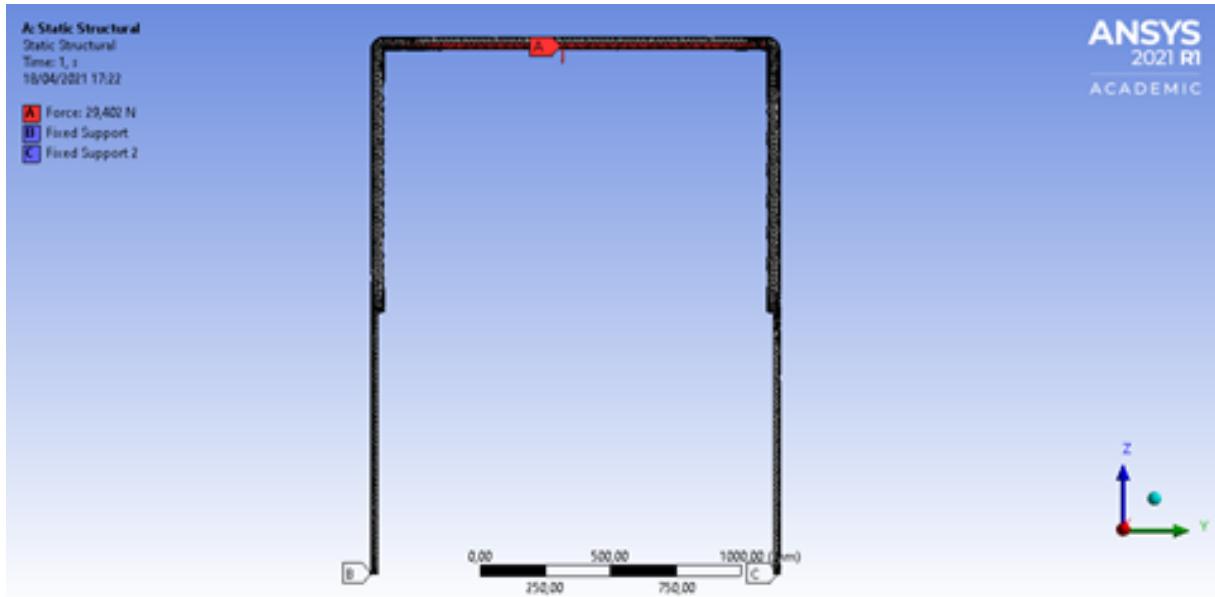


Figura 9 – Condições de contorno para a simulação da moldura

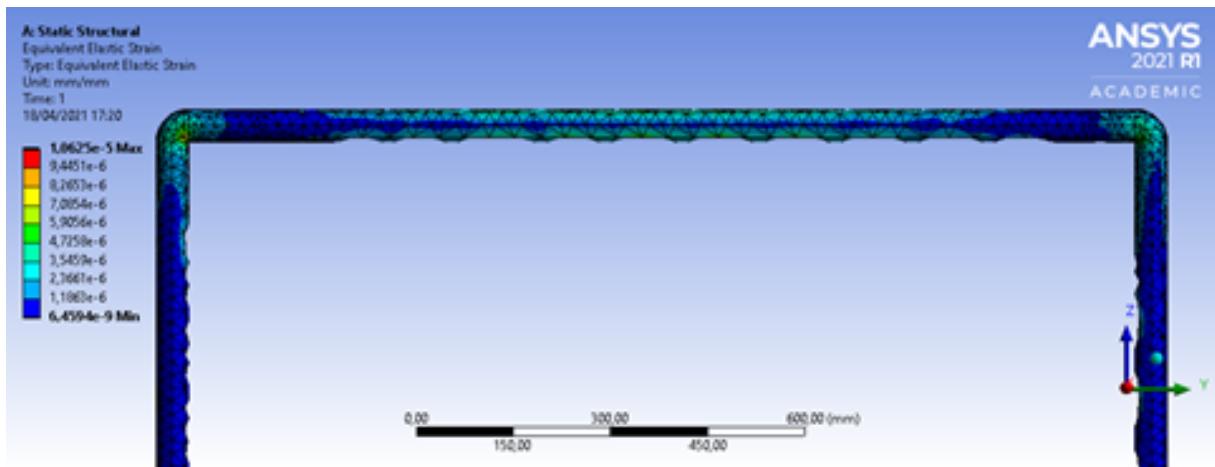


Figura 10 – Resultados para a deformação elástica equivalente da moldura

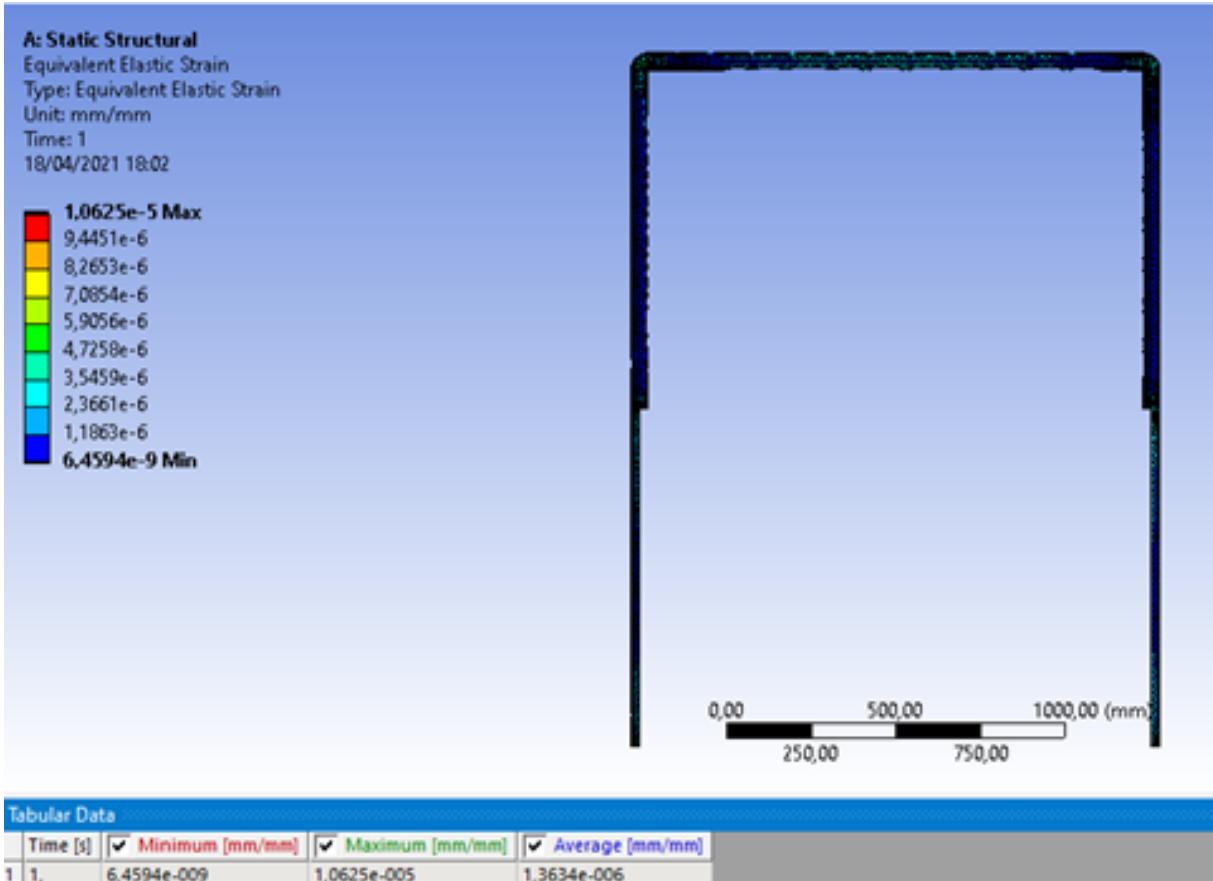


Figura 11 – Tensão equivalente de Von Mises devido a força resultante causada pelo peso dos componentes eletrônicos.

3.3 Porta

Para a porta o material escolhido será o vidro laminado, 1900x500x4mm, recomendado por R\$ 340 o metro quadrado.

O vidro laminado é feito com duas ou mais chapas de vidro float que são ligadas permanentemente por resina utilizando calor e pressão. As resinas utilizadas geralmente são polivinil butiral (PVB) e o etileno acetato de vinila (EVA). Quando quebrado, o vidro laminado tem seus fragmentos aderidos à camada de resina intermediária, o que reduz o risco de lesão. Vidros temperados podem substituir o vidro float para aumentar ainda mais a resistência ao impacto. O vidro laminado é aplicado em situações onde há risco de tornados e furacões, explosões e incêndios, sendo utilizado também para atenuação sonora, antivandalismo e como material à prova de balas. Em aplicações como de corta chamas e blindagem, são utilizadas várias camadas de vidro laminado, que passa a ser chamado vidro multilaminado.

A abertura de cada porta é realizada por meio da ação de uma correia que se

conecta a um motor no interior do gabinete. A correia atravessa a placa lateral do gabinete e rotaciona a porta por meio de uma roldana conectada ao vidro.

3.4 Moldura

A moldura será de tubo aço galvanizado de 2 polegadas, que pode ser obtida por R\$ 505,90 (6 metros). Serão passados, por dentro dos tubos, os cabos referentes aos subsistemas de eletrônica e energia. Os tubos serão conectados ao chassi.

3.5 Gabinete

O material escolhido para o gabinete é o aço inoxidável. Pelas vantagens e desvantagens descritas tanto do aço como do polipropileno, chegou-se à conclusão que o aço inoxidável é mais adequado ao projeto proposto, pois o aço tem a maioria das qualidades do polipropileno, como ser reciclável, baixo custo de manutenção, e tem outras qualidades não comuns à outra opção - por exemplo, ao contrário do polipropileno, o aço é inerte, ou seja, não reage a outros materiais. Todas as informações pertinentes à escolha do material do gabinete podem ser encontradas no apêndice D.

As dimensões são:

- Largura: 246 mm,
- Profundidade: 702 mm
- Altura: 1005 mm

O gabinete comportará:

- Nobreak
- Motores
- Inversor
- Sensor de presença

3.5.1 Chassi

Chassi em aço com dimensões de:

- Largura: 246 mm,
- Profundidade: 700 mm
- Altura: 1002 mm

Os chassis são a fundação estrutural de toda a porta, tendo a função de suportar as principais cargas referentes ao peso de todos os componentes e também a função de abrigar os componentes dos subsistemas da eletrônica e da energia. Por cima do chassi serão montadas as placas de aço, mencionadas na seção anterior.

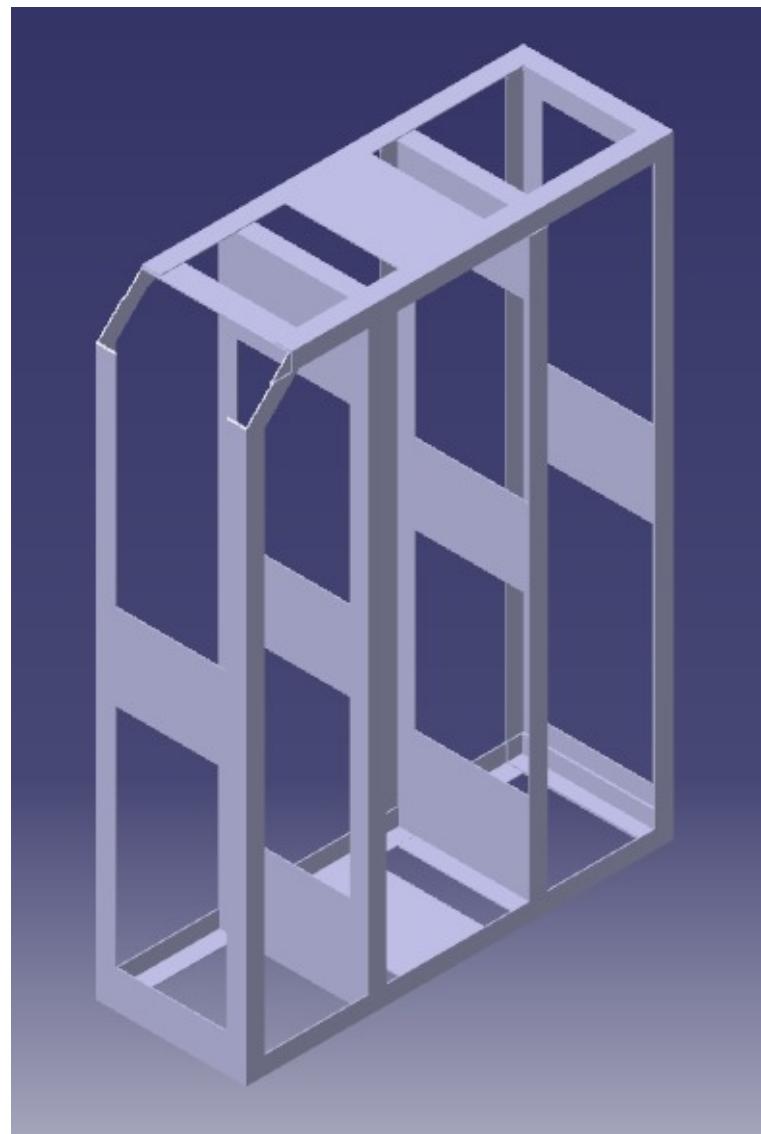


Figura 12 – Chassi desenhado no software CATIA

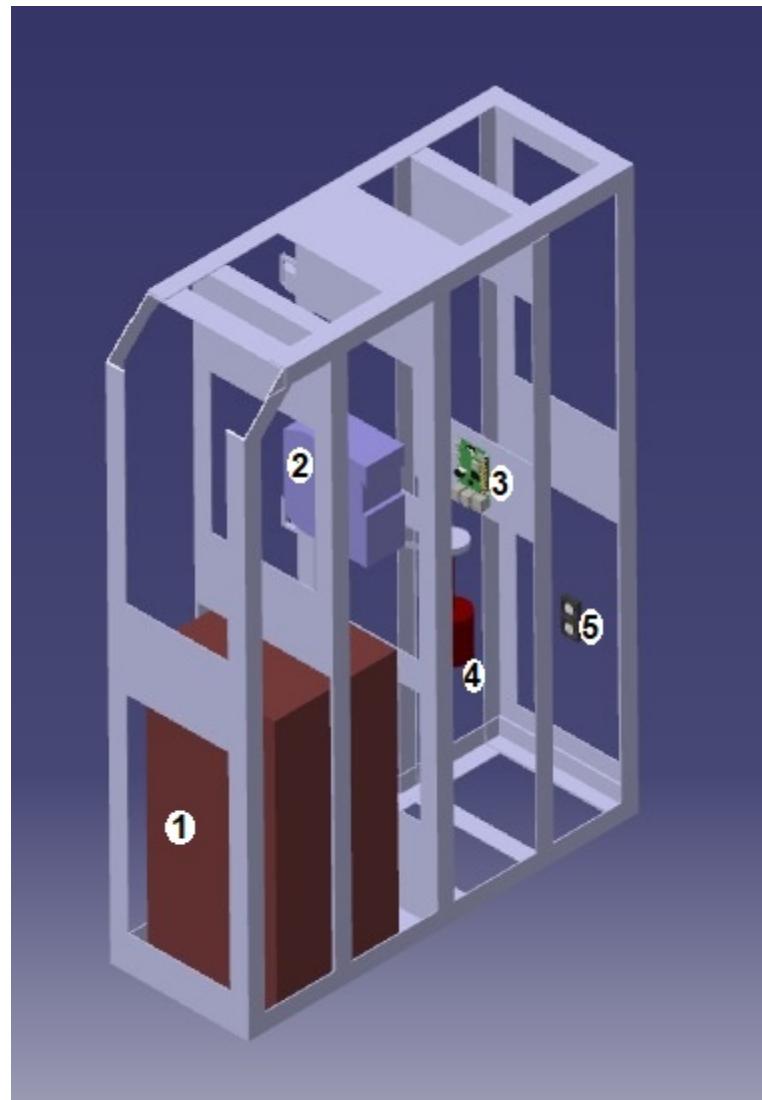


Figura 13 – Chassi com os principais componentes internos

Número	Componente
1	Nobreak
2	Inversor de frequência
3	Motor
4	Raspberry Pi
5	Ventoinhas

Tabela 2 – Componentes internos principais

4 Solução de Energia

O escopo da solução de energia envolve uma fonte de alimentação principal, que será a rede elétrica, e para que haja maior confiabilidade do sistema, será necessária uma fonte de alimentação secundária de energia, um nobreak, que alimentará os dispositivos quando houver interrupção do fornecimento primário. O projeto do nobreak deve atentar-se para as normas vigentes, como a NBR 15014 - Conversor a semicondutor - Sistema de alimentação de potência ininterrupta, com saída em corrente alternada (nobreak) - Terminologia; e a NBR 15204 - Conversor a semicondutor - Sistema de alimentação de potência ininterrupta com saída em corrente alternada (nobreak) - Segurança e desempenho.

O banco de baterias deverá ser dimensionado para suprir a demanda energética pelo tempo mínimo, para manter o funcionamento e evitar falhas de todos os componentes eletrônicos e mecânicos devido as quedas repentinhas de energia. Um Sistema de Gerenciamento de Baterias - BMS será responsável por monitorar o estado da bateria, para garantir sua proteção, possibilitando a operação com maior comodidade e segurança.

4.1 Diagramas

4.1.1 Diagrama unifilar

Como a SMART DOOR se trata de um projeto elétrico, foi decidido o desenvolvimento e detalhamento do sistema por meio de um diagrama unifilar e um diagrama multifilar. O diagrama unifilar representa o esquema elétrico de forma bidimensional do projeto, apresentando o trajeto dos condutores no sistema. Este tipo de representação é comumente utilizada para representar instalações elétricas em espaços físicos, entretanto, o desenvolvimento do mesmo para este projeto teve como objetivo demonstrar o percurso elétrico, sendo os condutores representados por um único traço e símbolos para identificar estes, como podemos ver abaixo, na figura 14.

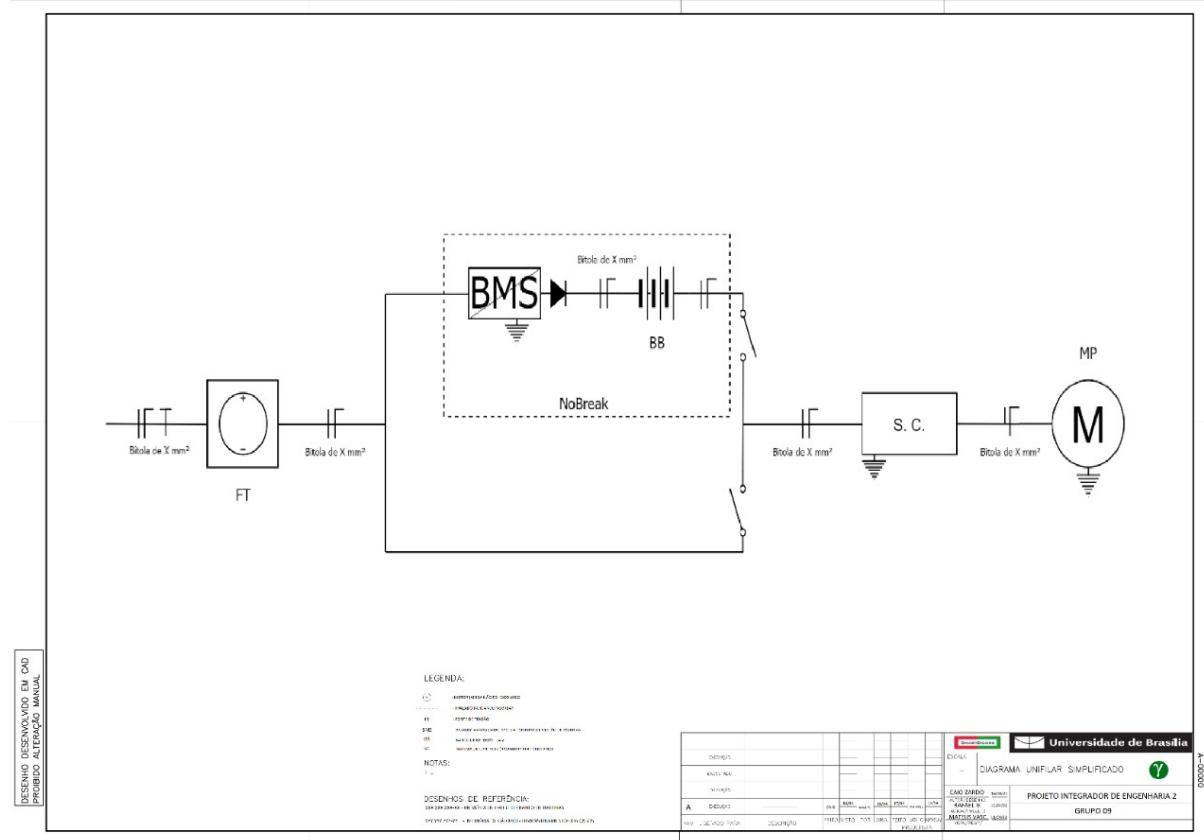


Figura 14 – Diagrama Unifilar

Também foi realizado a produção do diagrama multifilar, sendo a representação tridimensional, a qual representa com clareza as conexões elétricas do projeto, sendo detalhado condutores e componentes, entretanto, o foco deste foi a representação com maiores detalhes das conexões de acordo com as funcionalidades e requisitos do projeto. Este diagrama pode ser observado na figura 15, abaixo.

4.1.2 Diagrama Multifilar

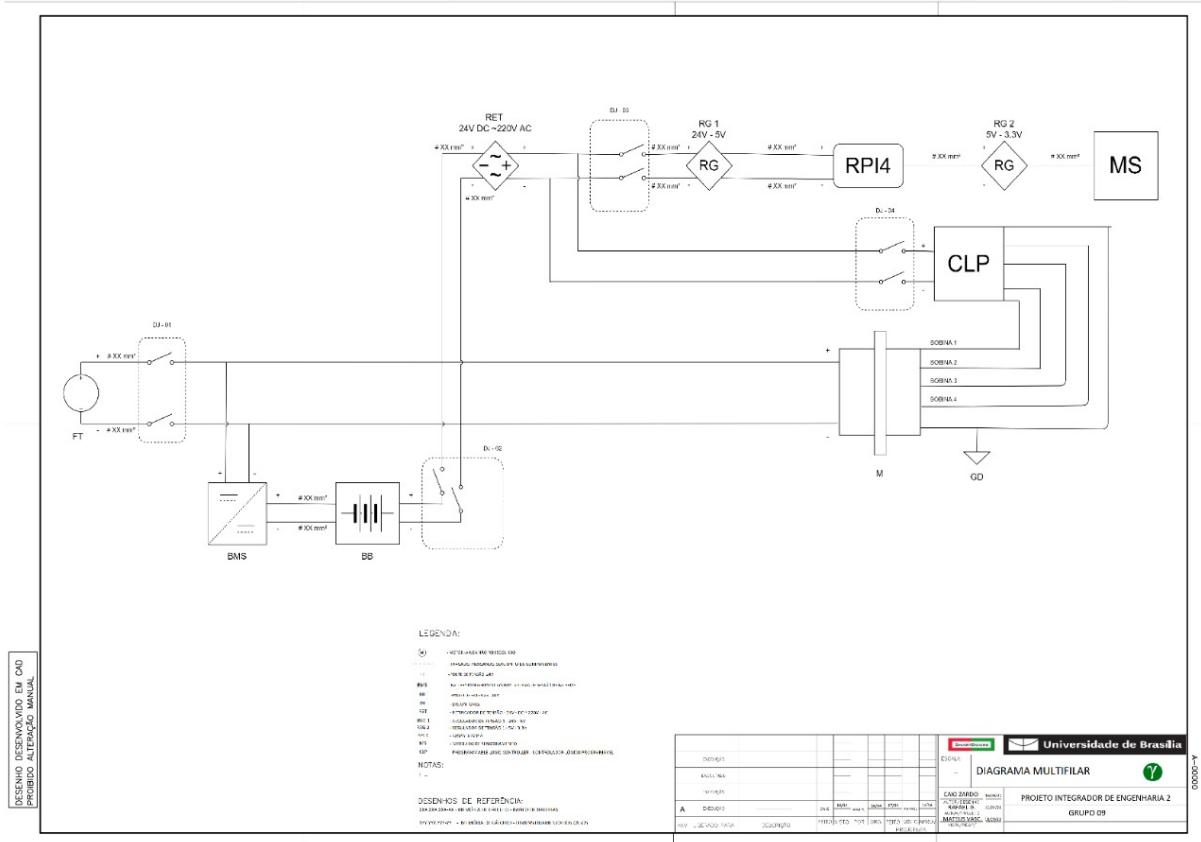


Figura 15 – Diagrama Multifilar

5 Eletrônica

5.1 Sistema eletrônico

O sistema eletrônico da *SmartDoor* será composto por uma raspberry e um CLP que formarão uma unidade de controle, leitura termográfica e pelo processamento de imagem. A raspberry será responsável pelo maior funcionamento do sistema, sendo responsável pelo sensor de presença, leitura térmica do usuário, comunicação com o display, comunicação com RFID e o processamento de reconhecimento facial do usuário além de se comunicar com a CLP, que é responsável pelo controle e velocidade dos motores, sensor de fim de curso e pelo sensor antiesmagamento.

A alimentação do sistema eletrônico se da por meio de uma bateria de 24V, está passará por um conversor de tensão para regular a tensão que alimentará para os componentes eletrônicos, esta conversão ocorrerá por meio de um conversor DC-DC e um regulador de tensão de 3.3V que alimentará a maioria dos componentes.

O fluxograma que representa o funcionamento completo do sistema eletrônico pode ser verificado na figura 16.

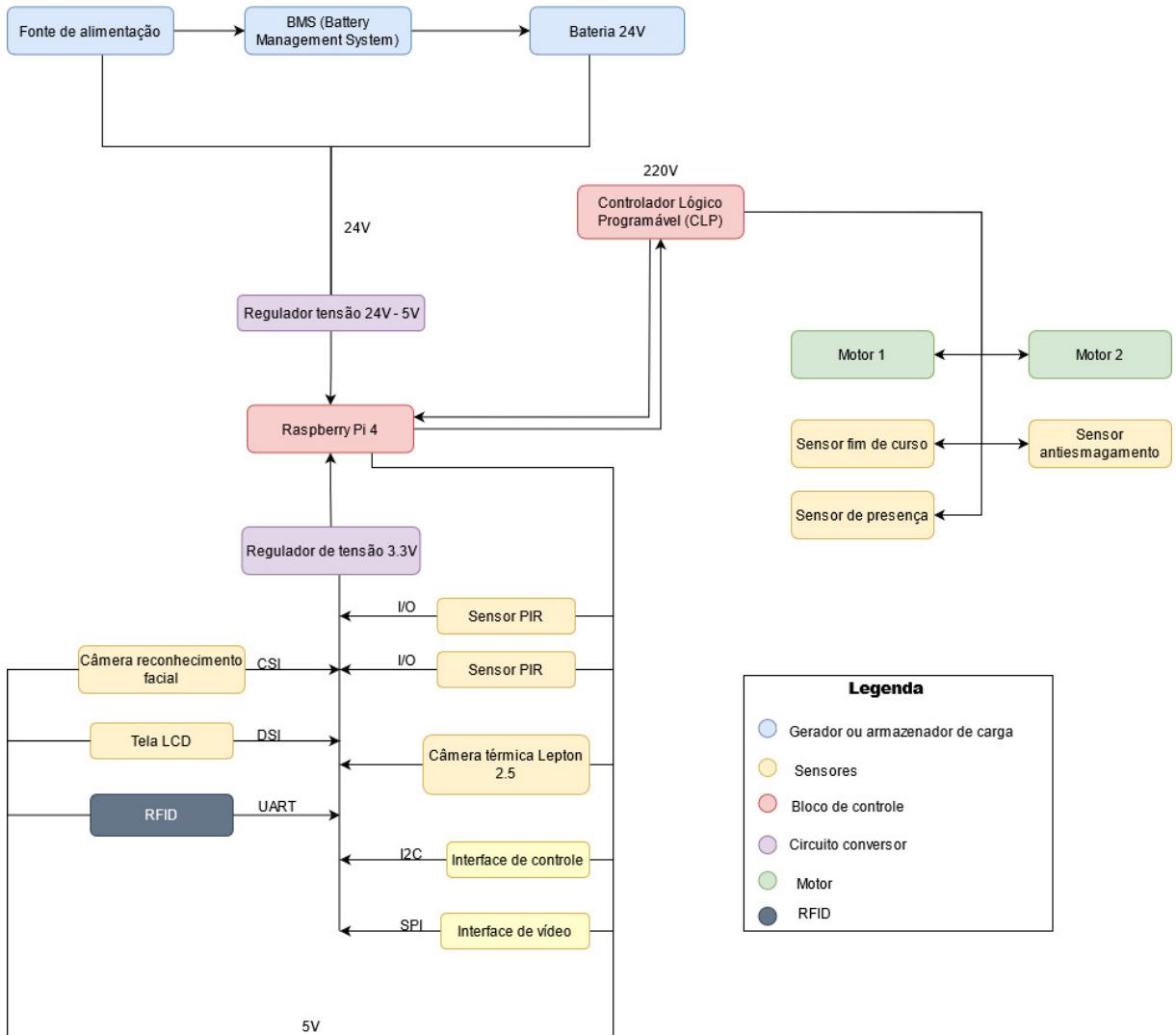


Figura 16 – Fluxograma sistema eletrônico

5.2 Raspberry Pi

O sistema embarcado irá ocorrer através da Raspberry Pi. Um sistema embarcado é um sistema de computador com uma função dedicada dentro de um sistema mecânico ou elétrico maior e geralmente com restrições de computação em tempo real. É incorporado como parte de um dispositivo completo, muitas vezes incluindo peças mecânicas e de hardware. Sistemas embarcados controlam muitos dispositivos em uso comum hoje em dia. Noventa e oito por cento de todos os microprocessadores são fabricados como componentes de sistemas embarcados.(HEATH, 2002)

A placa Raspberry Pi é um computador de placa única, ela estará acomplada a todos os componentes periféricos do sistema e ao banco de dados que ficarão na nuvem. A raspberry, de modo geral, funcionará como a parte que tomará as decisões no sistema.

Suas especificações são:

- Raspberry Pi 4 Model B
- Processador Broadcom 2711 Quad-core Cortex-A72 @ 1.5GHz
- Clock
- Memória Ram
- Adaptador Wifi
- Bluetooth
- 2 conectores de vídeo HDMI de até 4k
- 4 portas USB (2 portas 2.0 e 2 portas 3.0)
- Conector Ethernet com suporte IEEE 1588
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão microSD
- Conector áudio e vídeo
- GPIO 40 pinos
- Número de homologação Anatel: 06004-19-10629 (ref)
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm

5.2.1 Tela LCD

Foi escolhido a tela de 10 polegadas Raspberry Pi 4 modelo B para realizar a interação com o usuário. Apesar de existir diversos modelos para conexão da Raspberry Pi a monitores, como por exemplo utilizando o HDMI, a própria Raspberry lançou um modelo de display torna mais confiável a utilização visto na figura xx. Modelo escolhido, pois ele possui o tamanho ideal para se colocar na parte superior do gabinete, conseguindo fornecer um feedback para o usuário.([ARDUINO.ORG](#),)



Figura 17 – Itens que compõe o display LCD da raspberry pi

Para conectar a Raspberry Pi, utilizamos um cabo flat no qual conecta a placa adaptadora ao conector DSI do Raspberry Pi, também é utilizado jumpers para alimentação ou um cabo USB.

5.3 Sistema de Aquisição

5.3.1 Reconhecimento facial

A câmera utilizada para o reconhecimento facial, foi escolhida com base em compatibilidade com o sistema de processamento, tamanho físico e resolução de imagem. Buscando nessas características a melhor compatibilidade com a raspberry, o menor tamanho para integração na estrutura e a melhor resolução. Entre as escolhas que atendem as especificações a escolhida foi a Câmera Raspberry Pi v2 com 8MP e sensor Sony IMX219, com uma grande compatibilidade com o sistema por ser da mesma companhia, com um tamanho pequeno de dimensões 25mm x 20mm x 9mm e com uma resolução de imagem de 8 mega pixéis podendo chegar a imagens de até 1080 pixels.

- Câmera Raspberry Pi v2 com 8MP e sensor Sony IMX219

- Conector CSI (Camera Serial Interface)
- Sensor: Sony IMX219
- Resolução: 8MP
- Dimensões: 25 x 20 x 9mm
- Peso: 3g

Como já informado o sistema de captura e comparação será feito pela raspberry, a qual conterá os arquivos de comparação e por meio da câmera ligada a ela implementará a captura de vídeo no qual será adquirida as imagens, as quais receberão filtros onde se selecionará o rosto e passará a imagem para escala de cinza e fará a comparação, como mencionado no ponto de controle 1 encontrado no apêndice c.

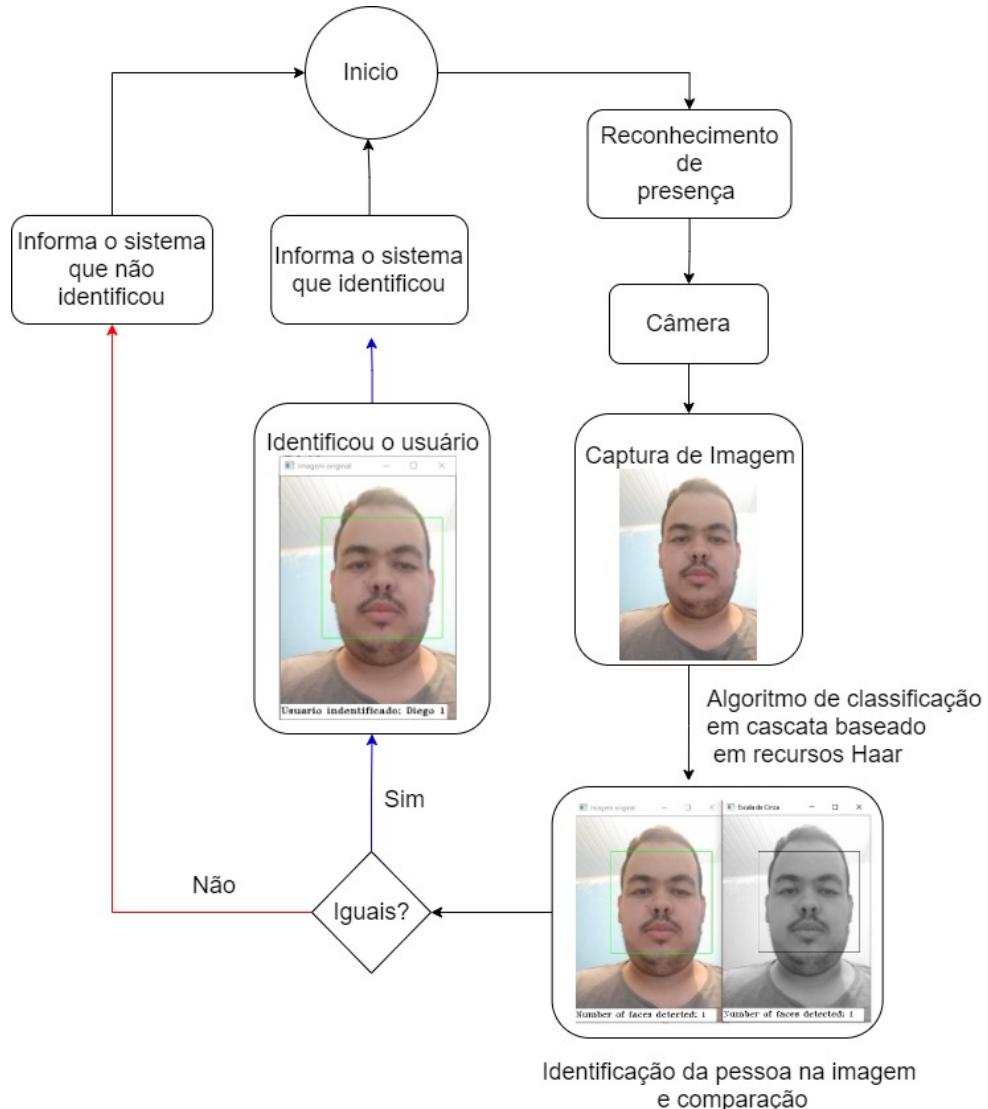


Figura 18 – Diagrama simplificado do sistema de reconhecimento facial

5.3.2 Leitura termográfica

O FLIR Lepton 2.5 é um de imagem térmica é uma solução de câmera infravermelha de onda longa com capacidade radiométrica menor do que uma moeda, cabe dentro de um smartphone e é mais barata do que as câmeras infravermelhas tradicionais. Com uma matriz de plano focal de 80x60 pixels ativos, a câmera Lepton se integra facilmente em nosso sistema embarcado. O Lepton radiométrico captura dados de temperatura precisos, calibrados e sem contato em cada pixel. Sendo excelente para nossa finalidade, pois trabalha bem com ferramentas de desenvolvimento baseadas em ARM, que é o caso da Raspberry Pi.

A câmera Lepton 2.5 possui uma resolução de 80 x 60 pixels ativos em uma câmera com dimensões muito pequenas sendo elas $11.5 \times 12.7 \times 6.835$ mm. A capturação da entrada de radiação infravermelha em sua banda de comprimento de onda tem uma resposta nominal de 8 a $14\mu m$ e produz uma imagem uniforme. O Lepton 2.5 gera um valor de temperatura calibrado de fábrica para todos os 4800 pixels em um quadro. Ela aceita uma entrada de 3.5V ou 5V, para ler a imagem precisamos conectar a Lepton 2.5 a porta SPI da Raspberry, onde também faremos os ajustes da câmera. É possível utilizar sem a conexão I^2C , porém é indicado para mexer na interface de controle.([FLIR LEPTON 2.5](#),)

Para conexão da Lepton 2.5 com a Raspbeery, podemos utilizar de acordo com a figura 19.

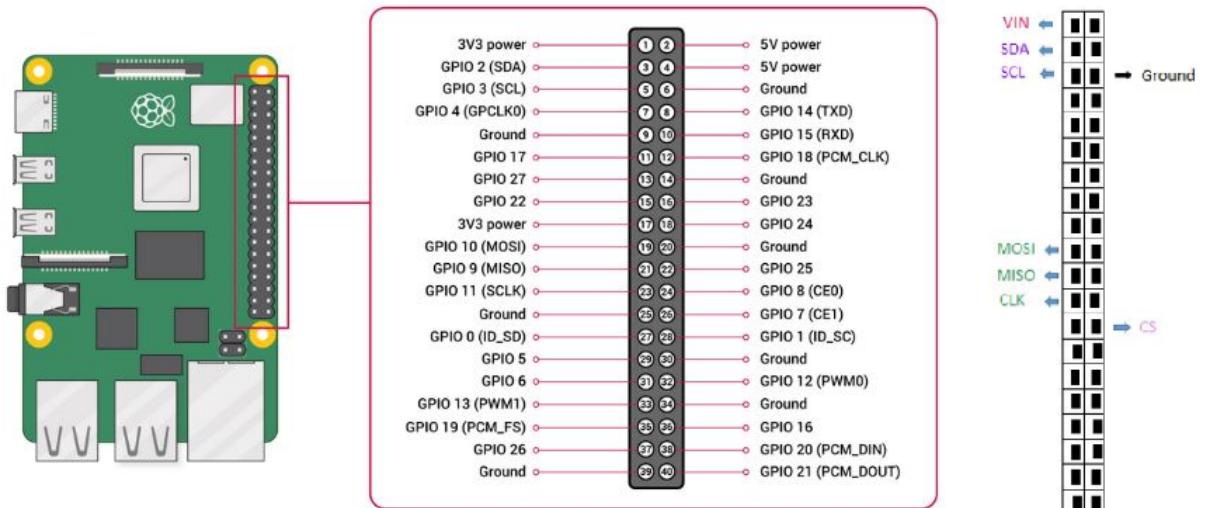


Figura 19 – Tabela de conexões

5.3.3 RFID

Para o dimensionamento do sistema RFID foi escolhido o sistema de transponder passivo 868/915 MHz (ISO 18000). De acordo com o gráfico a seguir ([FINKENZELLER, 2003](#)), essa categoria possui as características solicitadas pelo escopo do projeto e uma distância considerável para a categoria passiva, podendo chegar a vários metros de distância. Essa tecnologia é comumente usada em sistemas de cobrança automática de pedágio em estradas e em depósitos com logística de mercadorias, conhecida comercialmente como RFID UHF (Ultra High Frequency).

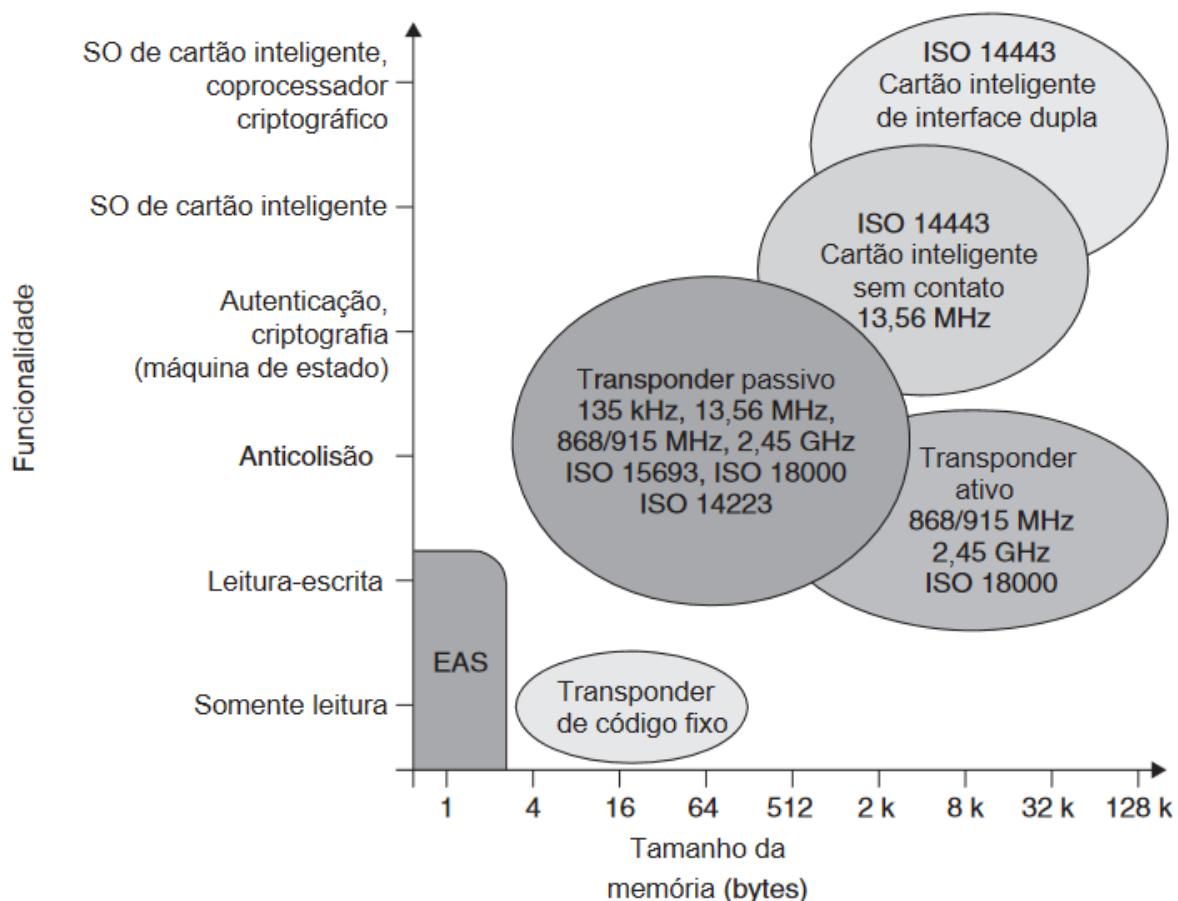


Figura 20 – Classificação de Sistemas RFID low-end e high-end de acordo com sua funcionalidade

O RFID UHF passivo também possui aplicações em autenticação e criptografia, mas a criptografia no RFID não é um dos requisitos do projeto por se tratar de um sistema fechado com o número de usuários chegando no máximo a alguns milhares cadastrados, e tendo uma segunda identificação por reconhecimento facial, tornando o sistema RFID uma validação e associação do usuário à etiqueta que ele está portando para possíveis

dispositivos detectores implementados no espaço interno.

O modelo de placa para a leitura e identificação da etiqueta RFID selecionado foi o modelo Cottonwood com Circuito Integrado AS3992, por ser de rápida manutenção e atender perfeitamente a distância solicitada pelo projeto, que pode variar de 1 a 2 metros.

O modelo Cottonwood tem em suas especificações a distância máxima de 5 metros em um cenário ideal, mas para solucionar os requisitos do projeto será usado um divisor de potência do tipo Wilkinson de quatro vias e quatro antenas, como demonstrado na imagem a seguir.

O diagrama representando na figura abaixo, representa o sistema RFID do projeto, sendo meramente ilustrativo para o entendimento da implementação.

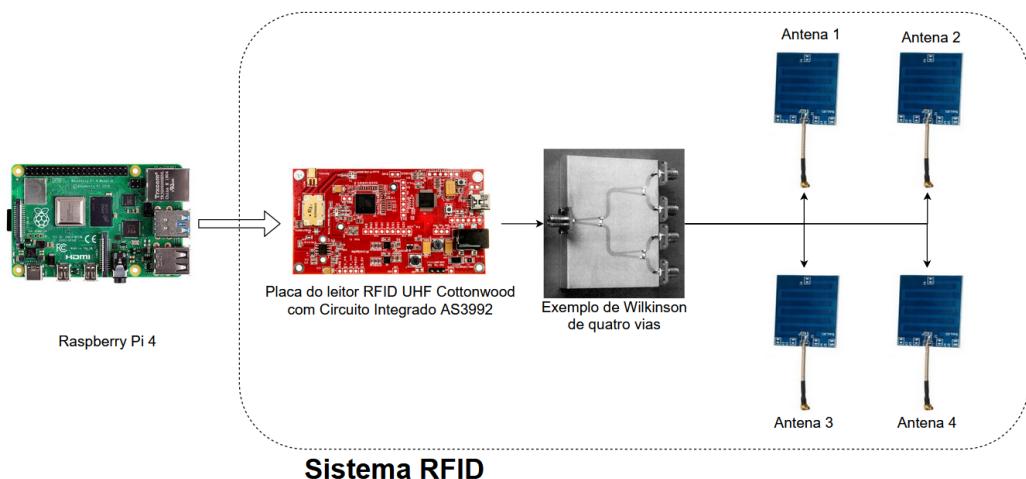


Figura 21 – Diagrama do sistema RFID do projeto

As antenas serão dispostas na porta tanto na parte frontal quanto na parte traseira dos gabinetes, e as múltiplas identificações de usuários são contempladas pelo protocolo ISO 18000-6C (EPC Gen2) usado pelo CI AS3992.

O Wilkinson é um divisor de potência bem comum na eletrônica de radiofrequência, faz o balanceamento entre as cargas nas antenas com o objetivo de não sobrecarregar o resto do sistema e, caso alguma antena seja danificada, as restantes ainda conseguem se manter em funcionamento por um curto período até ter uma manutenção do dispositivo danificado.

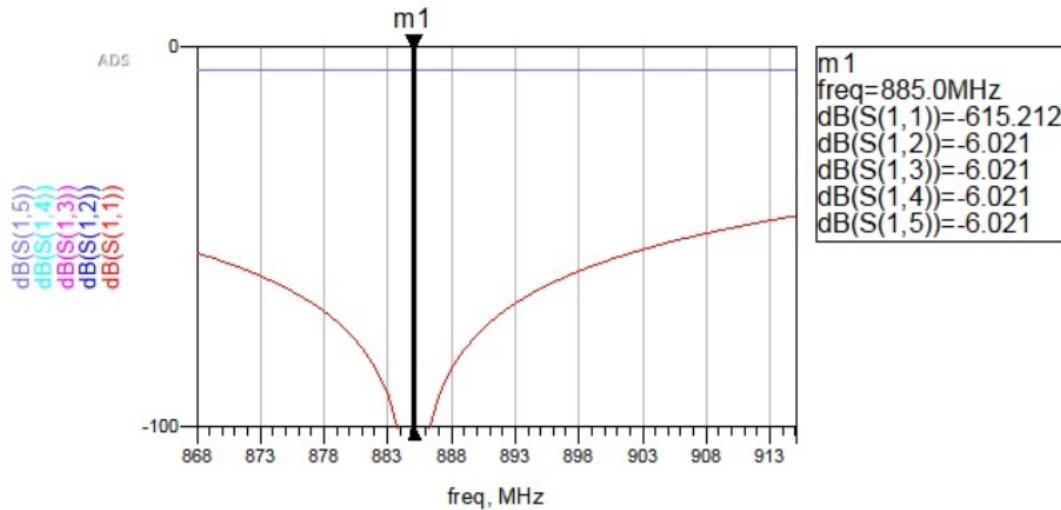


Figura 22 – Simulação do Wilkinson ideal de quatro vias no ADS

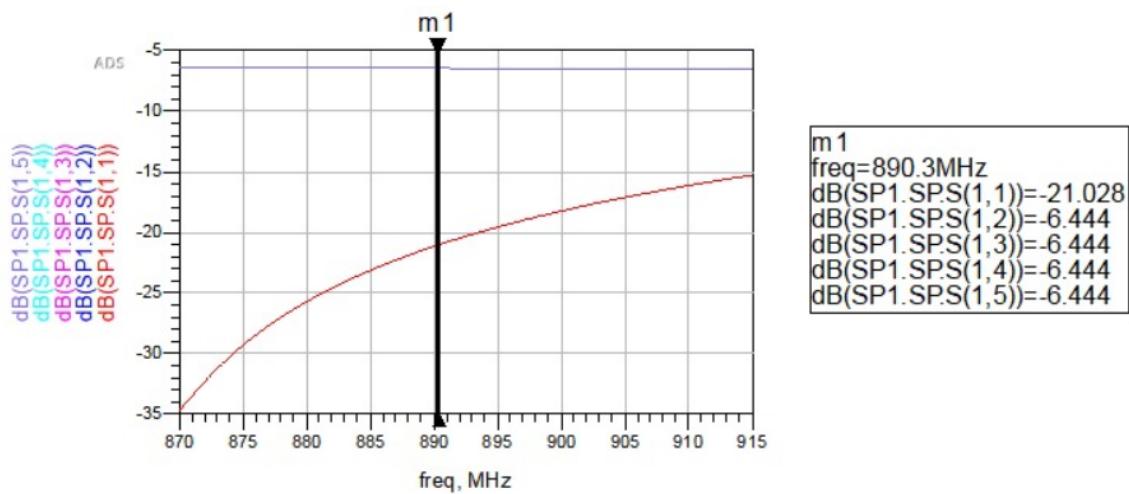


Figura 23 – Simulação do Wilkinson não ideal e não otimizado de quatro vias no ADS

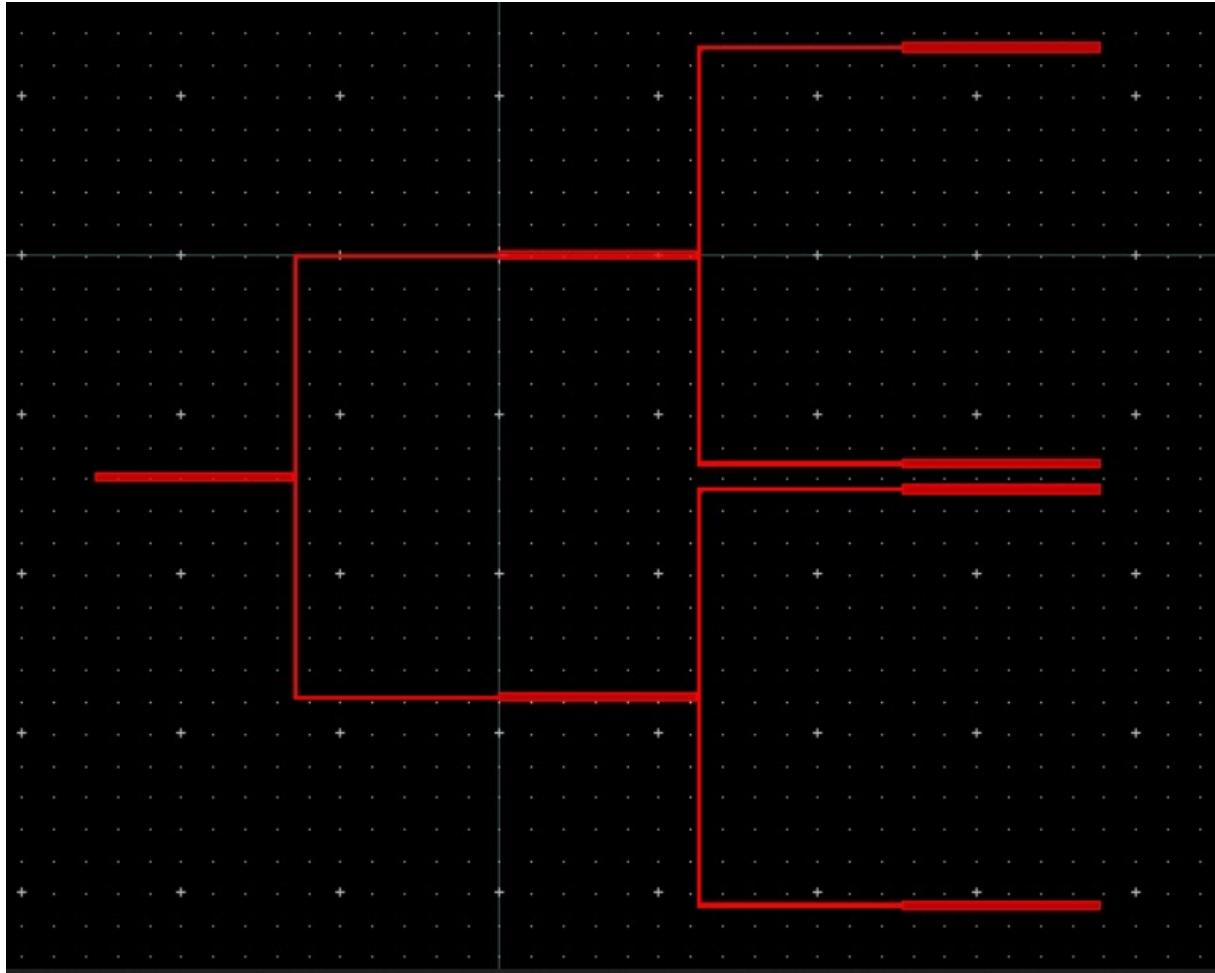


Figura 24 – Layout do Wilkinson não ideal e não otimizado de quatro vias no ADS

As antenas representadas são ilustrativas e o seu dimensionamento será feito após a conclusão do Wilkinson.

5.3.4 Sensor de presença

A escolha do sensor de presença se deu pela facilidade de modificar o tempo em que ele fica ativo e o range de atuação do mesmo (podendo ser ajustado tanto analogicamente, por seus dois potenciômetros, quanto por software). Para isto, o que melhor se adequou as nossas necessidades foi o Sensor PIR HC-SR501. Ele é um módulo que usa um sensor PIR (piroelétrico), modelo RE200B, encapsulado em um bloco metálico e hermeticamente fechado. Este sensor é montado sob uma lente de Fresnel, modelo NL-11NH, com a finalidade de concentrar a radiação para o ponto onde o sensor piroelétrico está localizado na placa do HC-SR501. Desta forma, torna-se possível a detecção da variação de luz infravermelha emitida pela radiação do corpo humano.

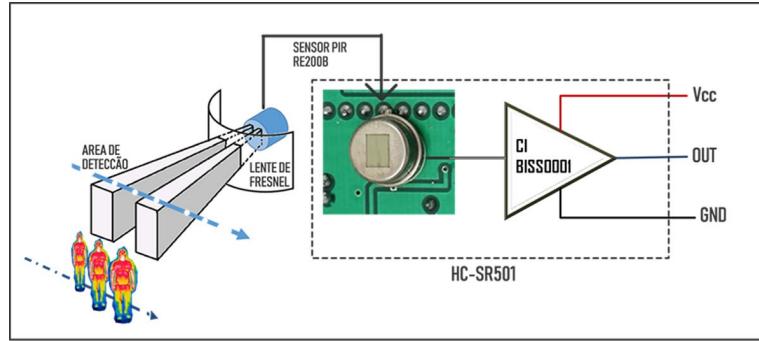


Figura 25 – Elementos Piroelétricos e Circuito de Detecção do Sensor PIR HC-SR501

Quando um corpo que emite radiação atravessa o campo de medição do sensor PIR HC-SR501, os elementos piroelétricos do RE200B detectam uma mudança no nível de radiação infravermelha e geram um sinal lógico. Este sinal de saída do RE200B é recebido pelo circuito de detecção, que usa o CI BISS0001, e é tratado de forma adequada para gerar o pulso de saída do sensor PIR HC-SR501.

As especificações deste sensor, podem ser vistas na tabela abaixo:

Tensão de alimentação	5 à 12 Volts CC
Consumo	65 mA
Sinal de saída	Pulso com amplitude de 3V e duração ajustável no potenciômetro “delay time”
Ajuste da duração do pulso de saída	0,3 à 5 minutos
Modo “Repeat Trigger”	“Disable Repeat Trigger” (jumper L) e “Enable Repeat Trigger” (jumper H)
Sensibilidade (de alcance)	Até 6 metros, ajustável no potenciômetro “sensitivity”
Temperatura de operação	-15 à 70 graus Celsius
Dimensões da placa	32 x 24 mm
Diâmetro da lente de Fresnel	23 mm

Figura 26 – Especificações do Sensor PIR HC-SR501

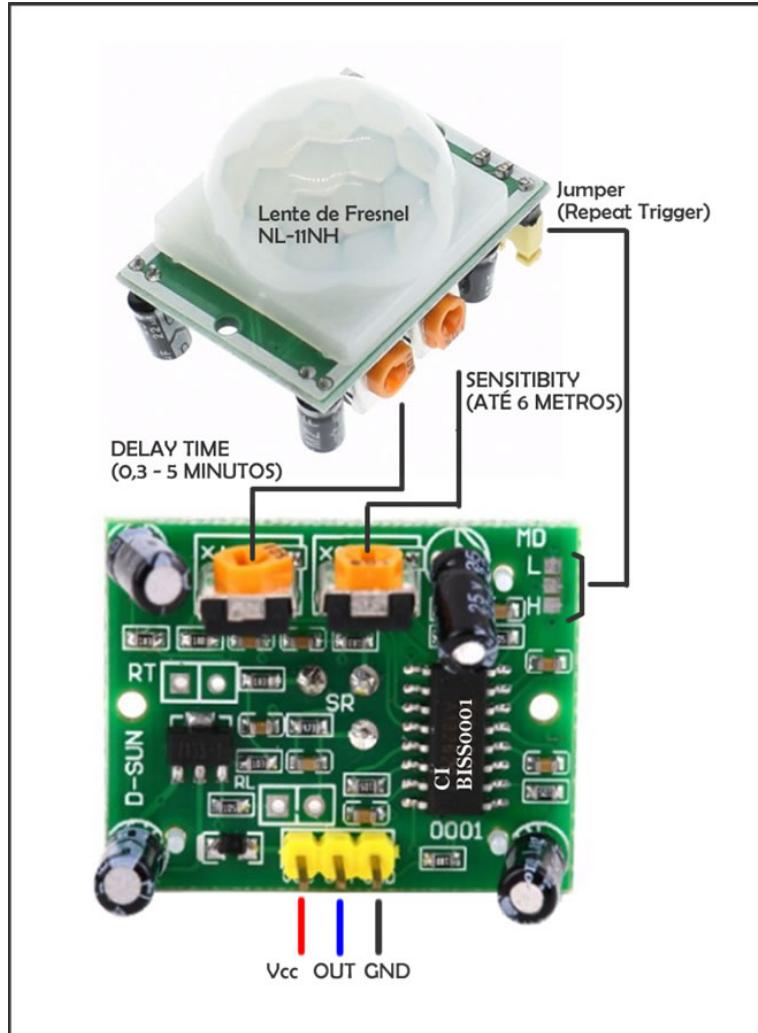


Figura 27 – Detalhamento do Sensor PIR HC-SR501

Para a instalação dos dois sensores vamos testar o ajuste de forma analógica, e caso não fique da forma desejada, faremos o ajuste do mesmo por software. Foi decidido que o sensor será usado no modo "repeat trigger", no qual a saída do mesmo permanece em nível lógico alto durante todo o tempo em que algo estiver se movendo dentro da área de alcance do sensor.

A conexão dos sensores PIR HC-SR501 à Raspberry PI-4 é simples. Pode-se notar que a saída do sensor só poderá ser um nível lógico alto ou baixo e assim, tudo que se precisa fazer é ler este sinal e partir para a próxima rotina de tomada de decisão, que será, caso nível alto, o RFID, sensor térmico, reconhecimento facial e demais etapas, como foi explicitado neste, para o primeiro sensor PIR e, para o segundo sensor PIR, após a leitura de nível alto e a respectiva nível lógico baixo . Podemos representar esse nível lógico como uma onda quadrada, que está em nível lógico alto (5V) enquanto o sensor detecta a presença e nível lógico baixo (0V), quando o sensor não detecta mais radiação.

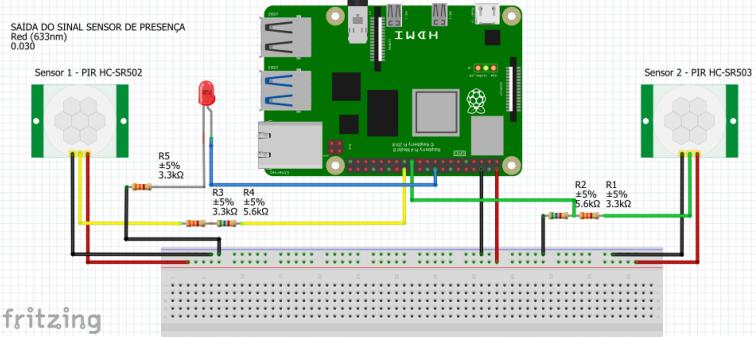


Figura 28 – Simulação do Sensor PIR HC-SR501 na Raspberry PI 4

Nesta simulação foi conectado os dois sensores PIR nas portas GPIO 11 (entrada) e GPIO 7 (saída), respectivamente. Foi colocado um LED, na simulação, com saída na porta GPIO 24, como forma de indicar o funcionamento dos sensores. Basicamente eles funcionarão para dar início a toda rotina e para finalizar toda a rotina da porta.

5.4 CLP - Controlador Lógico programável

Para facilitar a implementação e a manutenção da porta, foi decidido que a programação será dividida em duas partes. A Raspberry Pi vai ficar responsável pela programação em linguagem de alto nível para o reconhecimento facial, temperatura e comunicação com aplicações na internet e o CLP vai ficar responsável pela programação ladder e implementação da máquina de estados na rotina de abertura e fechamento da porta. Contará com o auxílio de inversor de frequência e dos sensores de fim de curso, presença e do sistema anti esmagamento, especializando assim os sistemas e melhorando o fluxo de dados e facilitando a lógica de funcionamento.

O CLP, será responsável pela abertura da porta, ao se aproximar da porta um sensor de presença (sensor PIR) emitira um sinal ao CLP que o encaminhara a Raspberry para validação de usuário, após a confirmação será transmitido de volta um sinal que iniciara o processo de abertura da porta, assim acionando os motores, os quais serão mantidos ativos até que o primeiro sensor de fim de curso seja acionado gerando o sinal de parada, aguardara o sinal do sensor de presença 2 localizado no final da porta indicando a passagem do usuário, assim iniciando o processo de fechamento da porta, ligando os motores em sentido reverso seguindo o curso até atingir o ponto marcado pelo sensor fim de curso 2 assim voltando ao estado de espera.

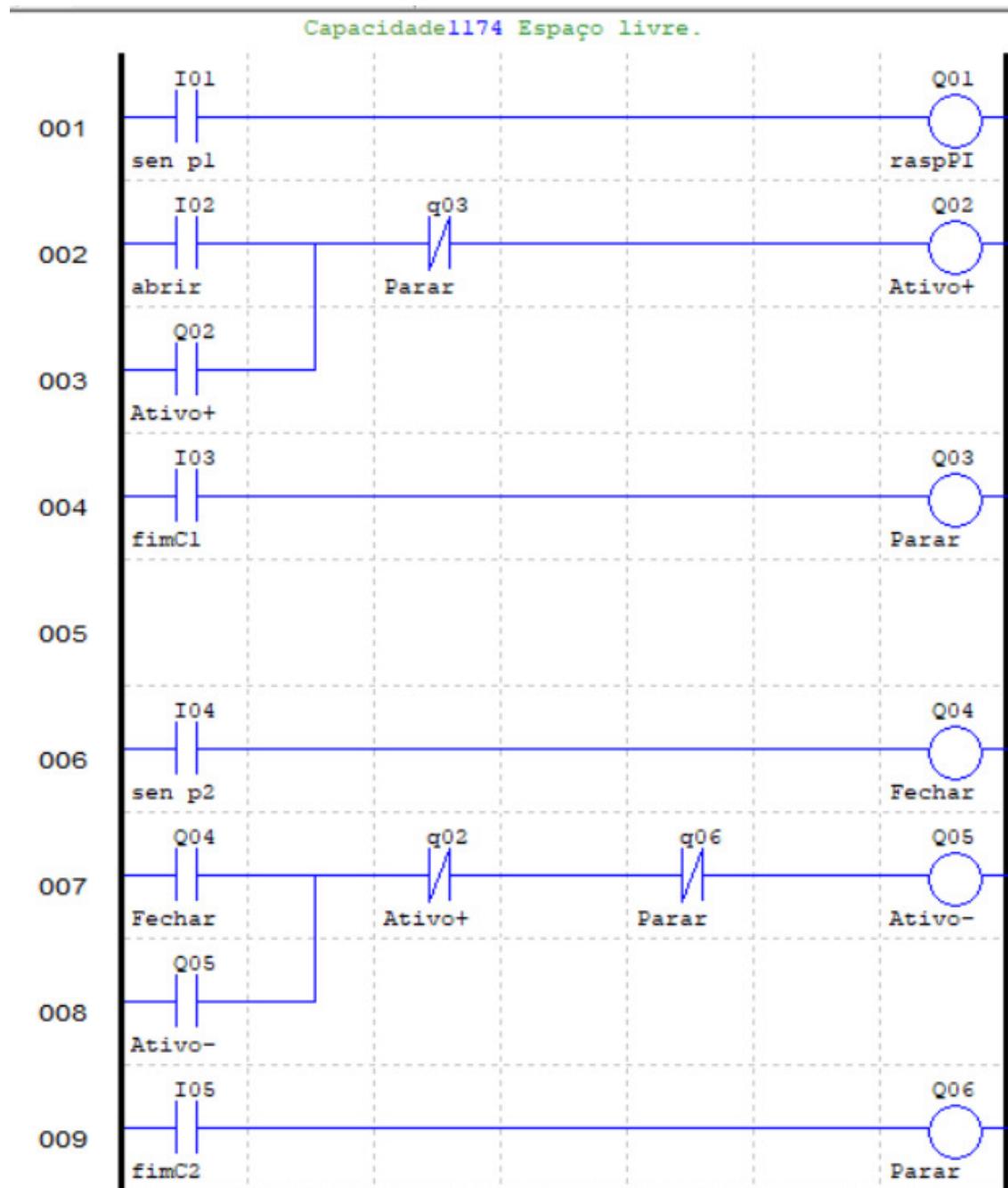


Figura 29 – Programação Ladder CLP

6 Software

6.1 Arquitetura da Informação

Este tópico visa à definição de informações, de modo que especifica decisões relevantes na produção e implementação do projeto em relação ao assunto discorrido, explicitando como acontecerá a comunicação das diversas tecnologias contidas no software como um todo.

Contextualizando, a ideia inicial seria uma porta para empresas, que permite a entrada de um funcionário por meio de reconhecimento facial e de uma verificação de temperatura, para um maior controle do fluxo de pessoas e de prevenção ao contágio da COVID-19.

A aplicação web será uma espécie de painel administrativo, que será utilizado pelos funcionários responsáveis pelo controle do fluxo de pessoas, que vai ter funcionalidades como histórico de entrada e saída, juntamente a um histórico de temperatura, além de funcionalidades para o controle direto da porta.

6.1.1 Tecnologias utilizadas

As tecnologias utilizadas são baseadas requisitos levantados, nos estudos demonstrados anteriormente e conhecimento prévio da equipe de desenvolvimento.

6.1.1.1 Website

Para o desenvolvimento do site, será utilizada a linguagem JavaScript e a biblioteca de construção de interface de usuários React. Essas escolhas foram motivadas por o JavaScript ser a linguagem mais utilizada em navegadores ([VIANA et al., 2015](#)) e pelo React possibilitar a construção de interfaces reativas, proporcionando uma ótima usabilidade.

6.1.1.2 API

A API será desenvolvida utilizando a linguagem Python e Django Rest Framework. Segundo a documentação do ([DJANGO](#),), é um framework escrito em Python e utilizado para a construção de web APIs. As motivações para a escolha dessas tecnologias foram a fácil integração do Python com o OpenCV ([MORDVINTSEV; ABID, 2014](#)) e com a Raspberry Pi. Além disso, também ressalta-se a facilidade de construção de uma API utilizando o Django Rest.

6.1.1.3 Banco de dados

O banco de dados utilizado no projeto será o ([POSTGRESQL](#),), que é open source e tem fácil integração com Python e Django.

6.1.1.4 OpenCV

O OpenCV é uma ferramenta open source que fornece uma infraestrutura comum para aplicação de visão computacional ([BRADSKI; KAEHLER, 2000](#)). Seu uso é multiplataforma, atendendo inúmeras empresas, tendo licenciamento BSD, o que torna aplicável e possibilita modificações para cada implementação([CULJAK et al., 2012](#)).

A aplicabilidade está voltada a detecção de rostos, identificação de objetos, classificações de ações humanas, união de imagem para produção em alta qualidade, semelhanças e edição de objetos.

6.1.2 Protótipo

O protótipo do website foi feito pensando em usabilidade e atender as necessidades dos usuários, fazendo com que ele tenha facilidade para acessar todas as funcionalidades disponíveis.

Para a construção do protótipo foi utilizada a ferramente Figma, uma ferramenta gratuita de design, que é amplamente utilizada para construção de protótipos de interface.

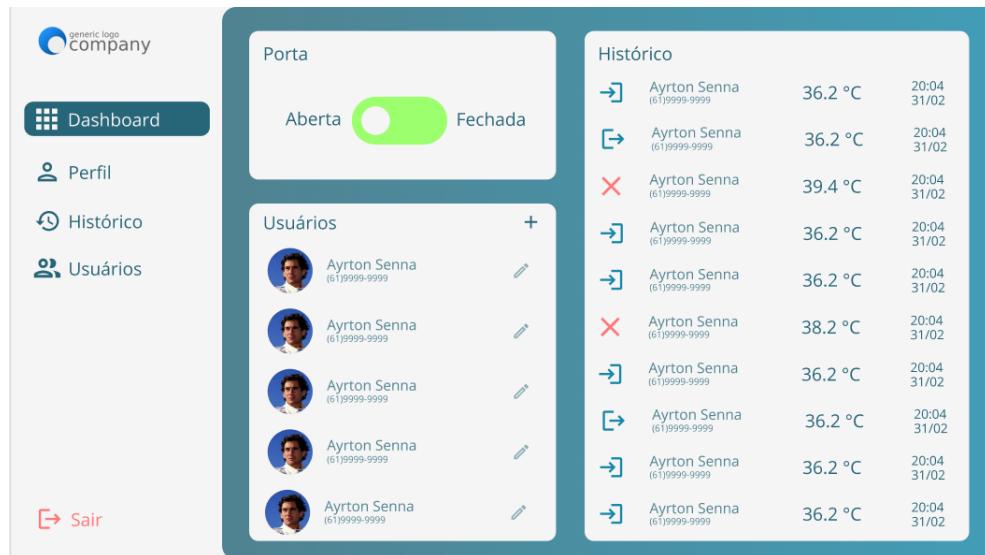


Figura 30 – Screenshot da página Dashboard no [protótipo](#)

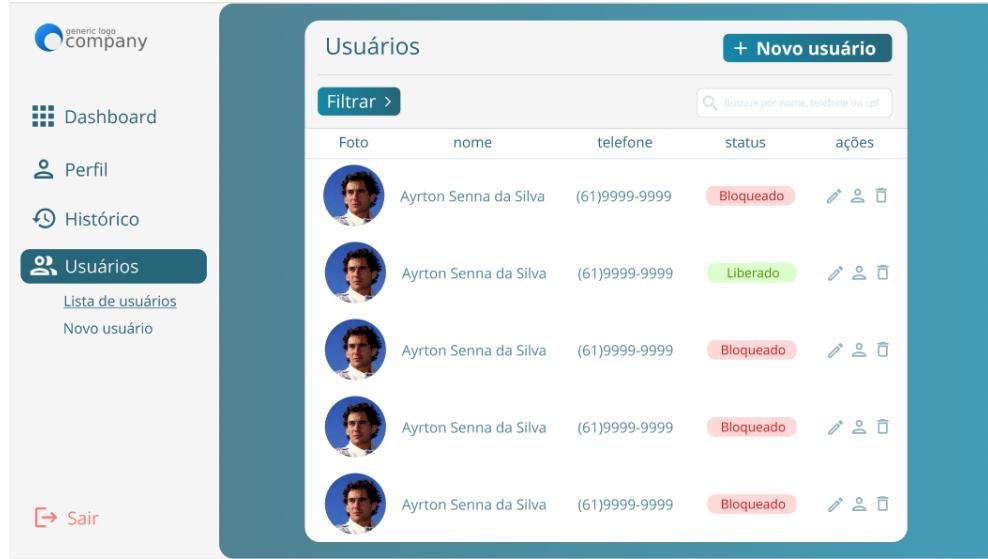


Figura 31 – Screenshot da página Lista de usuários no protótipo

6.2 Modelagem dos Requisitos

O objetivo deste tópico é apresentar a modelagem dos requisitos funcionais e não funcionais levantados, vide tópico 2.4, especificando como serão desenvolvidas, por meio de técnicas tradicionais. Assim, obtendo melhor entendimento do contexto e as necessidades a serem supridas.

6.2.1 Visão de Casos de Uso

O objetivo dos casos de uso é a identificação das funcionalidades, ou conjuntos de funcionalidades, que devem ser exercidas pelo sistema. É muito utilizado na representação dos requisitos funcionais de aplicações. O diagrama de casos de uso é uma representação gráfica dos casos de uso que servem de modo a facilitar o entendimento de um sistema, mostrando sua "visão externa". O diagrama de casos de uso do projeto pode ser visto na figura 32, e cada caso de uso é especificado nos tópicos seguintes.

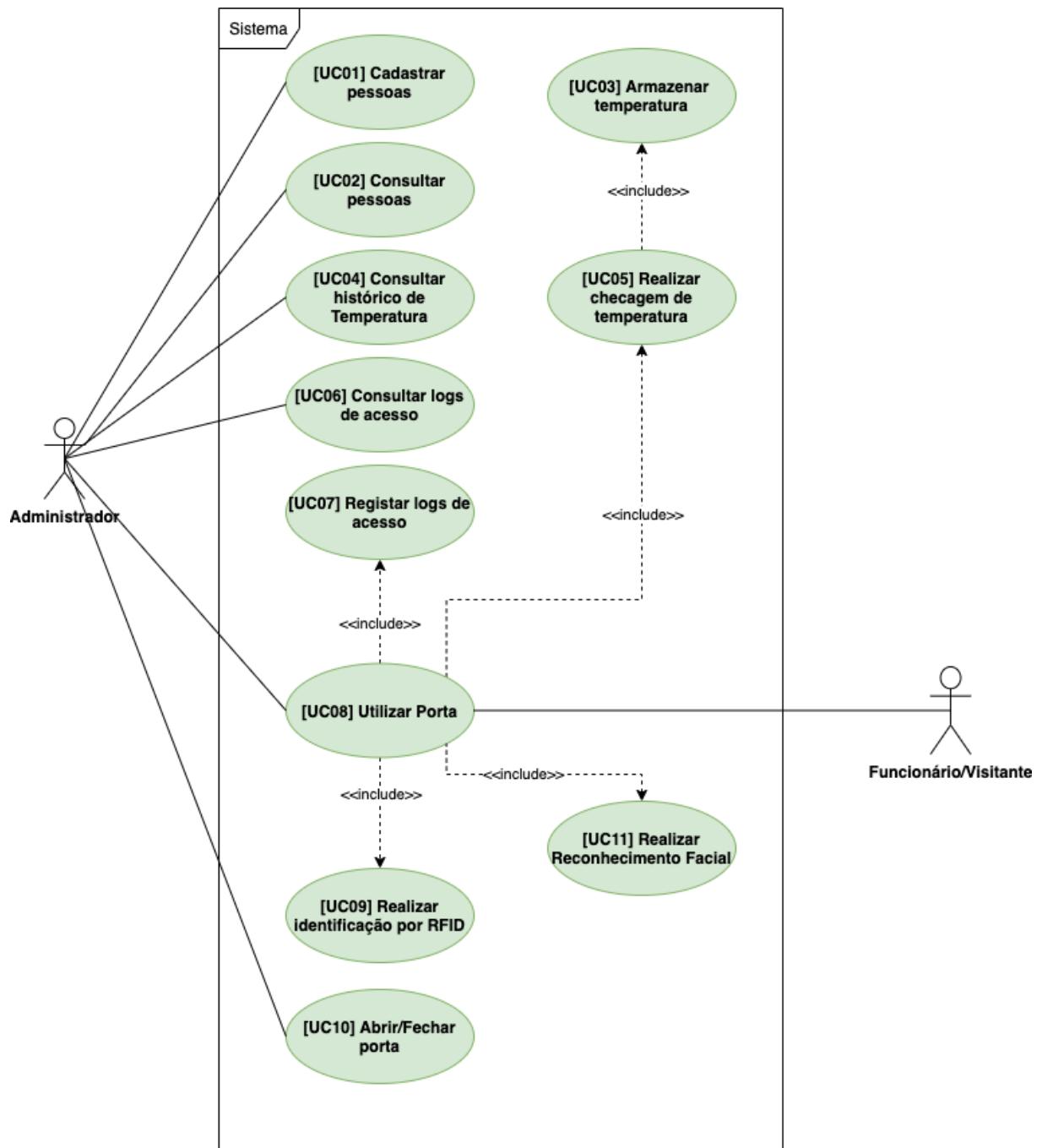


Figura 32 – Diagrama de casos de uso

6.2.1.1 UC01 - Cadastrar pessoas

- **Descrição:** Possibilitar o cadastro de pessoas que utilizarão a porta.
- **Autor(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:**

1. Administrador preenche os campos do usuário: cpf, nome, data de nascimento, telefone, endereço;
 2. Administrador adiciona uma foto da pessoa;
 3. Clicar no botão "Cadastrar".
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
 - **Fluxo de exceção:**
 1. Se o usuário digitar algum valor inválido: Retorna um erro de campo inválido;
 2. Se o sistema não conseguir cadastrar o usuário: Retorna um erro de conexão com o servidor.
- 6.2.1.2 UC02 - Consultar pessoas
- **Descrição:** Permitir a visualização das informações de cadastro do usuário.
 - **Autor(es):** Administrador.
 - **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
 - **Fluxo principal:**
 1. Administrador acessa aba de usuário;
 2. Administrador clica em um usuário.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
 - **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir recuperar os dados do usuário: Retorna um erro de conexão com o servidor.

6.2.1.3 UC03 - Armazenar temperatura

- **Descrição:** Dados da temperatura coletada são armazenadas no banco de dados.
 - **Autor(es):** Administrador, funcionário e visitante.
 - **Pré-condições:** Checagem de temperatura ocorrer corretamente.
 - **Fluxo principal:**
 1. Dados da temperatura são enviados para o servidor;
 2. Os dados da temperatura são salvos corretamente no banco de dados.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.

- **Fluxo de exceção:**

1. Se a porta não conseguir enviar os dados para o servidor: Retorna um erro de comunicação com o servidor.
2. Se a aplicação não conseguir salvar os dados no banco de dados: Retorna um erro de conexão com o banco de dados.

6.2.1.4 UC04 - Consultar histórico de temperatura

- **Descrição:** Administrador consegue consultar o histórico de temperaturas registradas.
- **Autor(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:** Administrador acessa a aba de histórico.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir recuperar o histórico: Retorna um erro de conexão com o servidor.

6.2.1.5 UC05 - Realizar checagem de temperatura

- **Descrição:** A temperatura do usuário que está utilizando a porta é checada.
- **Autor(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Detecção da presença de um usuário utilizando a porta.
- **Fluxo principal:** Temperatura da pessoa é corretamente aferida.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a temperatura não puder ser aferida: Retorna erro ao aferir temperatura e o administrador é comunicado.

6.2.1.6 UC06 - Consultar logs de acesso

- **Descrição:** O Administrador consegue acessar o log de acesso a porta.
- **Autor(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:** Administrador acessa a aba de histórico.

- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir recuperar o histórico: Retorna um erro de conexão com o servidor.

6.2.1.7 UC07 - Registrar *logs* de acesso

- **Descrição:** O *log* de acesso (ou acesso negado) é registrado no sistema.
- **Autor(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Um usuário tentou utilizar a porta.
- **Fluxo principal:**
 1. Dados de acesso são enviados para o servidor;
 2. Os dados de acesso são salvos corretamente no banco de dados.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:**
 1. Se a porta não conseguir enviar os dados para o servidor: Retorna um erro de comunicação com o servidor.
 2. Se a aplicação não conseguir salvar os dados no banco de dados: Retorna um erro de conexão com o banco de dados.

6.2.1.8 UC08 - Utilizar porta

- **Descrição:** Usuário utiliza a porta para acessar o estabelecimento.
- **Autor(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Não se aplica.
- **Fluxo principal:**
 - É reconhecida a presença do usuário;
 - A aferição de temperatura ocorre corretamente;
 - O reconhecimento facial ocorre corretamente;
 - A porta abre para o usuário;
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não presença de qualquer erro o usuário será notificado.

6.2.1.9 UC09 - Realizar identificação por RFID

- **Descrição:** Identificação do usuário por RFID
- **Autor(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Detecção da presença de um usuário utilizando a porta.
- **Fluxo principal:**
 - Usuário aproxima objeto RFID do sensor;
 - Sistema faz a identificação corretamente.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir fazer a identificação do RFID: é retornado um erro de identificação de RFID

6.2.1.10 UC10 - Abrir/Figar porta

- **Descrição:** Possibilitar o administrador abrir ou fechar a porta por meio do sistema.
- **Autor(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:** Administrador clica no portão de abrir/fechar porta, e essa ação é refletida no estado da porta.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir se comunicar com a porta: Retorna erro de comunicação com a porta.

6.2.1.11 UC11 - Realizar reconhecimento facial

- **Descrição:** Possibilita o reconhecimento facial do usuário previamente cadastrado.
- **Autor(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Detecção da presença de um usuário utilizando a porta.
- **Fluxo principal:** O reconhecimento do usuário é feito corretamente (o usuário é identificado).
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir reconhecer o usuário: Retorna erro de reconhecimento.

6.2.2 Especificação Suplementar

Nesta seção é apresentado os requisitos não funcionais que não são mapeados ou tratados nos casos de uso, seção 6.2.1. Estão divididos em 4 requisitos não funcionais, segurança, segurança dos dados, disponibilidade e Usabilidade. Os requisitos funcionais é possível visualizar na seção 2.4.

6.2.2.1 Segurança

O princípio de segurança pretende garantir acesso a porta, evitando falhas ao uso dos usuários.

- **Requisito de Segurança 1:**

O sistema deve assegurar apenas pessoas permitidas o acesso pela porta além de garantir por meio dos requisitos funcionais o seu cadastro e disponibilidade caso a porta apresente algum erro.

- **Requisito de Segurança 2:**

O sistema deve evitar falhas de mau uso por meio de verificação de três meios.

6.2.2.2 Segurança dos dados

Os dados persistentes dentro do sistema garantem o funcionamento do fluxo de pessoas que utilizam a porta, desta maneira deve ter uma segurança e uma manutenibilidade para o banco de dados.

- **Requisito de Segurança de dados 1:**

Os dados precisam ser armazenados de maneira consistente e transmitidos de modo seguro, sem que haja riscos de vazamento ou perda dos dados dos usuários;

6.2.2.3 Disponibilidade

Para que haja bom funcionamento da porta é necessário do sistema estar ativo e por isso é necessário mapear o requisito não funcional de disponibilidade.

- **Requisito de Disponibilidade 1:**

O sistema deve estar disponível e ao ar em todo tempo possível e principalmente quando há fluxo de pessoas utilizando a porta.

6.2.2.4 Usabilidade

Para facilitar o uso é necessário uma implementação clara da aplicação, sendo assim é necessário mapear a facilidade com a qual o usuário tem praticidade ao uso do sistema.

- **Requisito de Usabilidade 1:**

O sistema deve apresentar cores vividas para facilitar a visão do usuário.

- **Requisito de Usabilidade 2:**

O sistema deve apresentar letras de tamanho visível, sempre atendendo a todos os tipos de usuários.

- **Requisito de Usabilidade 3:**

O sistema deve trazer informações simples, diretas e coesas para o usuário.

6.3 Arquitetura de Software

Este tópico tem como finalidade fornecer detalhes sobre a arquitetura do software.

6.3.1 Definição Arquitetural

A partir das definições iniciais de escopo e dos requisitos levantados, foi definido o modelo de arquitetura cliente-servidor.

Esta arquitetura é caracterizada pela divisão do processamento da informação em módulos distintos, em que o servidor é responsável pelo processamento e manutenção da informação e o cliente é responsável pela obtenção dos dados.

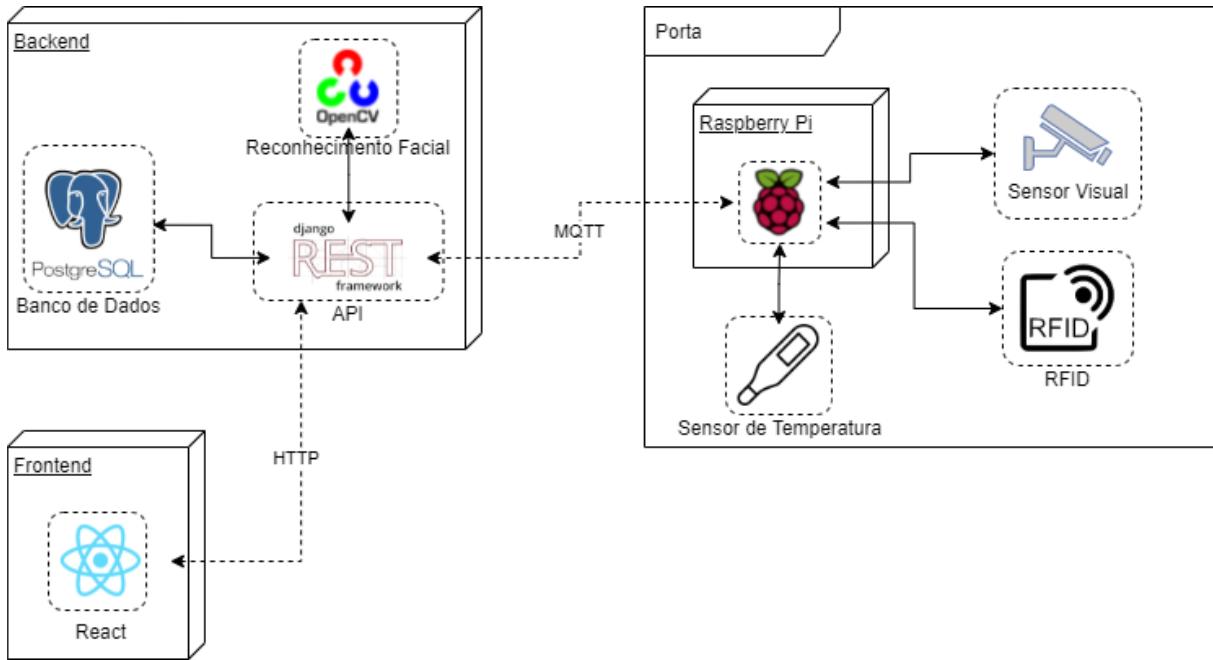


Figura 33 – Diagrama de Arquitetura

6.3.1.1 Descrição do Sistema

A figura 33 apresenta os componentes necessários para atender as necessidades de negócio identificadas para o presente projeto. A finalidade de cada componente é descrito a seguir:

- **Backend**
 - **API:** É a interface de comunicação do servidor com o aplicação frontend e com a Raspberry Pi (integrada à porta). Utiliza a Djando Rest Framework para a construção da api que adota o padrão REST.
 - **Módulo de Reconhecimento Facial:** Módulo responsável por efetivamente fazer o reconhecimento facial a partir das imagens recebidas. Este módulo é apoiado pelo uso da biblioteca OpenCV, e seu funcionamento é descrito no apêndice C.
 - **Banco de Dados:** O banco de dados utilizado é o PostgreSQL, e é responsável por armazenar os dados do usuário, logs de acesso, histórico de temperatura e imagens necessárias para o reconhecimento facial.
- **Frontend:** Será desenvolvida com o apoio da tecnologia React, este componente é a aplicação que será utilizada pela administrador do sistema para realizar as tarefas de apoio e manutenção do sistema, como, por exemplo, cadastro de usuários. Este módulo atua como cliente, obtendo recursos do servidor por meio do protocolo de

comunicação *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), que segue um modelo cliente-servidor, em que um cliente abre conexão, executa uma requisição e espera até receber uma resposta.

- **Porta**

- **Raspberry Pi:** É o componente integrado a porta responsável pela integração dos sensores e por se comunicar com a API por meio do protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), que é o protocolo padrão pra comunicações IoT. Este é um protocolo de mensagens leve para sensores e pequenos dispositivos móveis otimizado para redes TCP/IP.

6.3.1.2 Diagrama de Implantação

O diagrama de implantação é um diagrama UML utilizado para representar a execução da arquitetura de um sistema, mostrando os relacionamentos entre os componentes de software e hardware no sistema, a organização física dos nós, os artefatos que estão armazenados em cada nó, os componentes e outros elementos que os artefatos implementam.

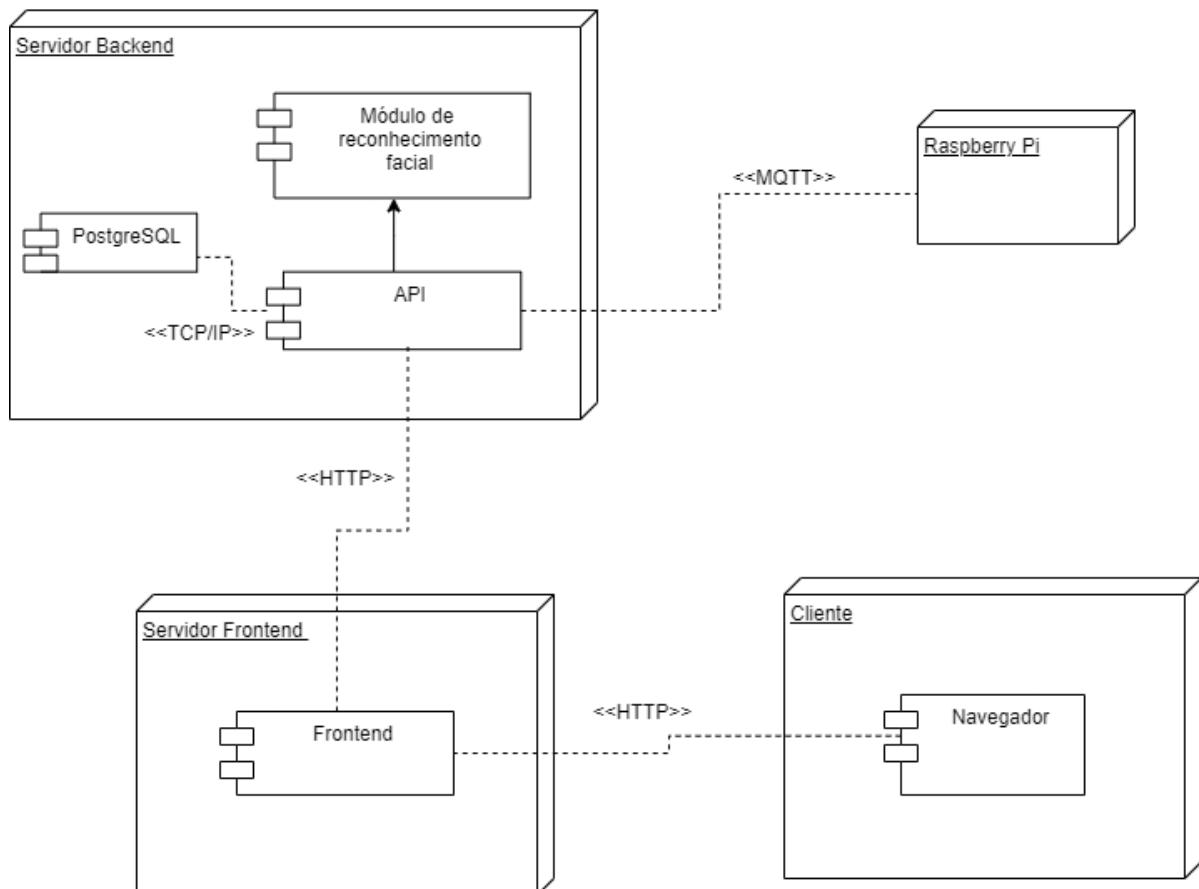


Figura 34 – Diagrama de Implantação

Na Figura 34 é possível visualizar a distribuição dos componentes de software no seus respectivos nós e a maneira como eles se comunicam, onde cada nó representa um dispositivo de hardware. No servidor do backend está alocado o módulo de reconhecimento facial, a API e o banco de dados, onde a API faz o papel de se comunicar com os outros nós. No servidor do frontend ficará alocado o website, que poderá ser acessado por um cliente por meio de um navegador.

6.3.2 Modelagem de Dados

Nesta seção foi trabalhado o Modelo de Entidade-Relacionamento (MER) onde está descrito os objetos e entidades envolvidos no sistema, suas características e como se dá seu relacionamento. Este modelo retrata de forma abstrata a estrutura do banco de dados.

Na figura 35 abaixo é possível visualizar o MER do software implementado na Smart Door:

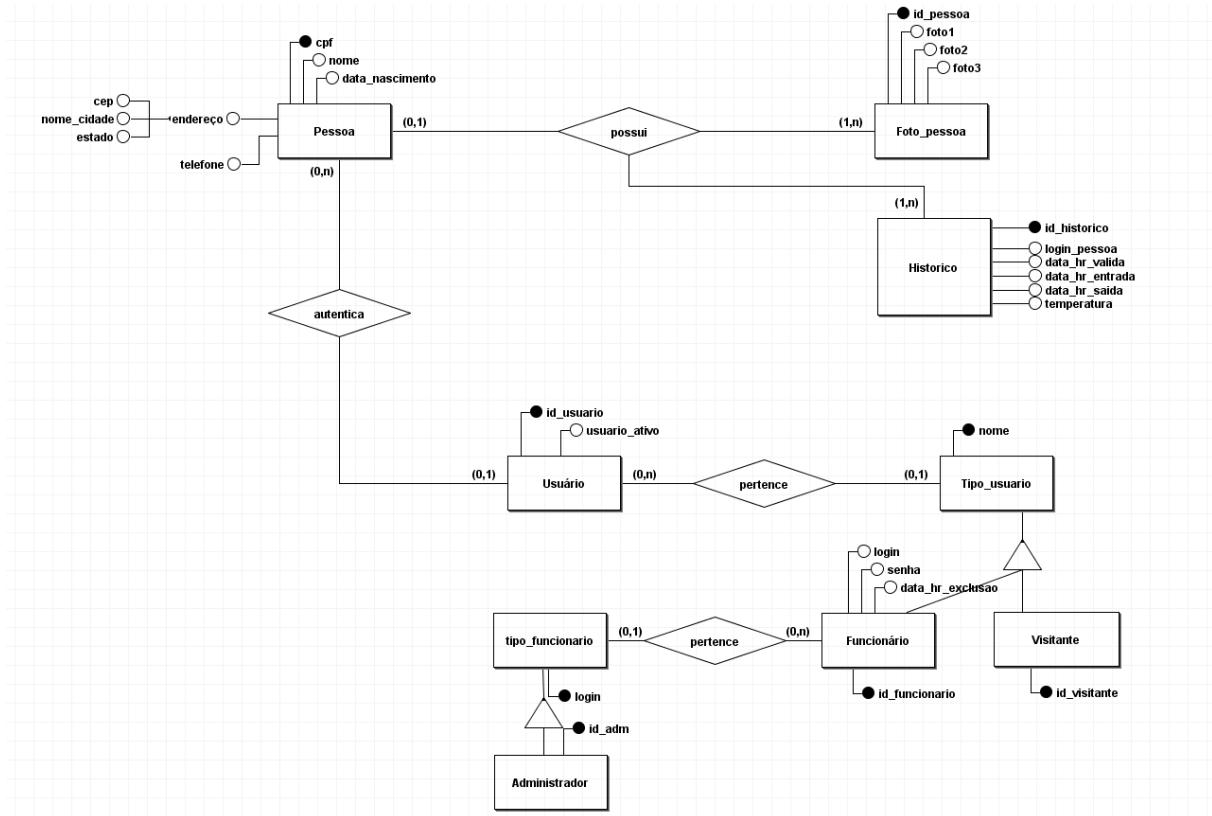


Figura 35 – Modelo de Entidade-Relacionamento

6.3.2.1 Diagrama de Banco de Dados

Nesta seção foi feito o diagrama de Banco de Dados ou Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER) a partir da abstração do MER visto na seção 6.3.2. Neste diagrama

é utilizado alto nível de abstração a partir de uma análise de fluxo do MER, apresentando entidades e atributos que compõe o banco de dados.

Na figura 36 abaixo é possível visualizar o DER da aplicação:

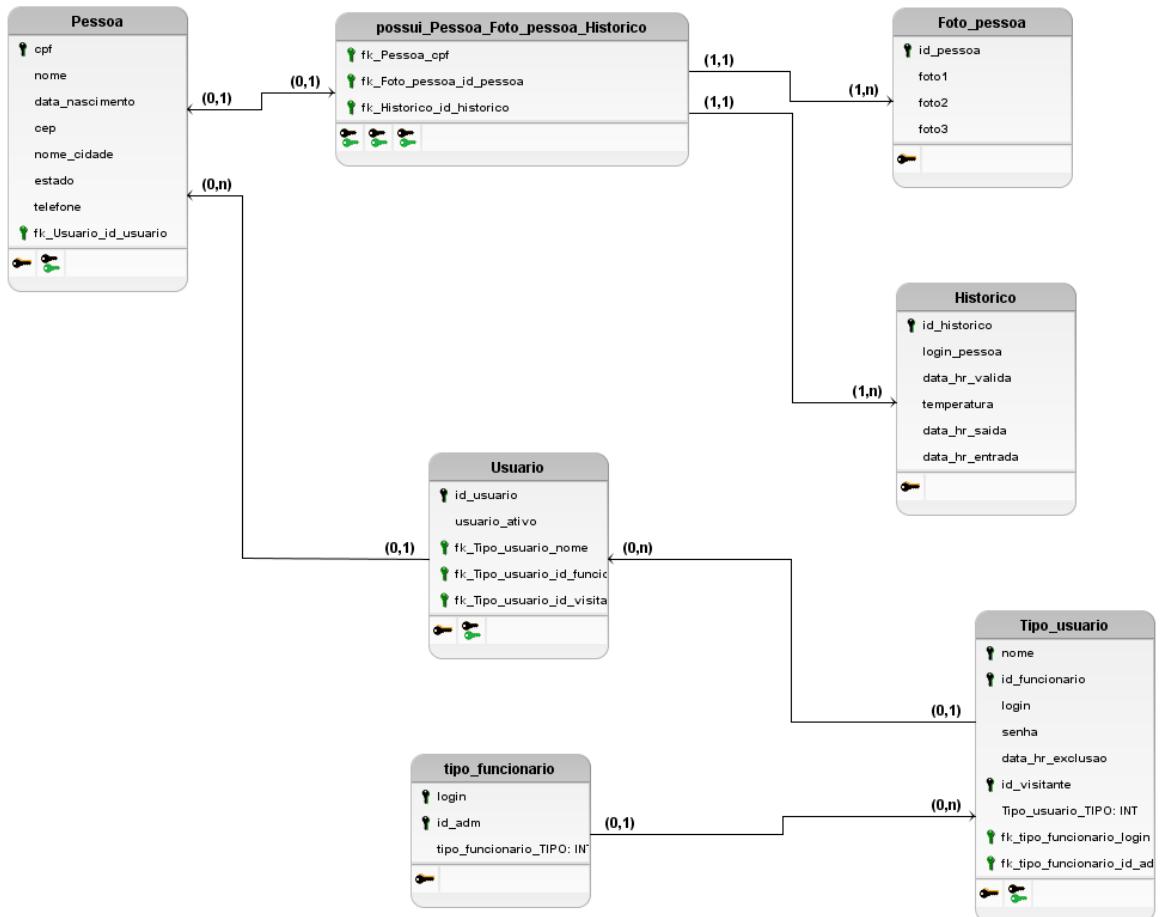


Figura 36 – Diagrama de Entidade-Relacionamento

6.3.3 Diagrama de Atividades

Nesta seção está descrito o diagrama de atividades, que auxilia o entendimento do fluxo de atividades dentro do sistema de forma clara e coesa. Este diagrama demonstra a lógica do sistema, descreve as etapas realizadas apresentadas no diagrama de caso de uso visto na seção 6.2.1, ilustra e simplifica o fluxo de trabalho entre usuário e sistema e auxilia a modelagem de outros diagramas mais abrangentes.

Logo abaixo diagramas de atividades, primeiro, figura 37 representeando o fluxo do funcionário ou visitante para validar sua entrada e o segundo o fluxo do administrador para cadastro e exclusão de pessoas:

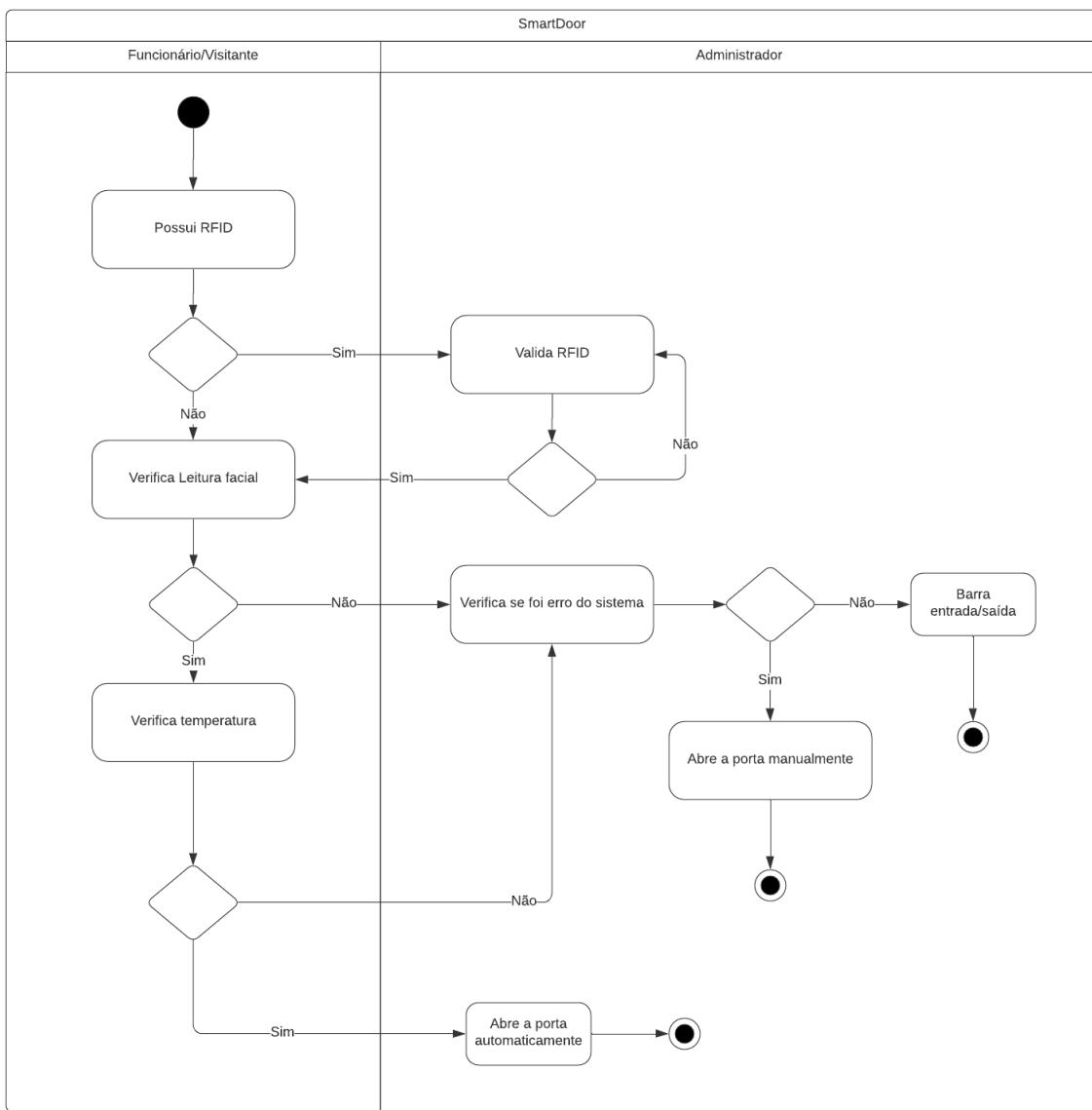


Figura 37 – Diagrama de atividades do fluxo de entrada

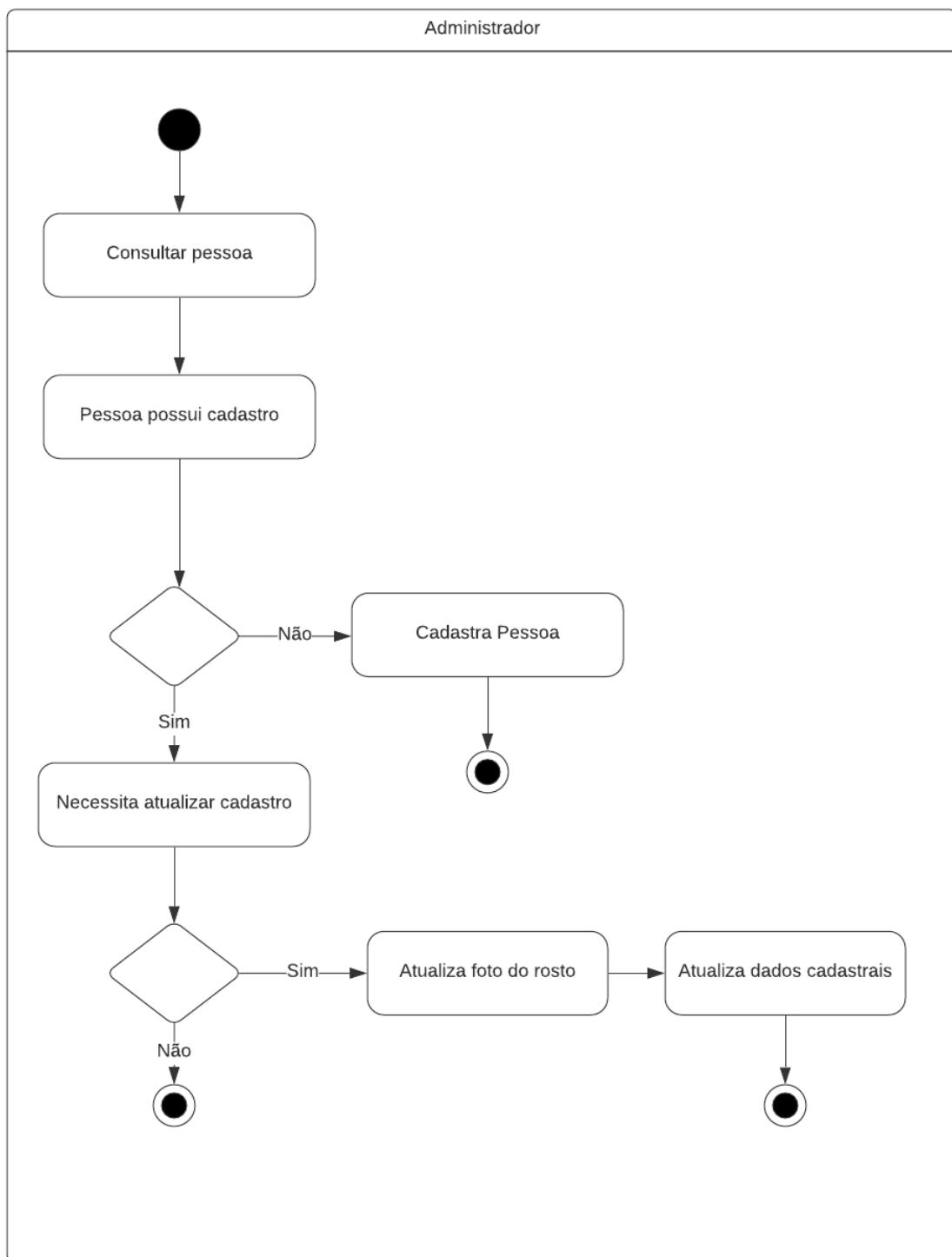


Figura 38 – Diagrama de atividades do fluxo de cadastro

6.3.3.1 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência é um modelo de diagrama dinâmico da UML, que tem como objetivo representar objetos e componentes, e como eles se comunicam, de maneira

simples e lógica.

Os diagramas de sequência foram construídos a partir do diagrama de casos de uso, que pode ser visto na seção 6.2.1, onde é definido o papel do sistema, enquanto nos diagramas de sequência é definido como o software realizará o seu papel.

A figura 39 representa o fluxo de cadastro de um novo usuário, bem como a informação que é passada entre os componentes de software e o armazenamento dos dados.

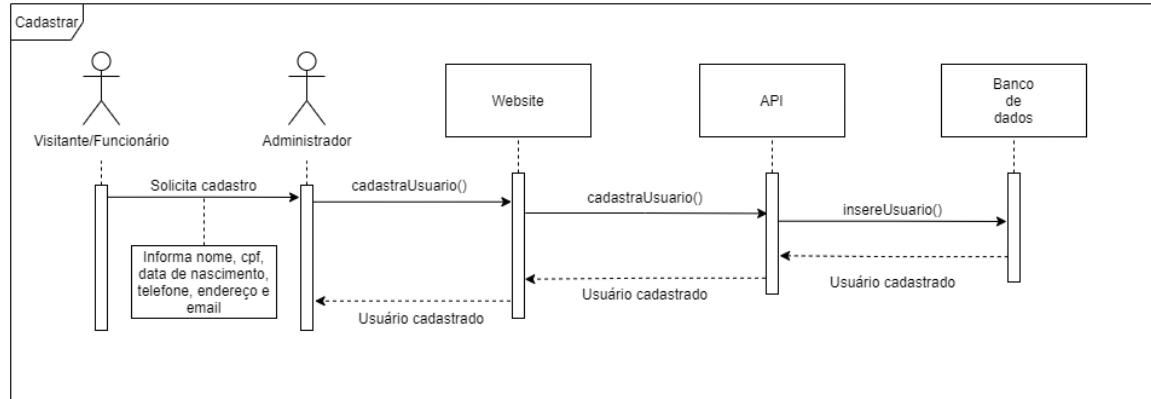


Figura 39 – Diagrama de sequência - Fluxo de cadastro de usuário

O diagrama da figura 40 representa o fluxo para que um administrador consiga realizar o login, tanto quanto como é feita a verificação no banco de dados para saber se é um usuário válido.

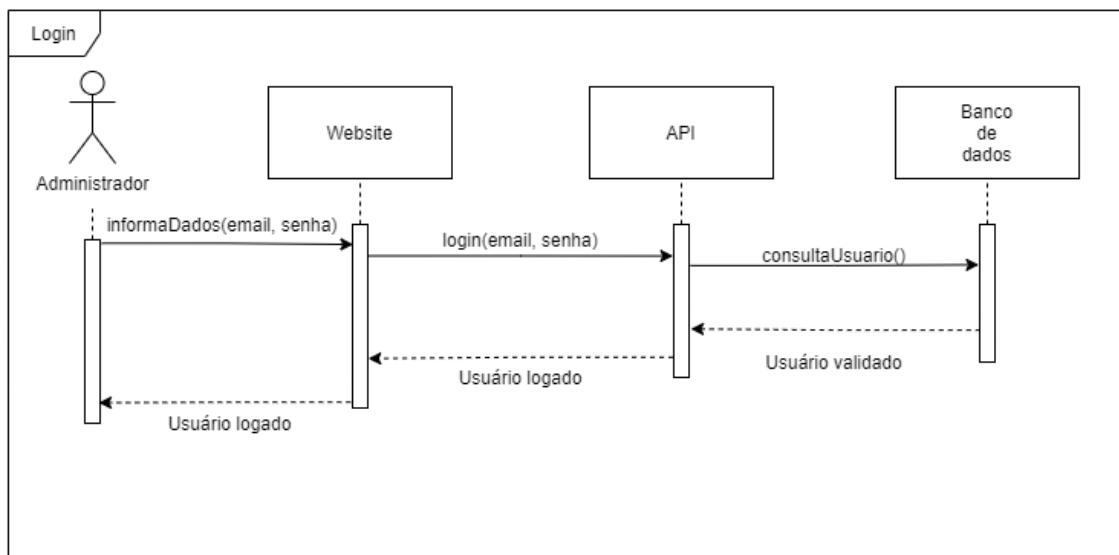


Figura 40 – Diagrama de sequência - Fluxo de login

O diagrama da figura 41 representa o fluxo do administrador consultando os dados de todos os usuários cadastrados no sistema.

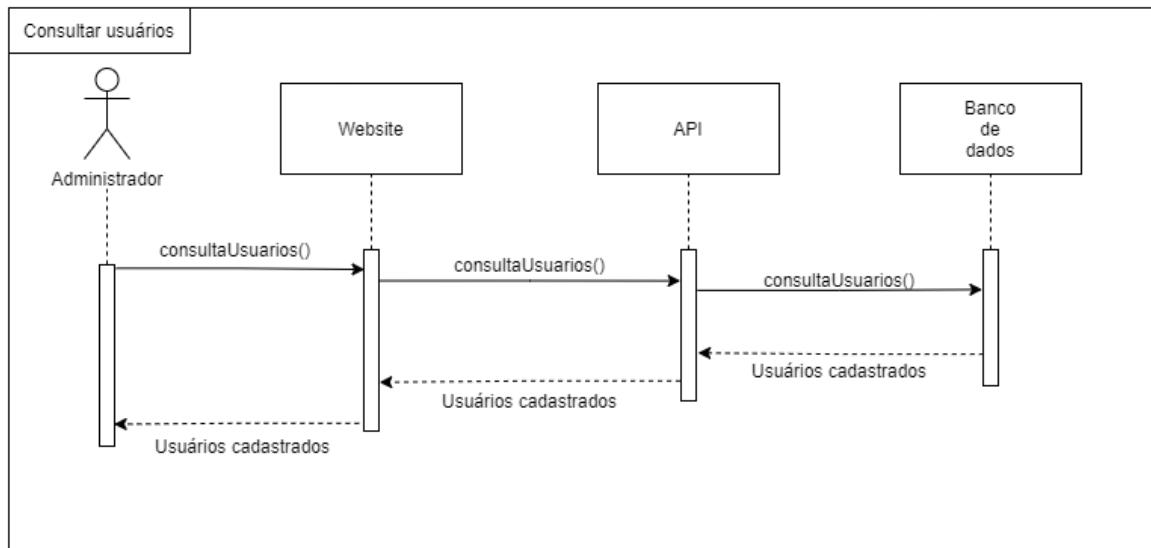


Figura 41 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar usuários cadastrados

O diagrama da figura 42 representa o fluxo do administrador consultando o histórico de entradas e saídas dos funcionários/visitantes.

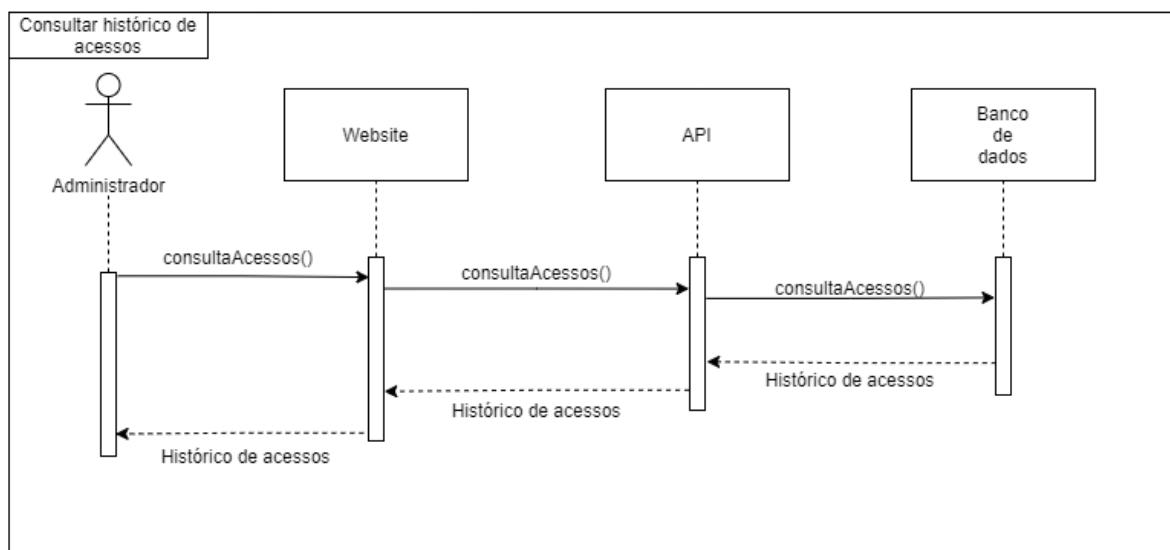


Figura 42 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar histórico de acessos

6.3.3.2 Diagrama de Estados

O diagrama de estados é um diagrama UML que permite de maneira clara e eficiente descrever todos os possíveis estados de um sistema.

O diagrama da figura 43 representa o fluxo de estados do sistema funcionando de maneira automática.

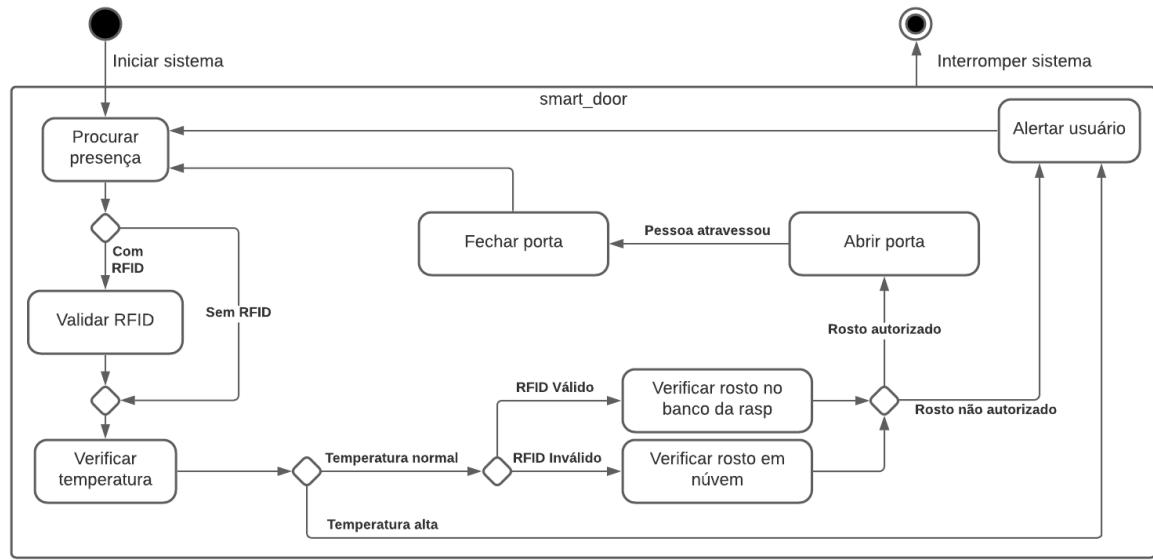


Figura 43 – Diagrama de estados do funcionamento automático da Smart Door

O diagrama da figura 44 representa o cadastro de um novo usuário pelo website.

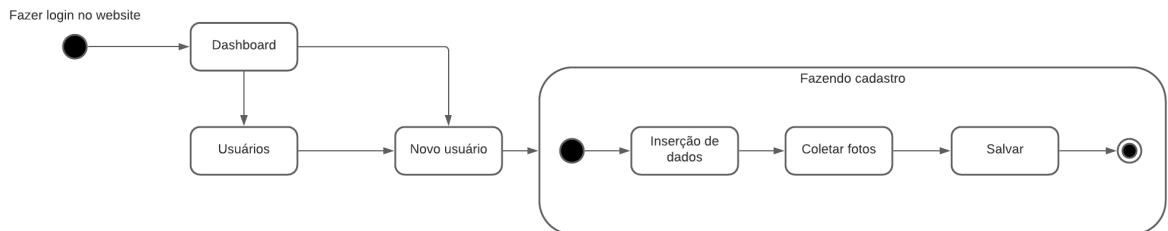


Figura 44 – Diagrama de estados do cadastro

O diagrama da figura 45 representa a alteração de configurações do sistema pelo website.

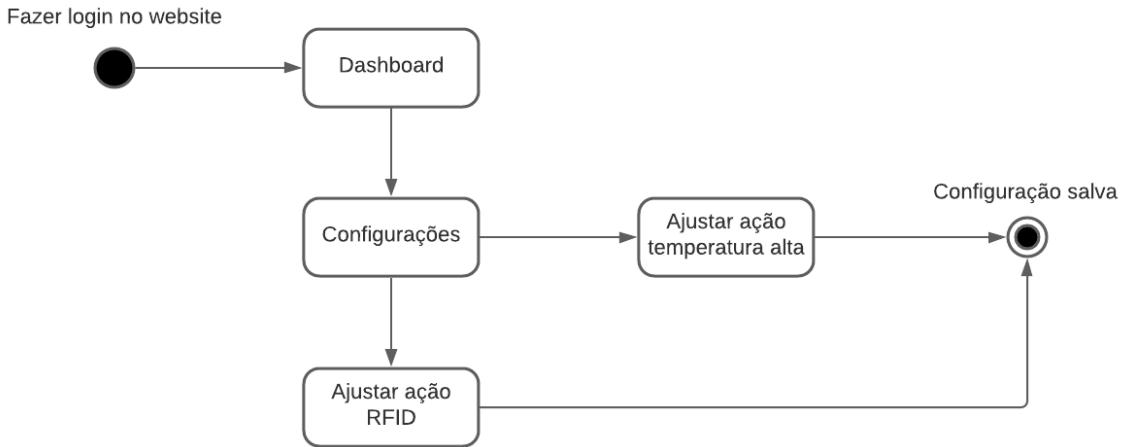


Figura 45 – Diagrama de estados de configurações

O diagrama da figura 46 representa o controle manual da porta pelo website.

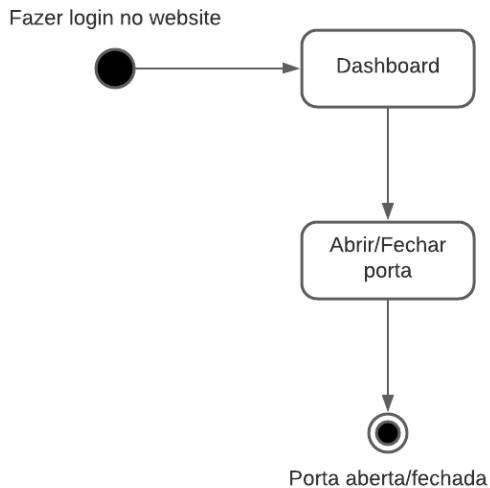


Figura 46 – Diagrama de estados de controle manual da porta

6.3.3.3 Diagrama de Pacotes

O diagrama de pacote é um diagrama UML que representa a estrutura do sistema projetado no nível de pacotes, sendo possível representar as dependências módulos e subsistemas.

Na Figura 47 representa a estrutura de pacotes do frontend, suas dependências e como se relacionam entre eles.

No pacote src ficam todos os pacotes relacionados ao código fonte da aplicação, no pacote public ficam os arquivos gerados pelo build do código fonte e no pacote node modules, ficam os arquivos de cache relacionado as dependências do projeto.

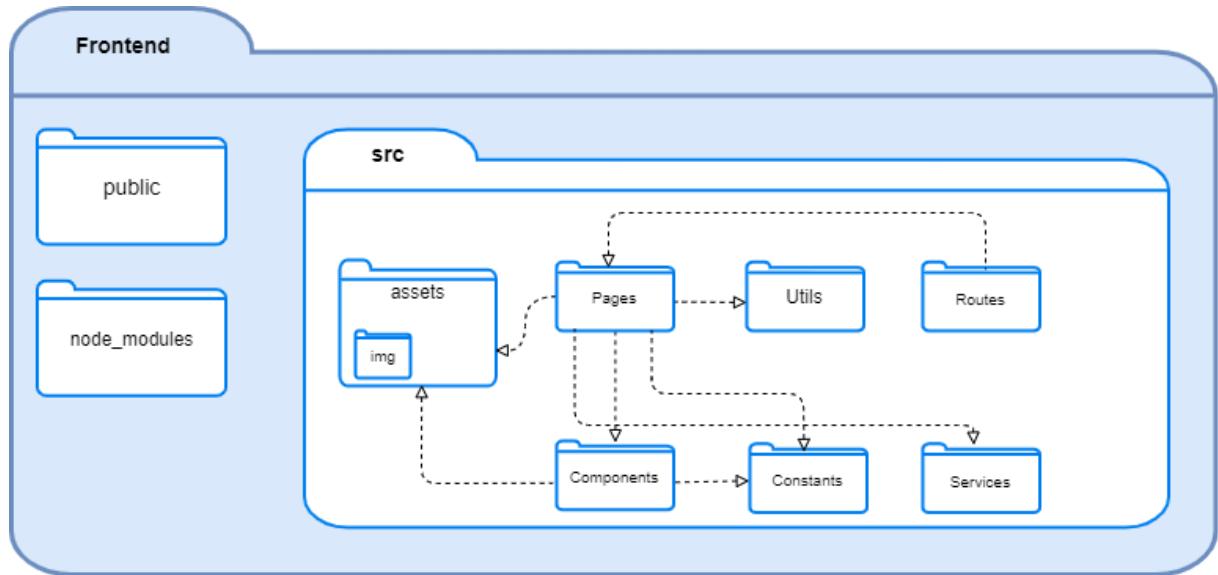


Figura 47 – Diagrama de pacotes do frontend

O diagrama da figura 48 representa o diagrama de pacotes da API, mostrando suas dependências e como se relacionam.

No pacote smart door, ficam os pacotes relacionados ao núcleo central da aplicação, enquanto no pacote api, ficam os arquivos de configuração do projeto.

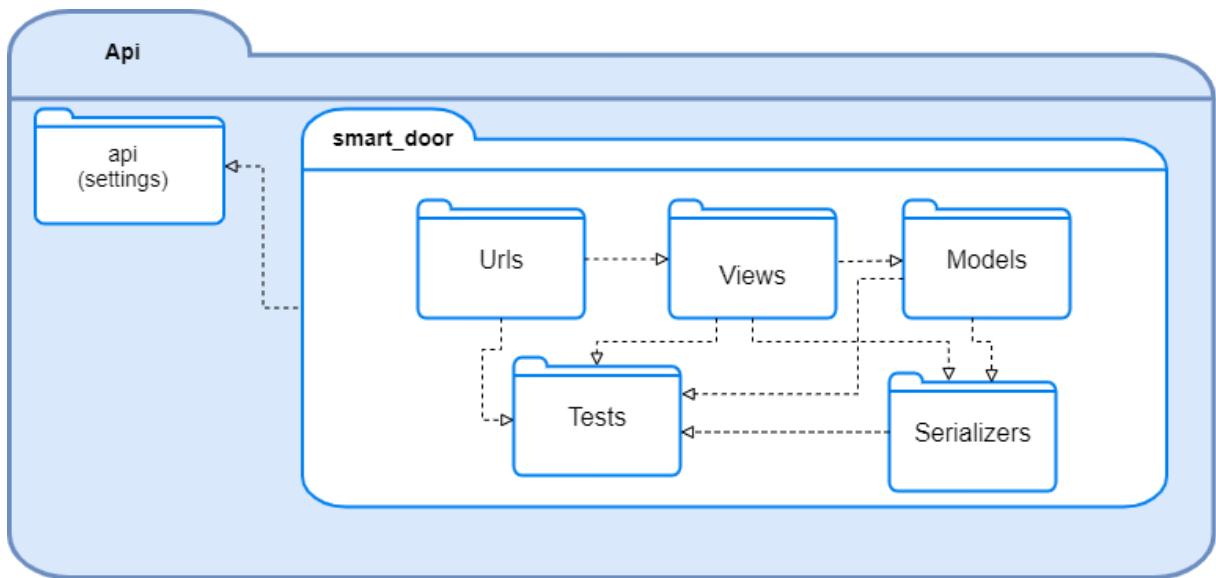


Figura 48 – Diagrama de pacotes da API

7 Custos do projeto

7.1 Estimativa de custos

Tendo o escopo e os requisitos definidos, podemos listar os materiais essenciais para a confecção do projeto. Os valores foram definidos por meio de pesquisa no mercado nacional e alguns itens no internacional, pois estes não se encontram no mercado nacional. Os valores são representados em reais.

7.1.1 Eletrônica

Os maiores custos relacionados à eletrônica serão com a aquisição de câmeras térmicas e comuns para o primeiro ponto de controle. Após o dimensionamento do sistema RFID a tabela sofrerá uma grande mudança.

Descrição	Quantidade	Total (R\$)
Raspberry Pi 4	1	630,00
Câmera Raspberry Pi v2 com 8MP	1	300,00
Câmera termográfica Lepton	1	1100,00
Antena	1	50,00
Transponder RFID	1	5,00
Sensor de presença	1	12,00

Tabela 3 – Custos em eletrônica

7.1.2 Energia

O custo relacionado à parte de alimentação do sistema consiste na aquisição dos motores, das baterias, da placa de proteção da bateria – BMS, e do cabeamento para fazer a distribuição de energia para os componentes. Para estimar o custo do nobreak é necessário saber o quanto ele irá consumir, pois há uma grande discrepância de custo quanto a pequenos aumentos de potência. Após levantados todos os dados de demanda energética, esse custo será adicionado ao projeto.

Descrição	Quantidade	Total (R\$)
Motor Brushless DC	2	300,00
Baterias MP	—	380,00
BMS	—	30,00
Cabeamento	—	45,00

Tabela 4 – Custos em energia

7.1.3 Estrutura

Componente	Material	Quantidade	Preço	Link
Porta	Vidro laminado 1x1m	2	996	Mercado livre
Moldura	Tubo de aço 2x3m	1	101,14	Aladim Metais
Gabinete	Polipropileno 1,2x1,2m	3	218,7	Leroy Merlin
TOTAL	1315,84			

Tabela 5 – Custos em estrutura

7.1.4 Software

Os custos de software estão relacionados aos custos do servidor e do domínio. A escolha do servidor já foi feita pensando na demanda inicial de memória e processamento do módulo de reconhecimento facial e API.

Descrição	Valor (R\$)
Servidor - 4 CPUs, 8GB e 160GB de SSD	219,63/mês
Domínio	40,00/ano

Tabela 6 – Custos em software

Referências

- ARAFAH, M. et al. Face recognition system using viola jones, histograms of oriented gradients and multi-class support vector machine. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1341, p. 042005, Oct 2019. ISSN 1742-6588, 1742-6596. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 75.
- ARDUINO.ORG. *Display de 7 polegadas oficial do Raspberry Pi: como usar*. Acessado em 2021-04-10. Disponível em: <<https://br-arduino.org/2016/10/display-de-7-polegadas-oficial-do-raspberry-pi-como-usar.html>>. Citado na página 31.
- BEER, F. P. *Mechanics of Materials*. [S.l.]: McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2006. v. 1. Citado na página 16.
- Boyko, N.; Basystiuk, O.; Shakhovska, N. Performance evaluation and comparison of software for face recognition, based on dlib and opencv library. In: *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining Processing (DSMP)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 478–482. Citado 4 vezes nas páginas 5, 74, 76 e 77.
- BRADSKI, G.; KAEHLER, A. Opencv. *Dr. Dobb's journal of software tools*, v. 3, 2000. Citado na página 44.
- CULJAK, I. et al. A brief introduction to opencv. In: IEEE. *2012 proceedings of the 35th international convention MIPRO*. [S.l.], 2012. p. 1725–1730. Citado na página 44.
- DJANGO. <<https://docs.djangoproject.com/en/3.1/>>. Accessed: 2021-03-19. Citado na página 43.
- DUARTE, M. C. da S. *Efeito do acabamento superficial na resistência à corrosão de aços inoxidáveis coloridos*. 2010. Citado 2 vezes nas páginas 81 e 82.
- ENTENDA o que é polipropileno (PP) e para o que serve? 2018. <<https://www.gruporpf.com.br/blog/entenda-o-que-e-polipropileno-pp-que-para-o-que-servir/>>. Accessed: 2021-04-17. Citado na página 81.
- EVANS, T. Film formation on stainless steel in a solution containing chromic and sulphuric acids. *Corrosion Science*, v. 17, n. 2, p. 105–124, 1977. ISSN 0010-938X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010938X77900129>>. Citado 2 vezes nas páginas 82 e 83.
- FINKENZELLER, K. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and near-Field Communication*. 2003. Citado na página 35.
- FLIR LEPTON 2.5. *Datasheet - FLIR Lepton 2.5*. Acessado em 2021-04-10. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj65dH_1YjwAhXRlbkGHbOXAM0QFjAAegQIBhAD&url=https%3A%2F%2Flepton.flir.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F06%2Flepton-2pt5-datasheet-04195.pdf&usg=AOvVaw2SYS-FVJR_vuNxBY8AnIc3>. Citado na página 34.

- HEATH, S. *Embedded Systems Design*. [S.l.]: Newnes, 2002. v. 2. Citado na página 30.
- JAIN, A. K.; ROSS, A.; PANKANTI, S. Biometrics: A tool for information security. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, v. 1, n. 2, p. 125–143, 2006. Citado na página 10.
- Khurana, L.; Chauhan, A.; Singh, P. Comparative analysis of opencv recognisers for face recognition. In: *2020 10th International Conference on Cloud Computing, Data Science Engineering (Confluence)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 485–490. Citado na página 73.
- KRAUSS, G. *Steels: Heat Treatment and Processing Principles*. [S.l.]: Asm Intl, 1990. v. 1. Citado na página 81.
- MARENGONI, M.; STRINGHINI, S. Tutorial: Introdução à visão computacional usando opencv. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, v. 16, n. 1, p. 125–160, Mar 2010. ISSN 21752745, 01034308. Citado na página 77.
- MEGSON, T. *Aircraft Structures for Engineering Students*. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2010. v. 1. Citado na página 15.
- MILANO, D. de; HONORATO, L. B. *Visao computacional*. 2014. Citado na página 73.
- MORDVINTSEV, A.; ABID, K. Opencv-python tutorials documentation. *Obtenido de* <https://media.readthedocs.org/pdf/opencv-python-tutroals/latest/opencv-python-tutroals.pdf>, 2014. Citado na página 43.
- OGURA, K.; SAKURAI, K.; UEHARA, S. Room temperature-coloration of stainless steel by alternating potential pulse method. *Journal of The Electrochemical Society*, The Electrochemical Society, v. 141, n. 3, p. 648–651, mar 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.1149/1.2054785>>. Citado na página 82.
- PAPASAIKA-HANUSCH, H. Digital image processing using matlab. *Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich*, v. 63, 1967. Citado na página 78.
- PICKERING, F. B. *Physical Metallurgy of stainless steel*. 1976. Citado na página 81.
- POSTGRESQL. <<https://www.postgresql.org/docs/>>. Accessed: 2021-03-19. Citado na página 44.
- RICALDONI, F. C. *Avaliação do Desempenho dos Aços Inoxidáveis Coloridos aplicados a Instrumentos Médico-Hospitalares*. 2013. Citado na página 83.
- SCOPUS. 2021. <[https://www-scopus.ez54.periodicos.capes.gov.br/term/analyzer.uri?sid=ea65fc77755f46294873da8797df3d78&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY\(%22facial+recognition%22+AND+%22computer+vision%22\)&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=56&count=345&analyzeResults=Analyze+results&txGid=98b8497a36b612e95c793129ac690aae](https://www-scopus.ez54.periodicos.capes.gov.br/term/analyzer.uri?sid=ea65fc77755f46294873da8797df3d78&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY(%22facial+recognition%22+AND+%22computer+vision%22)&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=56&count=345&analyzeResults=Analyze+results&txGid=98b8497a36b612e95c793129ac690aae)>. Accessed: 2021-03-19. Citado 3 vezes nas páginas 5, 73 e 74.
- SEDRIKS, A. J. *Corrosion of Stainless Steels*. [S.l.]: Wiley-Interscience, 1996. v. 1. Citado na página 81.
- VIANA, M. et al. Jscity–visualização de sistemas javascript em 3d. In: *III Workshop de Visualização, Evolução e Manutenção de Software (VEM)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 73–80. Citado na página 43.

WEBSCIENCE. 2021. <http://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do?product=WOS&SID=5A4NURUHO6vYfJbGUgW&field=PY_PublicationYear_PublicationYear_en&yearSort=true>. Accessed: 2021-03-19. Citado 3 vezes nas páginas 5, 73 e 74.

Apêndices

APÊNDICE A – Principais Tomadas de Decisões de Software

Principais Tomadas de Decisões de Software		
Decisão	Data	Justificativa
Escolha por não fazer aplicativo móvel	19/02/2021	O aplicativo móvel, que seria utilizado pelos usuários, não teria funcionalidades relevantes, serviria apenas como um meio de notificar o usuário. Devido a isso, e também levando em conta a complexidade de criar aplicativos móveis para as plataformas iOS e Android, optou-se por remover esse módulo.
Escolha das tecnologias Django Rest Framework e PostgreSQL para o back-end	26/02/2021	A fácil integração do Python com o OpenCV e com a Raspberry Pi e a facilidade de construção de uma API utilizando o Django Rest nos levaram a essa escolha.
Escolha da tecnologia JavaScript com a biblioteca React para o front-end	26/02/2021	JavaScript é a linguagem que roda na maioria dos navegadores, com React é possível construir interfaces reativas, proporcionando uma ótima usabilidade.
Escolha por fazer o módulo de reconhecimento facial utilizando Visão Computacional com OpenCV ao invés de Rede Neural	03/03/2021	Após uma pesquisa bibliográfica, percebeu-se que ao utilizar de Redes Neurais não era uma abordagem viável para o desenvolvimento do módulo de Reconhecimento Facial. Assim, ainda com base na pesquisa, optou-se pela utilizada de Visão Computacional, com o auxílio da biblioteca OpenCV, para construção desse módulo.

APÊNDICE B – Artefatos de Software

B.1 Organização

Os artefatos de software do projeto ficam hospedados na plataforma em nuvem para versionamento de código GitHub, onde cada artefato tem um repositório próprio. Esses repositórios ficam centralizados em uma organização, onde é possível ter acesso a todos eles.

A organização pode ser acessada no seguinte link: [PI2-G9](#)

B.2 API

A API é a interface de comunicação do servidor com o aplicação frontend e com a Raspberry Pi. É feita com o framework Djando Rest. A API centraliza a comunicação do banco de dados, mantendo a consistência do mesmo.

O repositório da API pode ser acessado pelo link: [API](#)

B.3 Frontend

O frontend é o website que será utilizado pelo administrador para realizar funções administrativas, como por exemplo, cadastrar usuários, acessar histórico de entradas e saídas.

O repositório do frontend pode ser acessado pelo link: [Frontend](#)

B.4 Protótipo de Alta Fidelidade

O protótipo de alta fidelidade do website pode ser encontrado no seguinte link: [Protótipo](#)

APÊNDICE C – Proposta de Inovação

Segundo (Khurana; Chauhan; Singh, 2020), o rosto é o principal ponto focal a ser considerado na atividade de transmissão e reconhecimento de identidade. Seres humanos conseguem facilmente reconhecer e diferenciar faces, e até lembrá-las por longos períodos, mesmo considerando diversos fatores que dificultam, como penteado, barba e envelhecimento, por exemplo.

O computador também é capaz de realizar essas atividades, porém, projetar um modelo capaz de reconhecer faces humanas pode se tornar bastante complicado, pois o rosto humano tem muitas complexidades, aspectos multidimensionais e estímulos visuais (Khurana; Chauhan; Singh, 2020). Esses fatores podem tornar o processo de detecção e reconhecimento complicado e demorado, ou até mesmo combiná-los com os dados armazenados.

Visão Computacional tem como principal objetivo criar um sistema de reconhecimento facial que consiga imitar e até mesmo exceder essa habilidade humana(MILANO; HONORATO, 2014). Assim, a proposta de inovação se dará por meio da implementação do sistema de reconhecimento facial para validação dos usuários. O desenvolvimento desse sistema será por meio da linguagem de programação Python, por possuir uma vasta quantidade de bibliotecas com classes que dão suporte para manipulação e tratamento de imagens, inclusive a biblioteca OpenCV, que será utilizada no projeto.

Nos últimos anos, esse tema tem crescido muito em relevância e é cada vez mais abordado na literatura, como pode ser visto nas figuras 66 e 50, que são gráficos de publicações ao longo dos anos, nas bases (SCOPUS, 2021) e (WEBSCIENCE, 2021), respectivamente, a partir da string de busca: ("facial recognition" AND "computer vision").

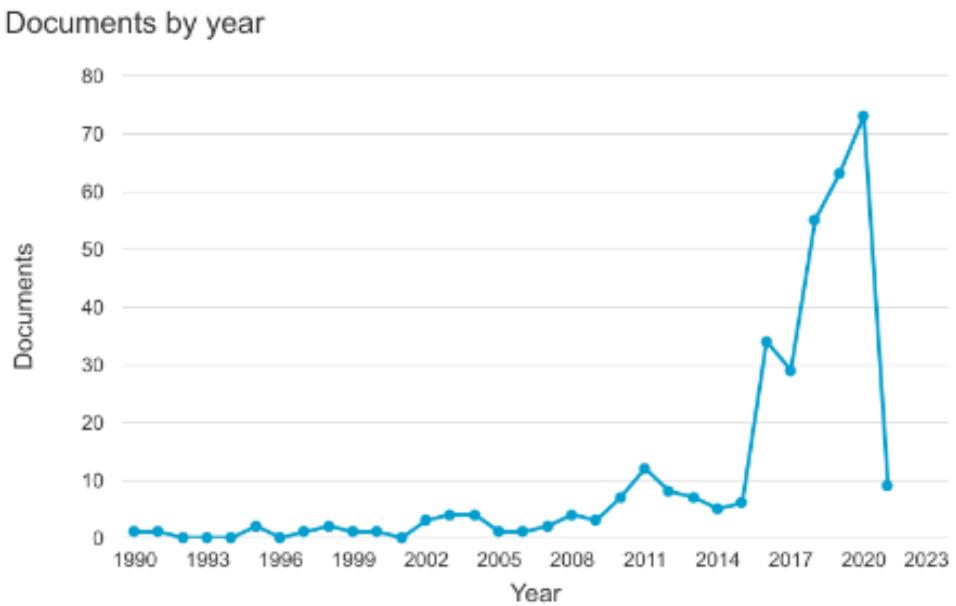


Figura 49 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base ([SCOPUS, 2021](#)) - Próprios Autores

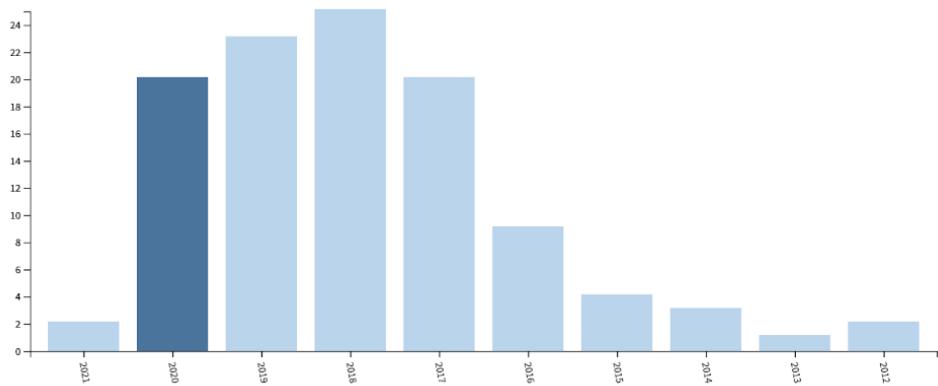


Figura 50 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base ([WEBSCIENCE, 2021](#)) - Próprios Autores

Para que seja possível realizar o reconhecimento facial, os seguintes problemas devem ser solucionados ([Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018](#)):

1. Encontrar o rosto, seja em fotos ou em vídeos.
2. Posicionar rosto: enfrenta-se a tarefa de posicionar o rosto como se a foto/vídeo fosse tirada diretamente.
3. Definição das características exclusivas, análise da imagem e obtenção dos valores digitais do rosto.

4. Identificação de uma pessoa, comparação dos dados recebidos com dados já conhecidos.

Na etapa inicial os rostos devem ser encontrados, pois se algum rosto não for identificado ou se algum outro objeto for considerado um rosto, os resultados podem ser insatisfatórios. O algoritmo utilizado no projeto para encontrar expressões faciais na imagem é o Histogram of Oriented Gradients.

Primeiramente a imagem é transformada para a escala de cinza(grayscale), pois os dados de cores na imagem não são relevantes para encontrar o rosto. Após essa etapa, cada pixel da imagem será analisado e também os pixels que estão ao seu redor. O propósito do algoritmo é comparar o quão escuro é o pixel em análise em relação aos pixels que o cercam. Em seguida é desenhada uma "seta", que é um gradiente, que indica a direção em que a imagem está ficando mais escura. Essa etapa é aplicada a cada pixel da imagem.

Ao substituir os pixels por gradientes, independentemente da claridade da imagem, a representação se mantém. Porém, ao salvar o gradiente para cada pixel, a imagem ainda contém muita informação, portanto, deve ser dividida em pequenos quadrados de dimensão 16x16 pixels cada, e em cada quadrado são contados quantos gradientes apontam em cada direção principal e estes são substituídos pelas direções principais. O propósito dessa etapa é ver apenas o fluxo básico de claridade/escuridão. Assim, obtém-se uma representação simples que captura a estrutura básica de um rosto.

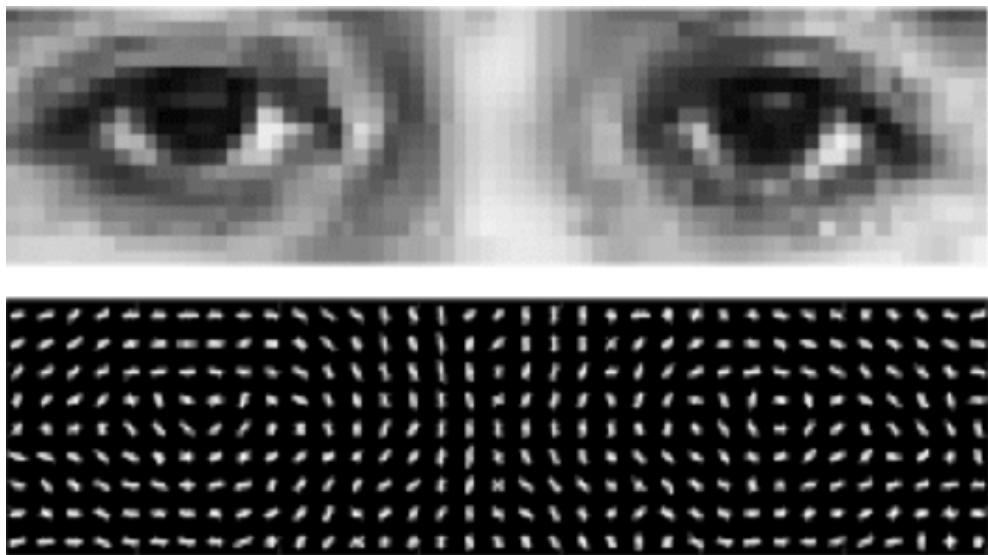


Figura 51 – Olho com filtro HOG - ([ARAFAH et al., 2019](#))

Após encontrar o rosto na imagem, ele deve ser posicionado, pois na maior parte das imagens os rostos não estão centralizados, o que pode piorar o posterior reconhecimento. Para isso, será utilizado o algoritmo Landmark Estimation Algorithm. A ideia principal desse algoritmo é encontrar 68 pontos de referência que estão presentes em cada

rosto. Após encontrar os pontos de referência, com pequenas rotações, o rosto é centralizado.



Figura 52 – 68 pontos de referência do Landmark Estimation Algorithm - ([Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018](#))

Após o posicionamento do rosto, é necessário encontrar características únicas para o rosto, de modo a conseguir distinguir faces, etapa diretamente relacionada ao reconhecimento facial. Comparar o rosto adquirido, inicialmente desconhecido, com todos os rostos disponíveis no banco de dados pode ser ineficaz e de alta complexidade computacional, no caso de haver um grande volume de dados. Assim, será aplicado o uso de Deep Convolutional Neural Networks, treinada para identificar 128 características faciais únicas. O processo de treinamento dessa rede neural funciona com o seguinte princípio:

- Upload da imagem do rosto de uma pessoa já conhecida (classificada);
- Upload de outra imagem do rosto da mesma pessoa (classificada);
- Upload de uma imagem do rosto de outra pessoa;

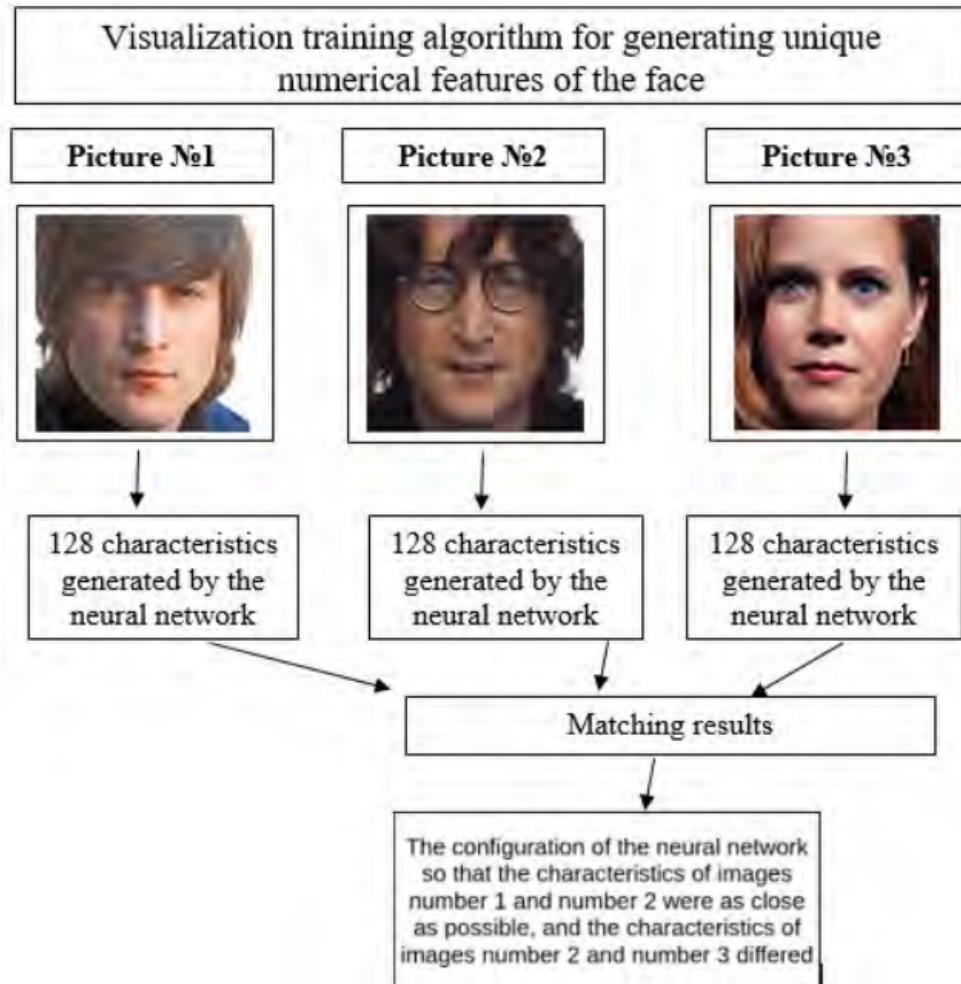


Figura 53 – Visualização do algoritmo de reconhecimento das características únicas do rosto - ([Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018](#))

A rede neural ajustará os resultados dos valores obtidos de forma que 128 características das imagens carregadas nas duas primeiras etapas sejam o mais próximo possível, e a imagem carregada na última etapa seja o mais diferente delas possível. Esse processo de treinamento consiste em gerar características numéricas únicas da face.

A última etapa do algoritmo consiste em comparar as 128 características obtidas do rosto na etapa anterior com todos os dados armazenados no banco de dados. Se eles coincidirem, será possível identificar a pessoa na imagem. Nessa etapa, será utilizado um classificador Support Vector Machine que possa fazer as medições de uma nova imagem de teste e informe qual pessoa conhecida é a mais próxima.

C.0.1 Visão Computacional

A busca de simular partes da compreensão humana e transferir para as máquinas é conhecida como visão computacional([MARENCONI; STRINGHINI, 2010](#)). Áreas como

visão e audição têm ferramentas que compreendem a área interação humano computador e traduzem em campos como neurobiologia, processamento de sinais, aprendizado de máquinas, reconhecimento de padrões.

Para o processo de visão de uma máquina é necessário analisar uma imagem de entrada, interpretá-la e produzir uma saída satisfatória à sua função. Divide-se em três níveis um processamento de imagem: baixo, médio e alto. Os processos de baixo-nível são funções primitivas como contrastes e borrões; o médio-nível analisa partições e reconhece objetos; e o alto-nível entende tarefas de cognição mais associadas à visão humana ([PAPASAIKA-HANUSCH, 1967](#)).

APÊNDICE D – Escolha do material do gabinete e da porta

Ao ponderar sobre o gabinete da porta, ocorreu 3 tipos de materiais para o mesmo, tais como: metal, madeira e polímeros

De acordo com o Instituto de Estudos e Marketing Industrial (Iemi) e a Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul (Movergs), os móveis de metal são compostos essencialmente por tubos (62% em peso) e por chapas (38%). O outro tipo de insumo metálico são as chamadas ferragens (como puxadores), utilizadas também em móveis de madeira e de outros materiais. As ferragens de melhor qualidade são produzidas em latão, liga de cobre e zinco que oferece inúmeras vantagens em relação a outros materiais, como zamak (ligas de zinco com alumínio, magnésio e cobre), alumínio, aço carbono e aço inoxidável. A forma e a disposição das ferragens constituem importante ferramenta para o design de móveis em geral.

A primeira matéria-prima empregada na fabricação de móveis foi a madeira nativa, ou madeira de lei. Suas características principais são a aparência das diferentes fibras e colorações, a alta resistência física e mecânica, a durabilidade e a usinabilidade (pode ser emoldurada, torneada ou entalhada). Como exemplo, podemos citar o jacarandá, o mogno, a imbuia, a cerejeira, o freijó e o marfim.

Os compostos laminados, que se caracterizam pela estrutura contínua de linha de cola através do processo de colagem, para fabricação de produtos como: compensado multilaminado, compensado sarrafeado (blockboard), compensado de lâminas paralelas (lammyboard), compensado de madeira maciça (three-ply) e painel de lâminas paralelas (laminated veneer lumber -LVL).

Entretanto há um inegável avanço em materiais poliméricos de forma a termos como opção o polipropileno. Uma opção mais barata e de fabricação ecologicamente correta podendo ser reciclada, seguindo normas técnicas da Anvisa, para as partes que deverão guardar peças e fios que utilizaremos para a confecção da porta.

Assim as opções para a confecção do gabinete são: o Polipropileno (PP) ou aço inoxidável.

D.1 Polipropileno

A maioria dos materiais de construção, do ponto de vista de resistência, seguem aproximadamente a Lei de Hook. Eles são elásticos ou quase elásticos, sendo então possível conduzir os cálculos, pela Lei de Hook, com razoável segurança. Isto, entretanto, não se verifica para os materiais plásticos. Nestes, a deformação não é proporcional ao esforço, nem independente do tempo de duração da carga aplicada.

Quando o plástico é submetido a esforços, ocorre o creep no material semelhante ao que se observa no aço a alta temperatura. Este creep aumenta com a temperatura.

Tabela 7 – Propriedades mecânicas do Polipropileno

Propriedades Mecânicas	Valores(MPA)
Tensão de Escoamento à Tração	35
Tensão de ruptura à compressão	60
Tensão de ruptura à flexão	40
Módulo de elasticidade à tração	1100
Módulo de elasticidade à compressão	1030
Módulo de elasticidade à flexão	1300
Alongamento até a ruptura (porcentagem)	600

Vantagens do polipropileno:

- Alta tenacidade;
- Facilidade de pigmentação (semi-brilho);
- Resistência química;
- Tem alta resistência a detergentes e produtos de limpeza;
- Resistência ao mofo e intempéries;
- Absorção baixa a umidade;
- Material reciclável e possui o número 5 como código de identificação de reciclagem;
- Matéria-prima leve;
- Utilizando-se da usinagem CNC, pois através dele podemos obter placas com o acabamento milimétrico com curvas e detalhes;

- Garante produtos com precisão permite corte/recortes precisos, usinagem em todos os ângulos e sentidos e ótimos acabamentos;
- Pode atingir um grau de cristalinidade de até 70%, o que confere ao polímero elevada resistência à tração, rigidez e dureza e resistência à fadiga mecânica.

Desvantagens do polipropileno:

- Baixa resistência à variação brusca do clima, o que pode por exemplo causar manchas e perdas de propriedades quando expostas ao sol;
- Resistência à adição de tinta ou tinta após a conclusão do processo de resfriamento.

(ENTENDA..., 2018)

D.2 Aço inoxidável

Aços inoxidáveis são considerados de extrema importância tecnológica e econômica pelo fato de serem matérias com alta resistência mecânica e resistência a corrosão, tornando então o mesmo mais durável em relação a outros materiais. (SEDRIKS, 1996), afirma que esse material tem sido amplamente utilizado em indústrias químicas, petroquímicas, de processos e de energia.

A característica mais importante a ser citada do aço inoxidável é a sua resistência à corrosão, em razão da presença de cromo em quantidades superiores a 10,5% em peso. (KRAUSS, 1990) cita que essa resistência é obtida devido a uma fina camada de óxido ou filme que o cromo produz, de forma que aquela fique firmemente aderida à superfície do aço, impedindo o processo de oxidação.

(PICKERING, 1976) menciona importantes fatores que devem ser levados em conta no momento do desenvolvimento de diversos tipos de aços inoxidáveis, os quais são:

- Resistência à corrosão e a oxidação em ambientes de operação;
- Propriedades físicas e mecânicas;
- Características induzidas na fabricação decorrente de trabalhos a quente e a frio.

De acordo com (DUARTE, 2010), nem sempre a tonalidade cinza metálica característica do aço inoxidável se ajusta harmoniosamente ao ambiente onde ele é aplicado. Dessa forma e visando aumentar a aplicabilidade desse material com vistas a atender os mercados da arquitetura e construção civil, diversos processos de coloração para o aço inoxidável têm sido desenvolvidos.

A coloração do aço inoxidável pode ser realizada em qualquer tipo de acabamento mecânico, seja ele escovado ou brilhante, o que amplia consideravelmente a utilização deste material.

(DUARTE, 2010), cita que a percepção de cor da superfície dos aços inoxidáveis coloridos, resulta de fenômenos de interferência luminosa que ocorrem na interação da luz ambiente com uma película de óxidos que reveste a superfícies do material. Este fenômeno ocorre quando a luz ambiente incide na superfície do filme de forma que uma parte será refratada e outra refletida, conforme apresenta a figura 1. A consequência desse efeito é a defasagem entre as ondas provocada pela distância que a luz percorre dentro do filme de óxido de forma que o feixe resultante apresente uma cor devido ao seu respectivo comprimento de onda a partir da interferência em diferentes intensidades.

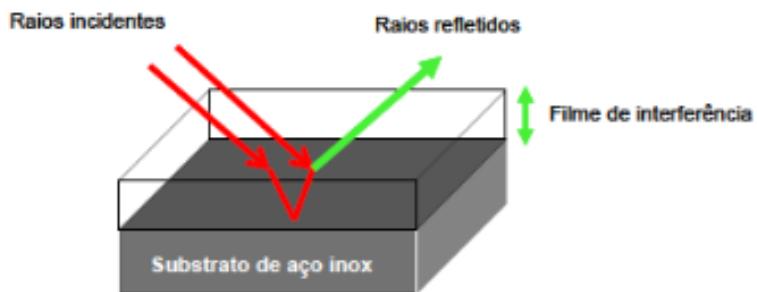


Figura 54 – Esquema mostrando a interferência dos raios refletidos na superfície do filme e na interface substrato/filme dos aços coloridos

De acordo com (OGURA; SAKURAI; UEHARA, 1994), a sequência de cores pode ser obtida com a variação da espessura da camada de óxido, a concentração de componentes na solução, o tempo de imersão, a temperatura da solução e as condições do aço. Vale ressaltar que a qualidade da coloração de uma chapa de aço inoxidável é dependente do estado inicial da superfície da chapa, ou seja, quanto mais polida for a superfície da chapa, mais homogênea será a coloração obtida.

Basicamente existem três métodos para obter o crescimento de filmes coloridos por interferências, sendo eles o de oxidação térmica, química e eletroquímica.

O processo de oxidação térmica conforme apresenta o estudo de (EVANS, 1977), é realizado em uma atmosfera controlada em recipiente fechado sob uma corrente de gás, podendo ser este, argônio, hélio ou hidrogênio, e a temperatura do sistema deve estar variando na faixa entre 500e 900°C, porém neste método, as cores são pouco intensas quando comparadas às obtidas pelo processo de oxidação química.

Já o método de oxidação química, consiste em um tratamento onde o aço inoxidável é imerso em uma solução concentrada de ácido crômico e ácido sulfúrico, a uma temperatura entre 80 e 85°C, para então ser realizado um tratamento catódico de forma

aumentar o endurecimento do filme. (EVANS, 1977) desenvolveu este método que conduz à formação de filmes de óxidos interferentes que possuem diferentes cores e estas variam de acordo com o tempo de imersão e da concentração da solução.

Por fim, o processo eletroquímico consiste na formação do filme oxido na superfície do aço a partir da aplicação de pulsos alternados de potencial, pulsos alternados de corrente ou superposição de sinais de corrente alternada e corrente continua e conforma menciona (RICALDONI, 2013), este processo é mais vantajoso em relação ao último pelo menor tempo de imersão para formação do filme, maior uniformidade de cor e maior resistência ao desgaste.

Vantagens aço inoxidável:

- Resistência mecânica igual ou superior ao aço comum;
- Resistência a corrosão;
- Facilidade de limpeza;
- Baixa tensão superficial;
- Material inerte (não reage com outros materiais);
- Alta durabilidade e vida útil;
- Facilidade de modulação e soldagem;
- Estabilidade em altas temperaturas;
- Baixo custo de manutenção;
- Custo x Benefício;
- Reciclável;
- Possibilidade de aplicação de cores.

Desvantagens aço inoxidável:

- Baixa resistência a corrosão em meios alcalinos;
- Processamento mais difícil do material;
- Baixa resistência a corrosão por pites;
- Baixa dureza;
- No caso de chapas muito finas, existe risco de danificar / amassar durante manuseio;

- A depender do tipo de aço inox e dimensão do projeto, pode ser um material de alto custo.

*Observações

*Preço do aço inox varia de acordo com o Kg

*Quanto menor a espessura da chapa menor o peso

*Resistência a tração do aço inox 304 (mais utilizado) é de 586Mpa

*Limite de escoamento (mínimo) do aço inox 304 é de 234Mpa

D.3 Porta: acrílico ou vidro laminado

A seleção do material transparente para a porta ficou entre dois materiais o polímero, acrílico, e o cerâmico, vidro laminado, segue abaixo propriedades mecânicas e preço dos mesmos:

	Módulo de elasticidade	Resistência a flexão	Preço m ²
Vidro	75000 MPa	180 MPa	R\$ 340
Acrílico	3216,58 MPa	109,83 MPa	R\$ 218,98

Tabela 8 – Propriedades mecânicas e preço do vidro e do acrílico

O único quesito que o vidro laminado perde é no preço mas devido a suas propriedades mecânicas vamos escolhe-lo.

APÊNDICE E – Desenhos técnicos

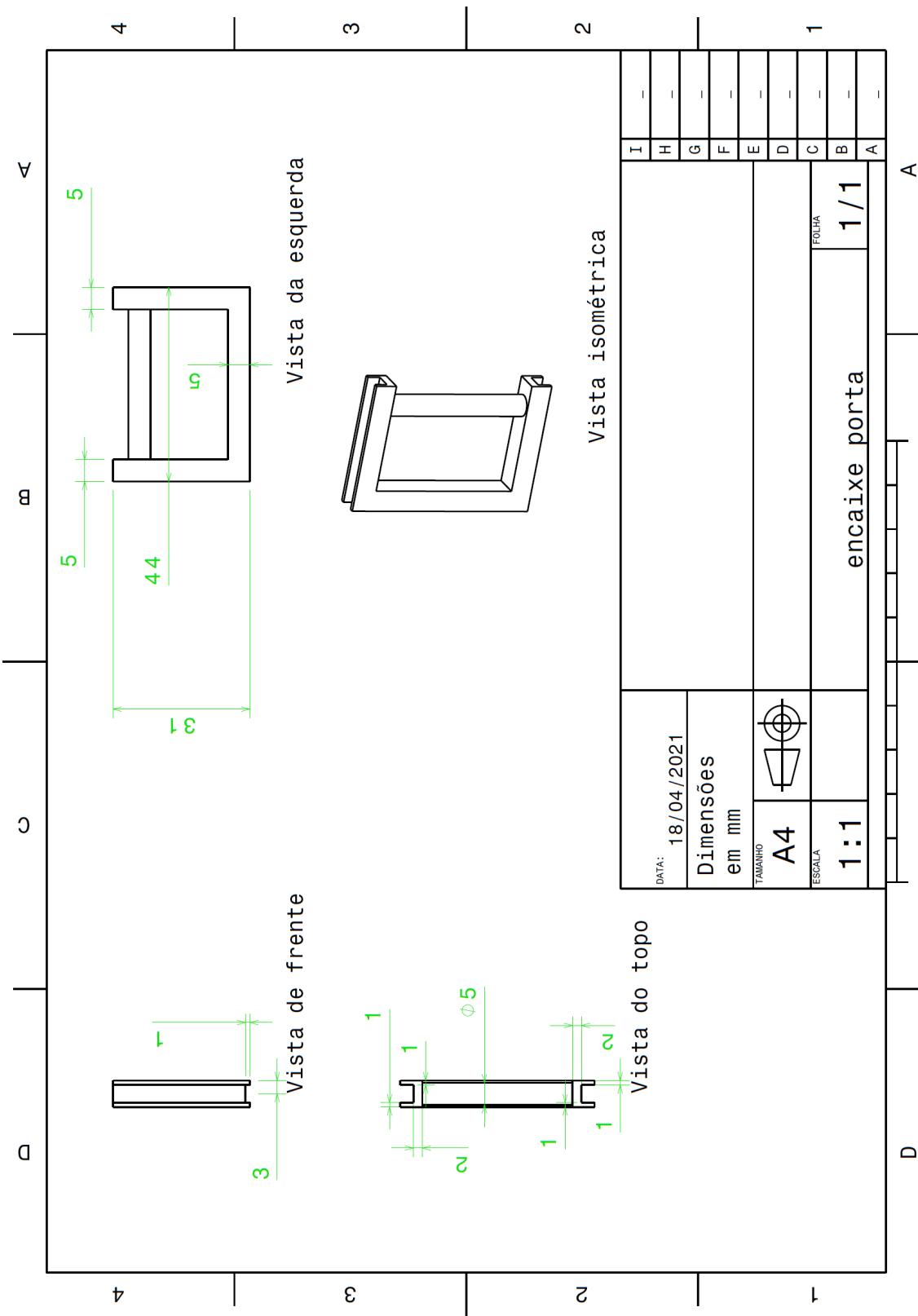


Figura 55 – Desenho técnico: encaixe da porta

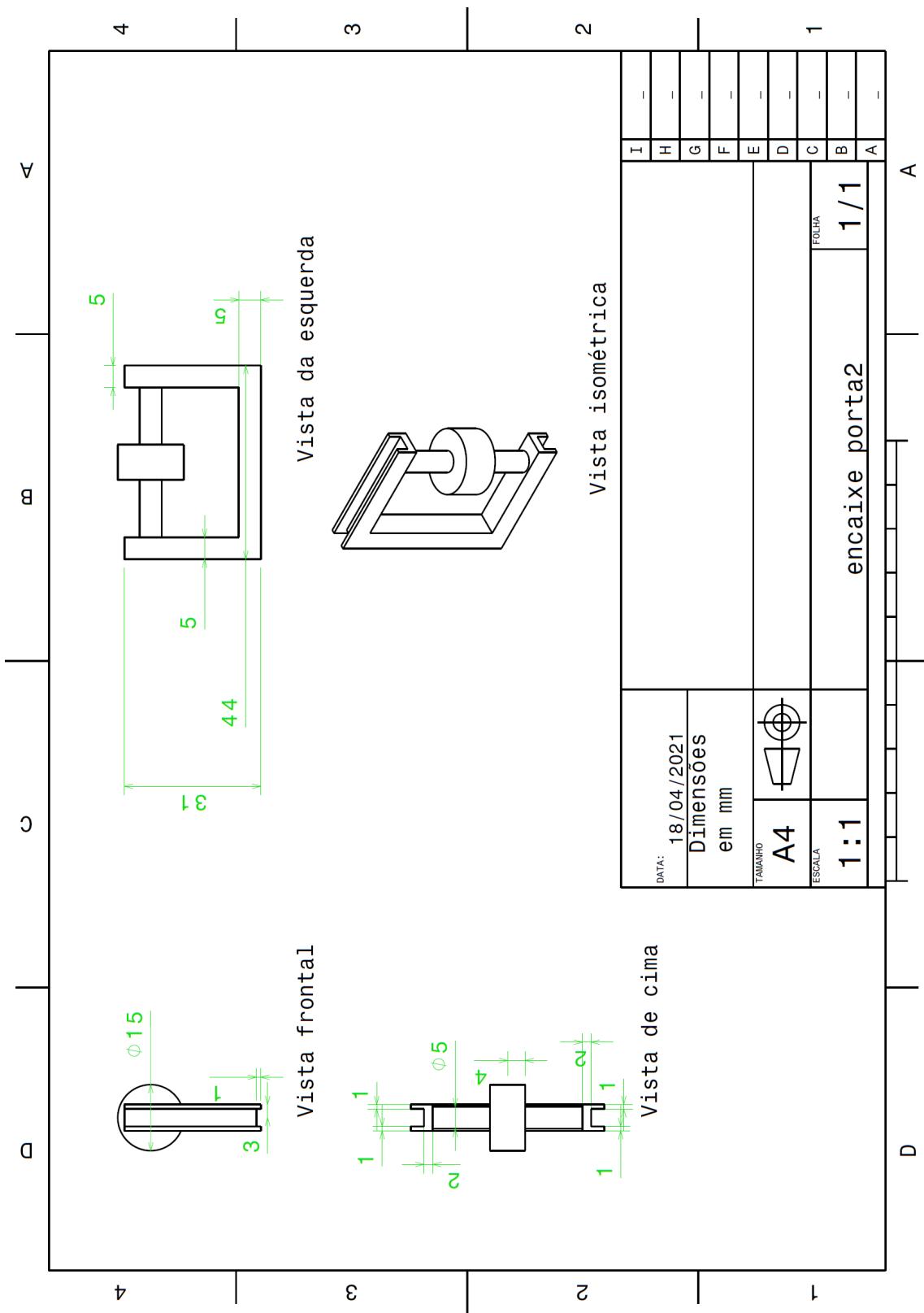


Figura 56 – Desenho técnico: segundo encaixe da porta

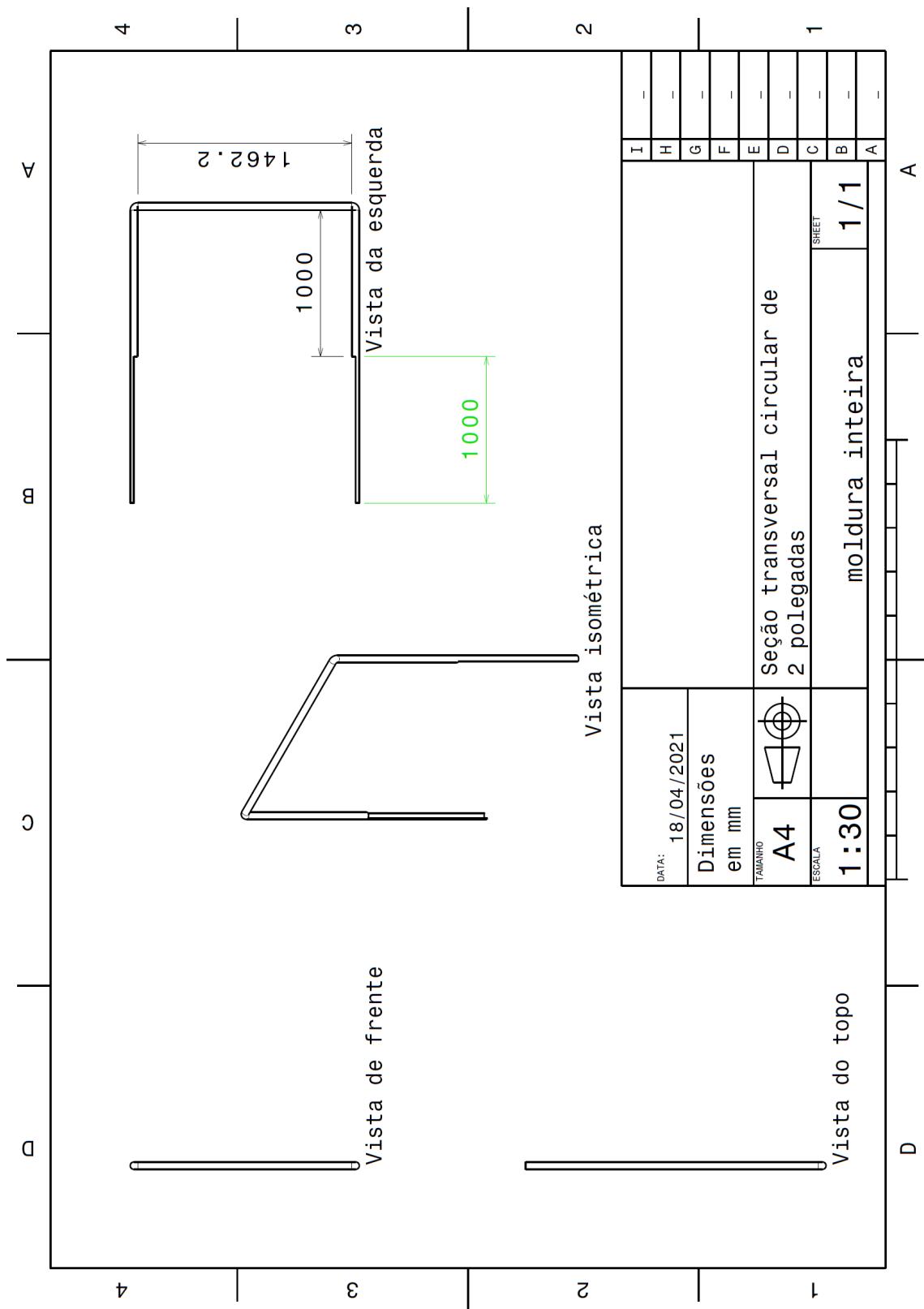


Figura 57 – Desenho técnico: moldura

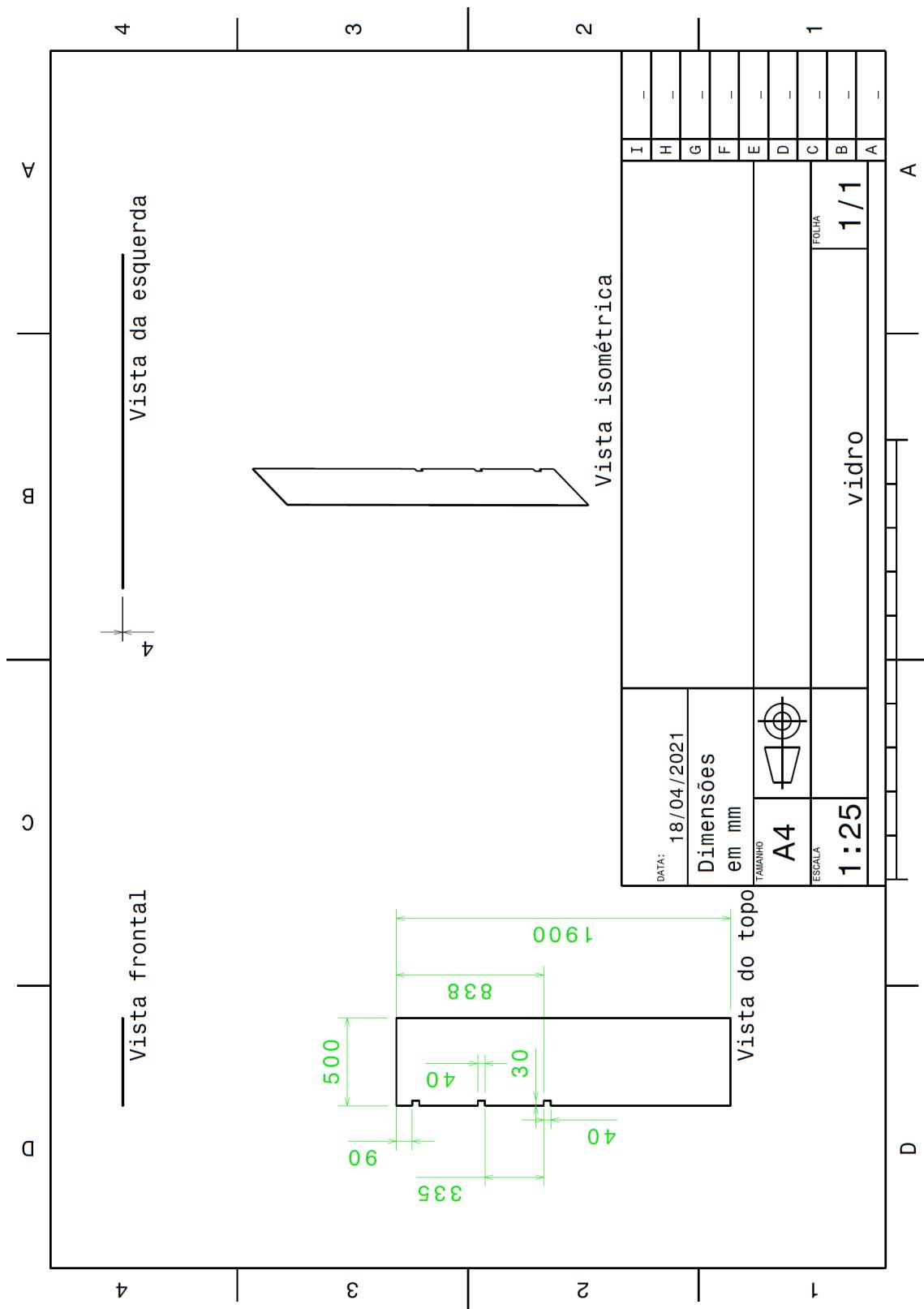


Figura 58 – Desenho técnico: vidro

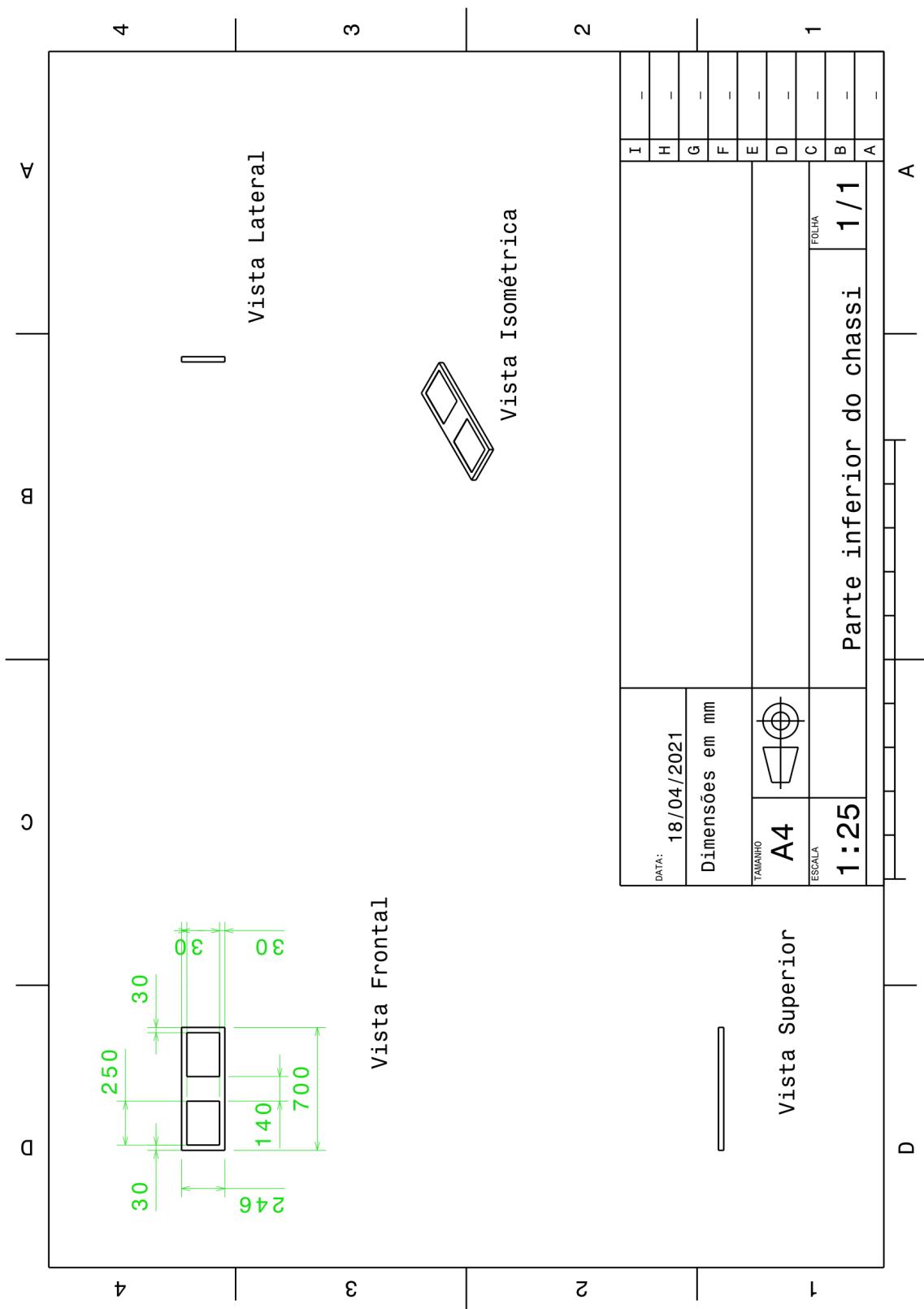


Figura 59 – Desenho técnico: parte inferior do chassi

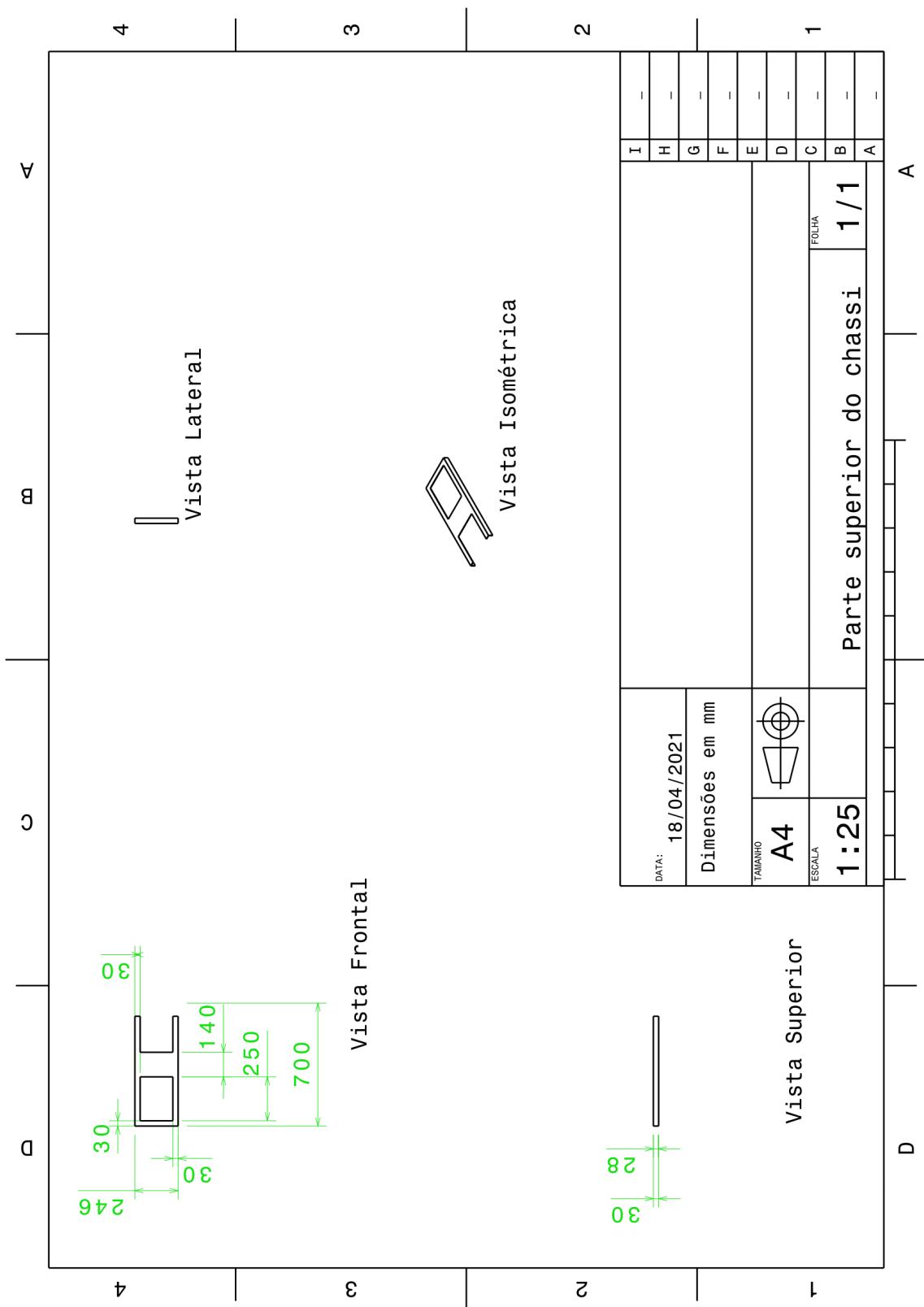


Figura 60 – Desenho técnico: parte superior do chassi

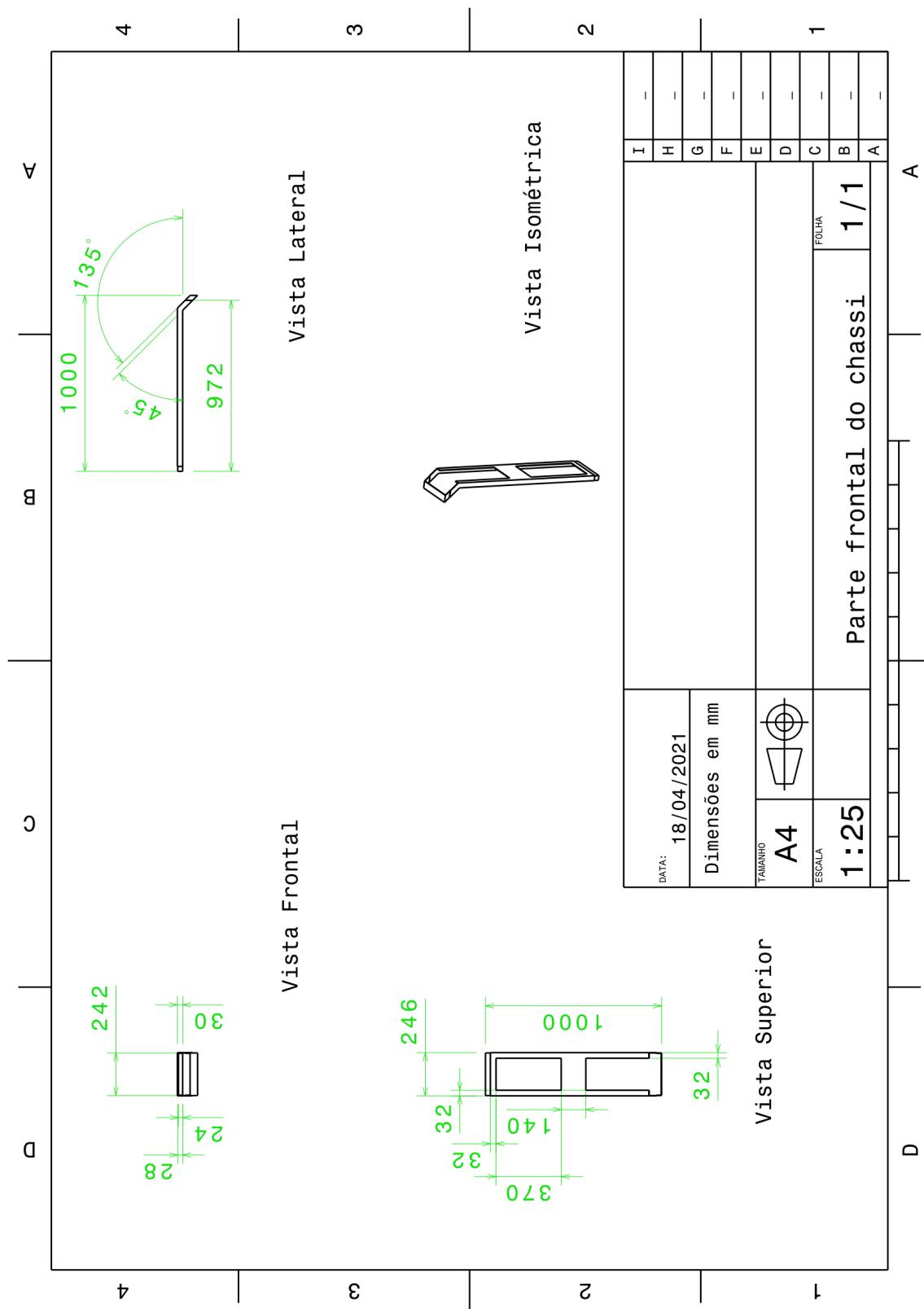


Figura 61 – Desenho técnico: parte frontal do chassi

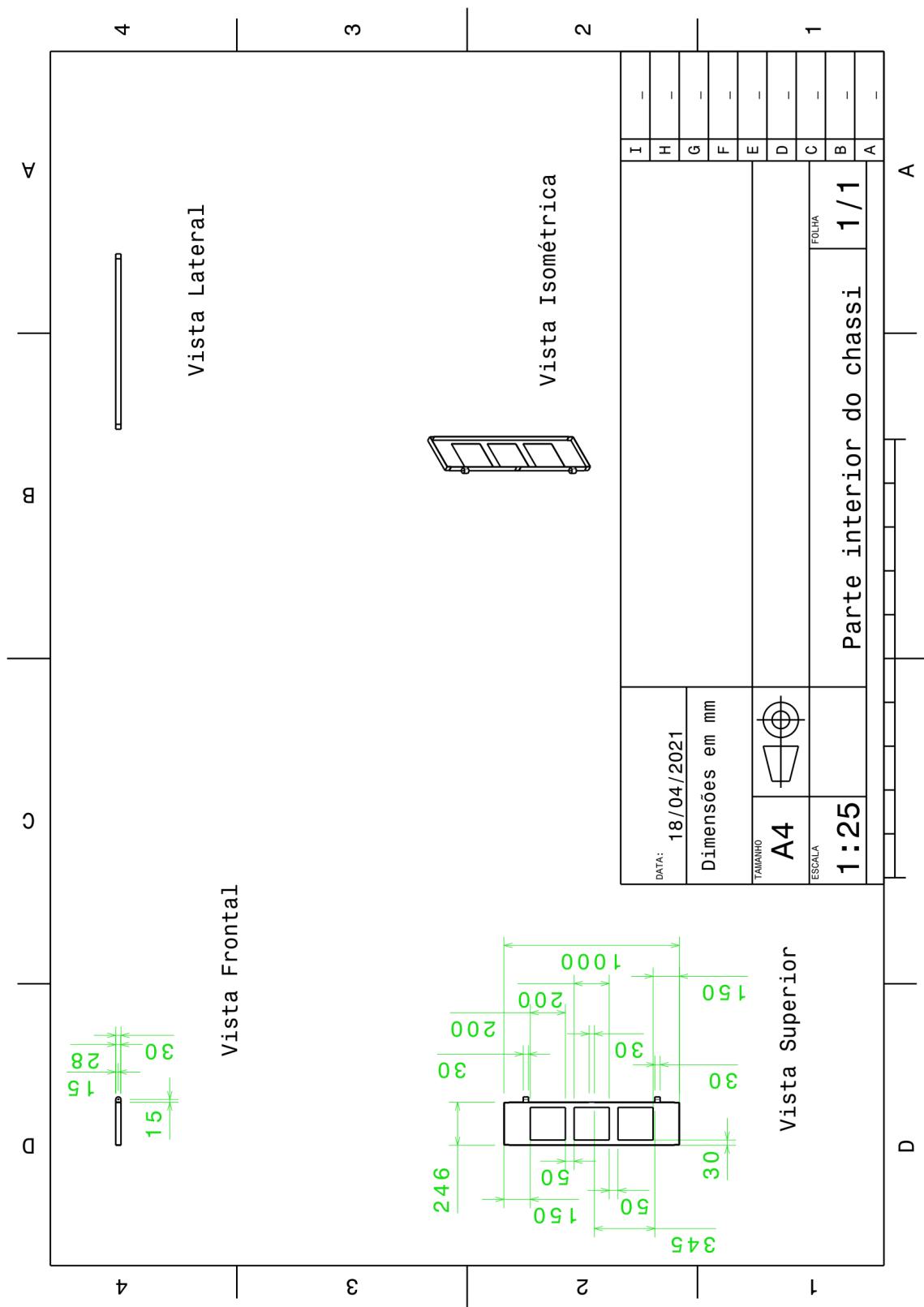


Figura 62 – Desenho técnico: parte interior do chassi

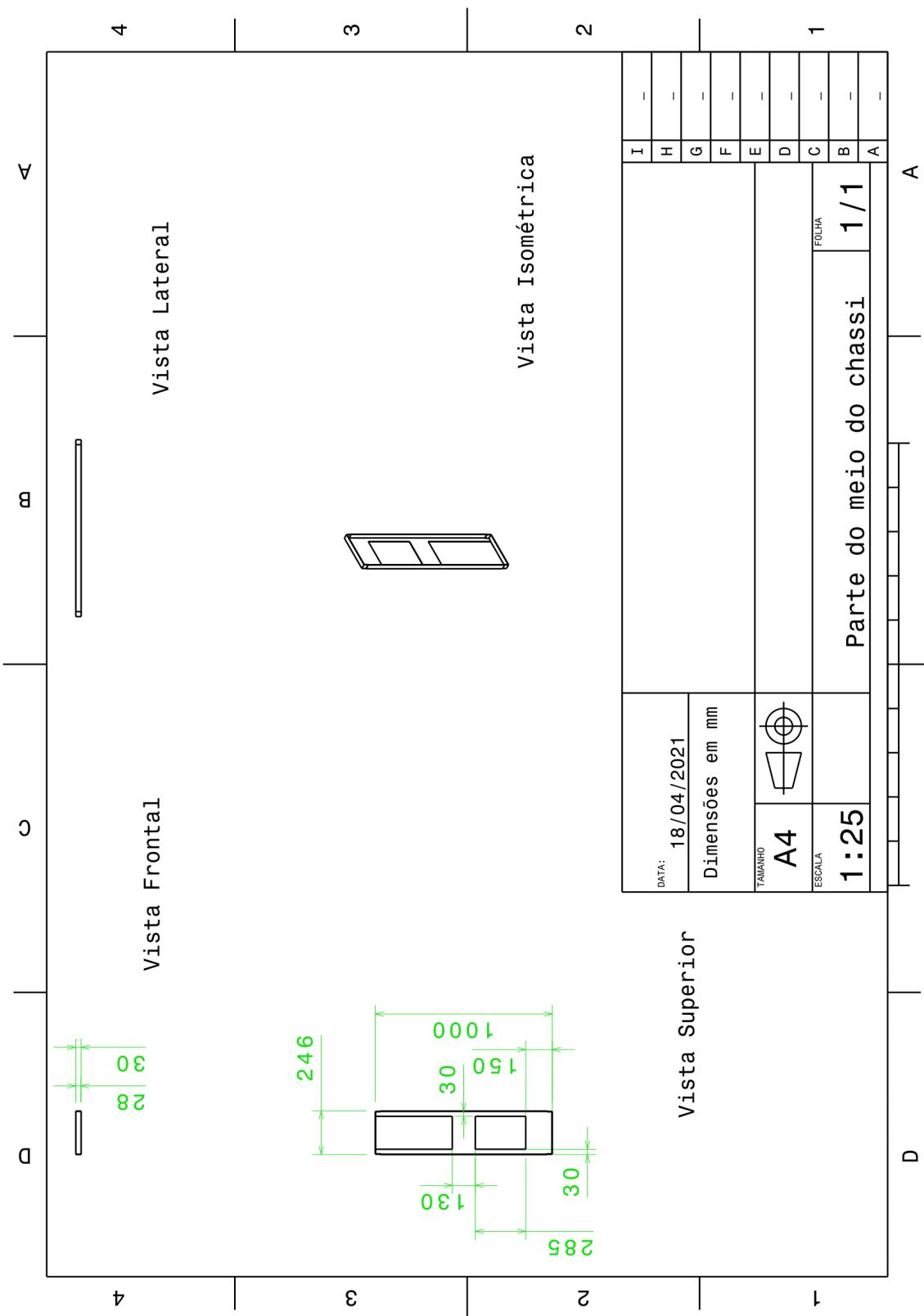


Figura 63 – Desenho técnico: parte do meio do chassi

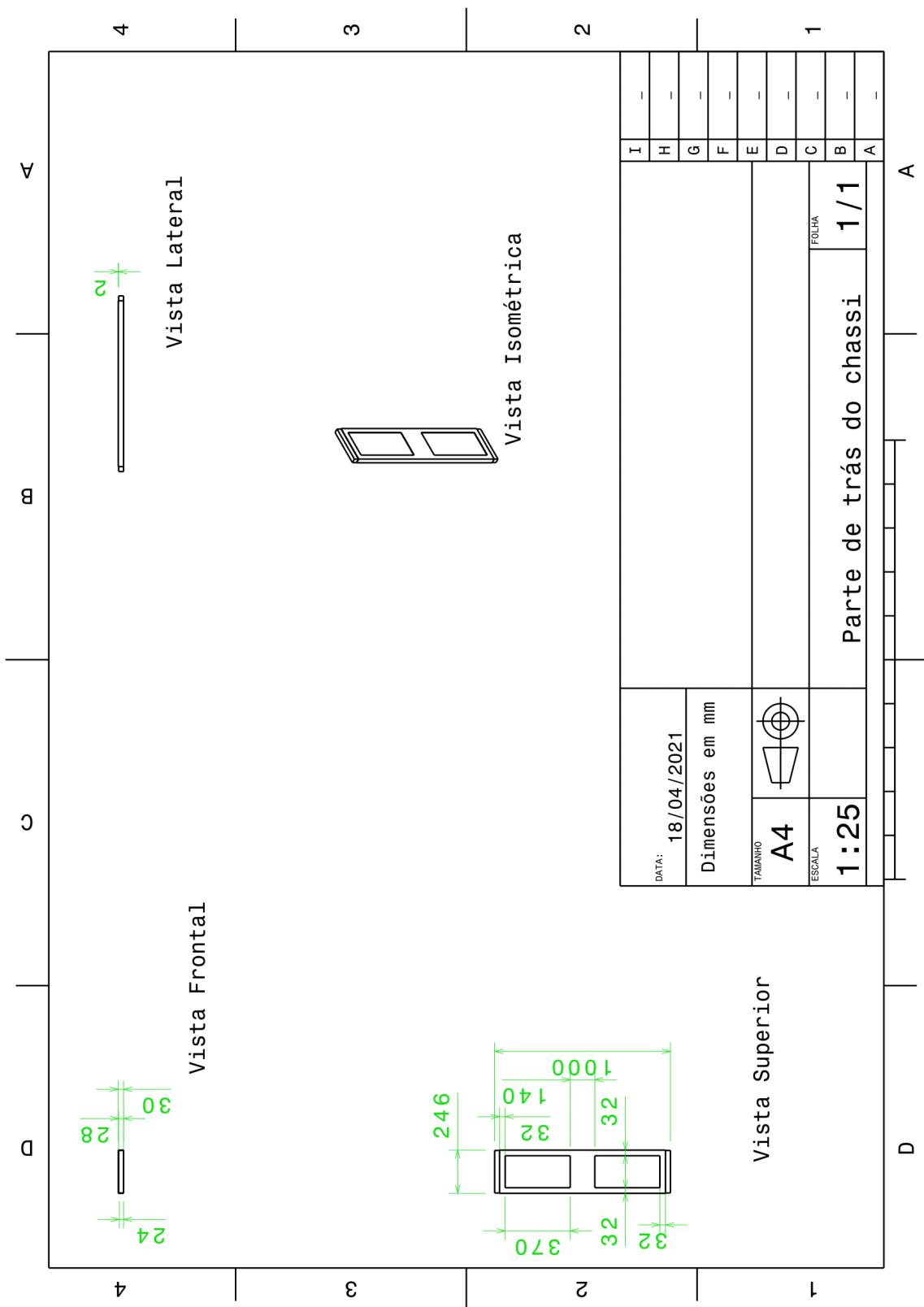


Figura 64 – Desenho técnico: parte de trás do chassi

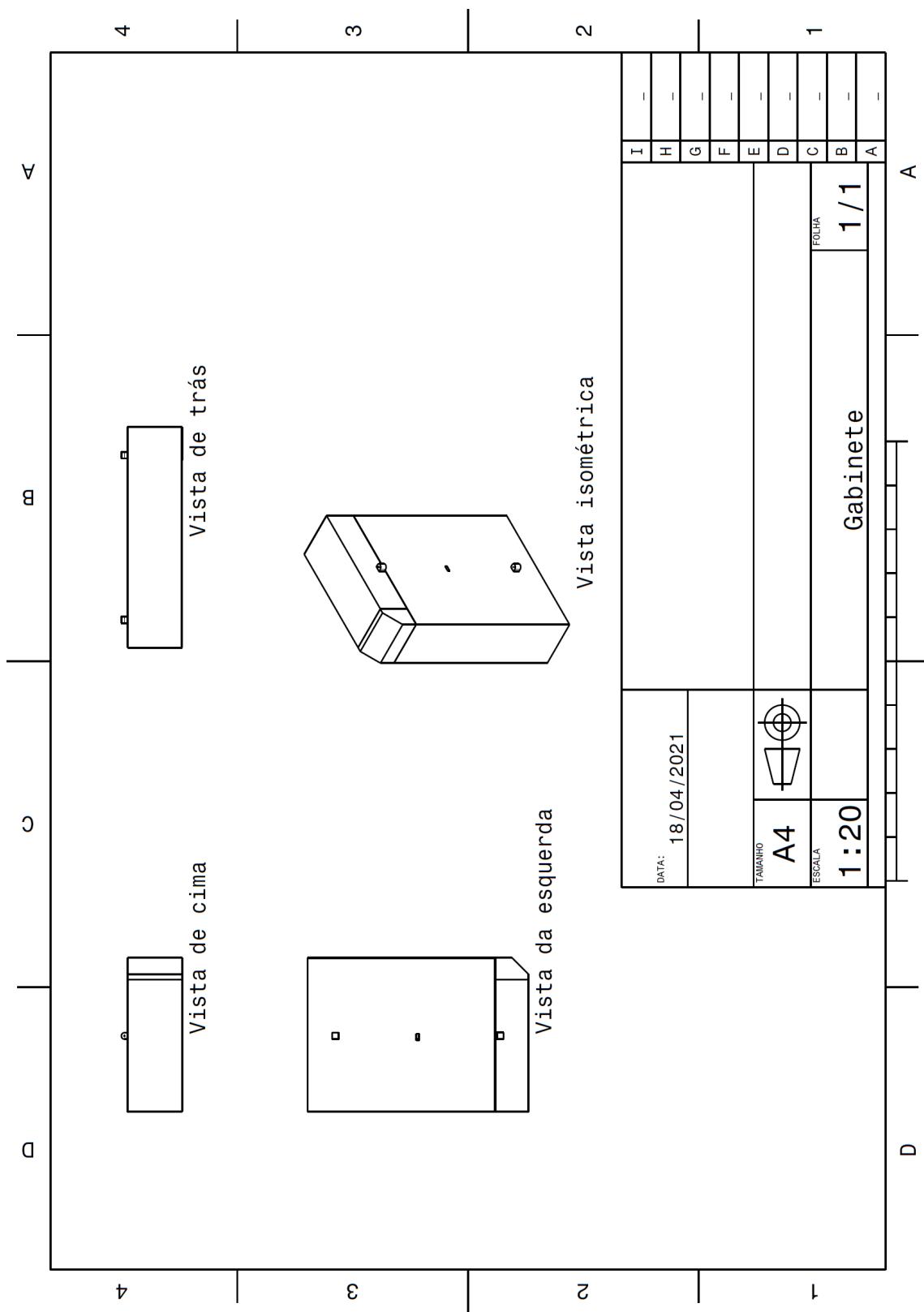


Figura 65 – Desenho técnico: gabinete

Anexos

ANEXO A – Fluxograma Eletrônica

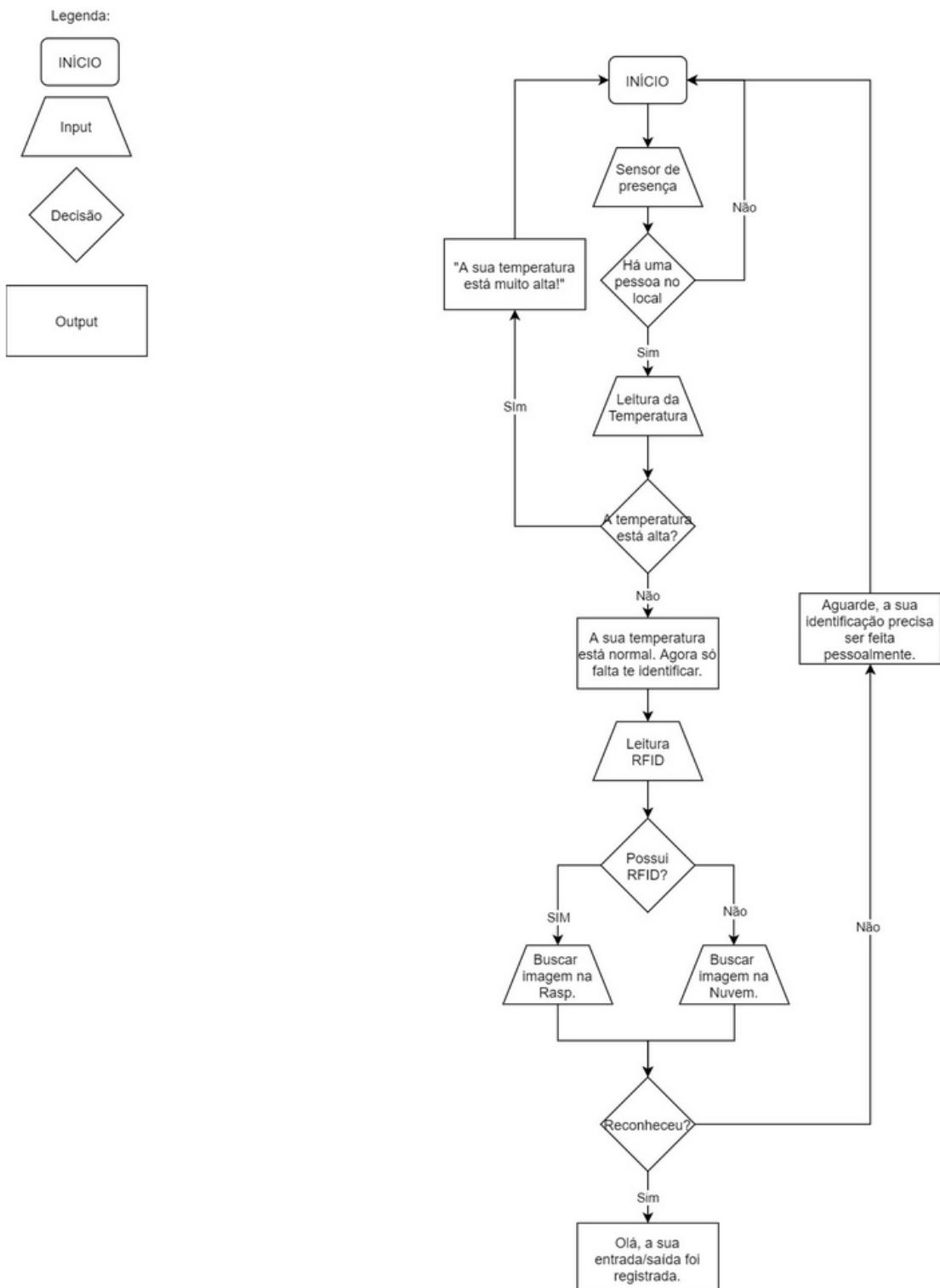


Figura 66 – Fluxograma do funcionamento do sistema com foco nos usuários