

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

CAIO ANDRADE
CAIO MIRITZ
ROGERIO SLABISKI MELO

3D SCAN

OFICINA DE INTEGRAÇÃO 2 - RELATÓRIO FINAL

CURITIBA

2024

CAIO ANDRADE
CAIO MIRITZ
ROGERIO SLABISKI MELO

3D SCAN

Relatório Final da disciplina Oficina de Integração 2, do curso de Engenharia de Computação, apresentado ao professor que ministra a mesma na Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção da aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Cesar Manuel Vargas Benitez

CURITIBA

2024

RESUMO

ANDRADE, Caio Andrade; MIRITZ, Caio Miritz; MELO, Rogerio Slabiski. **3D Scan**. 2024. 38 f. Oficina de Integração 1 - Relatório Final (Bacharelado em Engenharia de Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2024.

Este documento visa a apresentação do projeto 3D Scan para a disciplina de Oficina de Integração 2. O objetivo do projeto é criar um dispositivo capaz de digitalizar objetos tridimensionais e convertê-los em modelos digitais. Utilizando um kit de desenvolvimento ESP32 para uma solução integrada, dois motores de passo e um sensor infravermelho (IR) de distância, o scanner mapeia as coordenadas x, y, z do objeto. Um motor é responsável por elevar a estrutura com uma base rosqueada, enquanto o outro motor gira uma base giratória onde o objeto é colocado. O sensor IR, montado na estrutura que se move verticalmente, lê as dimensões do objeto. Os dados capturados são processados pelo software Matlab para criar uma representação digital precisa do objeto escaneado.

Palavras-chave: Impressão 3D. Scanner. Gestão de Projeto. Digitalização. .

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	OBJETIVOS	5
1.1.1	Objetivos Gerais	5
1.1.2	Objetivos Específicos	5
2	O OBJETO 3D DIGITALIZADO	7
2.1	MODELAGEM 3D	7
2.2	O SCAN 3D	8
3	REQUISITOS	10
3.1	REQUISITOS FUNCIONAIS	10
3.2	REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	10
3.3	ANTI-REQUISITOS	11
4	ESTRUTURA E MECÂNICA	12
4.1	COMPONENTES DA ESTRUTURA	12
4.1.1	Bases dos Motores	13
4.1.2	Fixador do Motor	14
4.1.3	Acoplador do Eixo	14
4.1.4	Plataforma do Sensor	14
4.1.5	Mesa Giratória	15
4.1.6	Guia Superior	15
4.2	MECÂNICA	15
4.2.1	Movimento Vertical	16
4.2.2	Movimento Circular da Mesa	16
4.2.3	Sincronização dos Movimentos	17
5	HARDWARE	18
5.1	COMPONENTES DO HARDWARE	18
5.2	ELETRÔNICA	18
5.2.1	Devkit Node MCU ESP32	19
5.2.2	Motores Nema 17	19
5.2.3	Sensor IR de Distância	19
5.2.4	Controladores A4988 e DRV8825	20
5.2.5	Módulo SD	21
5.3	ESQUEMATICO ELETRÔNICO	21
5.3.1	Esquema Eletrônico	21
5.4	PCB	22
5.5	IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE	23
6	SOFTWARE	26
6.1	STATECHART	26
6.2	FIRMWARE	27
6.2.1	Ferramentas de Desenvolvimento	27
6.2.2	Software	27

6.2.2.1	Fluxogramas das funções desenvolvidas	29
6.2.3	Interface	33
7	RESULTADOS	34
7.0.1	Gestão de tempo dos alunos	34
7.0.2	Cronograma	36
8	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço das impressoras 3D e dos softwares de modelagem, é mister o surgimento de soluções que simplifiquem o processo de criação de objetos e peças para impressão. Devido à complexidade envolvida na constituição de modelagens 3D e à crescente necessidade de precisão e eficiência, a demanda por métodos alternativos para criar modelos tridimensionais de objetos físicos tem aumentado significativamente. Essas novas abordagens visam facilitar a transição do mundo físico para o digital, tornando o processo de modelagem mais acessível e menos trabalhoso. Uma abordagem que ganhou destaque foi o uso de scanners 3D. Esses dispositivos permitem digitalizar objetos reais em alta precisão, eliminando a necessidade de modelagem manual em softwares de design. Ao digitalizar um objeto com um scanner 3D, é possível obter uma réplica virtual detalhada, economizando tempo e reduzindo a margem de erro humana na modelagem. Dessa forma, a tecnologia de escaneamento 3D se tornou uma ferramenta essencial para profissionais e entusiastas que buscam agilidade e precisão na criação de modelos tridimensionais.

1.1 OBJETIVOS

Ao desenvolver um Scanner 3D, nosso objetivo principal era concluir o projeto dentro do prazo pré-estipulado e com um orçamento reduzido. Queríamos demonstrar que é viável escanear objetos simples de forma eficiente, economizando tempo e recursos que seriam gastos na modelagem 3D tradicional.

1.1.1 Objetivos Gerais

Este projeto tem como objetivo final a criação de um objeto 3D digital que ofereça um resultado comparável ao que seria alcançado através da modelagem manual em um software.

1.1.2 Objetivos Específicos

Utilizando um Esp32 como microcontrolador, queremos:

- Desenvolver o dispositivo de digitalização 3D

- Mapeamento de coordenadas tridimensionais.
- Processamento de dados de captura.
- Resolução de dados capturados a partir de parâmetros do sistema.
- Usar display Nextion como interface de usuário do sistema.

2 O OBJETO 3D DIGITALIZADO

A ideia principal do projeto Scan 3D é criar uma solução que aproxime a qualidade e a precisão de uma modelagem tridimensional tradicional, porém, com significativas vantagens em termos de tempo, eficiência e praticidade. Em vez de depender do processo manual e detalhado de modelar objetos do zero utilizando software de design, o Scan 3D digitaliza os objetos físicos diretamente, gerando modelos digitais precisos em um período muito menor. Esta abordagem não só reduz o tempo necessário para a criação dos modelos, mas também simplifica o processo, tornando-o mais acessível e eficiente para diversos usos e aplicações.

2.1 MODELAGEM 3D

A modelagem 3D surgiu na década de 1960, com o desenvolvimento dos primeiros sistemas de CAD (Computer-Aided Design), que permitiam a criação de modelos digitais de objetos. Inicialmente, essas ferramentas eram utilizadas principalmente na engenharia e na arquitetura para desenhar e simular projetos antes de sua construção. Nos anos 1980, a introdução de computadores pessoais mais poderosos e a redução dos custos de hardware tornaram o CAD mais acessível a um público mais amplo, incluindo designers e artistas gráficos. Nessa época, o desenvolvimento de algoritmos e técnicas de renderização 3D evoluiu rapidamente, permitindo a criação de imagens tridimensionais mais realistas. Softwares como AutoCAD, Blender, e 3D Studio Max começaram a emergir, oferecendo ferramentas robustas para modelagem, animação e renderização 3D.

Com o advento da impressão 3D nos anos 2000, a modelagem 3D ganhou uma nova dimensão. As impressoras 3D permitiram transformar modelos digitais em objetos físicos, revolucionando diversas indústrias, desde a manufatura até a medicina, passando pelo entretenimento e pela moda. O processo de modelagem 3D para impressão começa com a concepção da ideia e o planejamento do modelo, definindo especificações como dimensões, formas, texturas e funcionalidade. Ferramentas de software como AutoCAD, Blender, SolidWorks e Tinkercad são amplamente utilizadas, cada uma com suas próprias características e funcionalidades.

As técnicas de modelagem incluem a modelagem poligonal, que usa polígonos para criar a superfície do objeto e é comum em animação e design de jogos; a modelagem NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines), que utiliza curvas matemáticas para definir formas suaves e

complexas, ideal para design automotivo e industrial; e a modelagem de escultura digital, que permite modelar objetos como se estivesse esculpindo digitalmente com argila, com softwares como ZBrush sendo populares para esta técnica. Após criar a forma básica do modelo, são aplicadas texturas e materiais para dar ao objeto uma aparência realista, definindo cores, padrões de superfície, reflexividade e outras propriedades visuais.

Antes de imprimir, é crucial verificar se o modelo é adequado para impressão 3D, garantindo que todas as partes do modelo são fechadas, a espessura mínima das paredes e a remoção de qualquer geometria desnecessária. O modelo 3D é então exportado para um formato compatível com impressoras 3D, geralmente STL (Stereolithography) ou OBJ, que contém a informação necessária para que a impressora 3D construa o objeto camada por camada. Finalmente, o arquivo do modelo é carregado em uma impressora 3D, onde o objeto é fisicamente criado usando materiais como plástico, resina, metal ou cerâmica. A impressão pode levar de algumas horas a vários dias, dependendo da complexidade e tamanho do objeto.

A modelagem 3D para impressão 3D é um processo técnico e criativo que envolve várias etapas e ferramentas. Desde sua origem nos sistemas CAD até as modernas técnicas de impressão 3D, a evolução dessa tecnologia tem permitido a criação de objetos cada vez mais complexos e detalhados, transformando a maneira como projetamos e fabricamos produtos no mundo moderno.

2.2 O SCAN 3D

A modelagem 3D através do escaneamento de objetos representa uma evolução significativa na maneira como criamos modelos digitais para impressão 3D. Ao invés de começar do zero com software de modelagem, onde cada detalhe precisa ser meticulosamente desenhado, o processo de escaneamento nos permite capturar objetos físicos do mundo real em sua forma tridimensional. Esse avanço não apenas simplifica o processo de criação, mas também aumenta a precisão e a fidelidade do modelo digital ao objeto original.

O escaneamento 3D utiliza tecnologias como sensores infravermelhos e sistemas de captura de imagem para mapear as coordenadas x, y e z do objeto. Com o uso de um kit de desenvolvimento ESP32 e dois motores de passo, a estrutura do scanner permite que o sensor infravermelho seja elevado e percorra o comprimento do objeto, enquanto uma base giratória posiciona o objeto para captura em todos os ângulos. Esse sensor IR montado na estrutura vertical mede as dimensões do objeto em tempo real. Os dados capturados são então processados pelo

software Matlab para criar uma representação digital detalhada e precisa do objeto escaneado.

Comparado à modelagem tradicional, o escaneamento 3D oferece várias vantagens. Ele reduz significativamente o tempo necessário para criar modelos 3D complexos, eliminando a necessidade de modelar cada detalhe manualmente. Além disso, permite capturar objetos com formas intrincadas e texturas detalhadas que podem ser difíceis de reproduzir através da modelagem digital convencional.

A integração do escaneamento 3D na modelagem para impressão 3D abre novas possibilidades criativas e técnicas. Agora, podemos transformar objetos físicos em modelos digitais com facilidade e precisão, adaptando-os para aplicações que vão desde o design de produtos até a preservação do patrimônio cultural. Essa abordagem inovadora não só simplifica o processo de criação, mas também promove avanços significativos na maneira como exploramos e utilizamos a tecnologia de impressão 3D em diversos setores.

Além das vantagens mencionadas, é importante destacar que nossa proposta visa oferecer um escaneamento 3D de baixo custo, focado em objetos simples, utilizando principalmente um sensor de distância infravermelho. Para projetos que demandem maior complexidade e precisão, como objetos com detalhes finos ou texturas delicadas, seria necessário investir em sensores mais avançados e adotar técnicas de processamento de dados mais sofisticadas. Isso garantiria que o objeto seja digitalizado de forma mais completa e detalhada, atendendo às exigências de aplicações específicas que requerem alta fidelidade no modelo digital.

O uso de tecnologias acessíveis como o sensor infravermelho torna o escaneamento 3D mais acessível e democrático, permitindo que pequenas empresas, artistas e entusiastas de tecnologia tenham acesso a ferramentas poderosas para criação e prototipagem. Com o avanço contínuo da tecnologia, podemos antever um futuro onde o escaneamento 3D de baixo custo se torne ainda mais preciso e versátil, impulsionando inovações em diversas áreas como design de produtos, arquitetura, medicina e muito mais.

3 REQUISITOS

Os requisitos representam um dos pilares fundamentais no desenvolvimento de qualquer projeto. Eles definem as necessidades e expectativas que o projeto deve atender para ser considerado bem-sucedido. Este capítulo é dedicado à explanação dos tipos de requisitos que são essenciais para a construção de um projeto robusto e eficiente.

3.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

- O sistema deve ser capaz de escanear um objeto 3D;
- O sistema deve gerar um objeto virtual próximo ao objeto real;
- O usuário deve ser capaz de ligar e desligar o sistema;
- O usuário deve ser capaz de visualizar os dados coletados;
- O usuário deve ser capaz de interagir com o sistema através de uma tela *touch*;
- O sistema deve permitir o usuário modificar a resolução da captura dos pontos ao aumentar a quantidade de rotações de captura;
- O usuário deve ser capaz de controlar os motores independentemente para testes do sistema;
- O sistema será capaz de scanear objetos numa faixa de distância de 2cm a 15cm.
- O scanner deve permitir a exportação dos dados digitalizados para processamento no Matlab;

3.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

- O sistema deverá ser controlado por uma ESP32;
- A interação entre o Sistema e o Usuário deve ser realizada através de um Display Nextion;
- O tamanho dos objetos escaneados devem condizer com o alcance do sensor;
- A renderização do objeto deverá ser realizada através do MatLab;

- O scanner deve ser compacto e fácil de transportar;

3.3 ANTI-REQUISITOS

- O scanner 3D não atende aos padrões de precisão e resolução necessários para capturar detalhes finos dos objetos.
- A qualidade das digitalizações resulta em modelos imprecisos.
- Limitação de tamanho referente a dimensão da base giratória e curso do eixo roscado;
- O sistema não gera um objeto 3D, e sim um arquivo em formato .STL que possibilita a impressão em 3D.
- Tempo de digitalização prolongado e usuários enfrentam longos tempos de espera para obter os resultados desejados;
- Não é adequado para objetos maiores que 10 cm de largura e 10 cm de comprimento.

4 ESTRUTURA E MECÂNICA

Neste capítulo, abordaremos em detalhes a concepção e a implementação das partes mecânicas e estruturais do nosso projeto. A integração entre esses dois aspectos é fundamental para garantir a precisão e a eficiência do 3D Scan, razão pela qual os discutimos em conjunto em um mesmo capítulo.

A estrutura do mesmo foi inteiramente projetada e construída utilizando peças de impressão 3D, uma escolha que nos permitiu grande flexibilidade, customização e economia. Tendo também, a facilidade de ajustar e reconstruir a peça, se necessário.

A mecânica está intrinsecamente conectada à estrutura, composta por eixos e rolamentos que permitem movimentos suaves e precisos. Para garantir o controle exato desses movimentos, utilizamos motores de passo Nema17, que são essenciais para a operação sincronizada do 3D Scan e para a obtenção das distâncias dos pontos captados.

Neste capítulo, detalharemos o design estrutural e os materiais utilizados. Em seguida, exploraremos a configuração mecânica, discutindo a escolha dos componentes, sua integração na estrutura impressa e a metodologia adotada para garantir o alinhamento e a calibração necessários para um desempenho satisfatório do projeto.

4.1 COMPONENTES DA ESTRUTURA

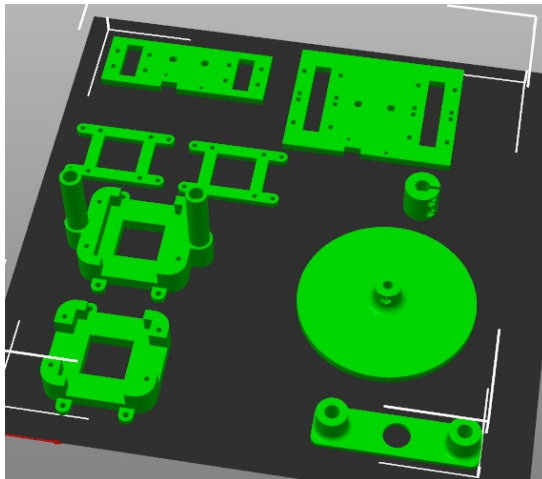
Para o desenvolvimento do projeto, foram necessárias as seguintes partes estruturais:

Tabela 1 – Componentes e Orçamento

Descrição	Valor
Acoplador do Eixo	R\$9,00
Fixador do Motor	R\$9,00
Bases dos Motores	R\$72,00
Plataforma do Sensor	R\$35,00
Mesa Giratória	R\$35,00
Guia Superior	R\$15,00
Eixos 8mm	R\$38,98
Rolamentos 8mm	R\$25,52

Fonte: AUTORES

A seguir podemos observar a modelagem 3D dos componentes (Figura 1) e sua estrutura final (Figura 2).

Figura 1 – Modelagem 3D**Fonte: AUTORES****Figura 2 – Estrutura Final****Fonte: AUTORES**

4.1.1 Bases dos Motores

As bases dos motores são componentes cruciais na estrutura, responsáveis por fixar os motores de passo de maneira estável. São duas bases idênticas em suas dimensões principais, garantindo uniformidade na montagem e distribuição de forças. No entanto, uma delas possui características adicionais para acomodar os eixos.

Uma das bases é equipada com hastes verticais em forma de cilindros ocos. Estas hastes têm uma espessura maior, projetadas especificamente para comportar os eixos de 8mm de diâmetro. A inclusão dessas hastes permite um alinhamento preciso dos eixos. As hastes também adicionam rigidez à base, minimizando qualquer flexão ou deslocamento durante a operação.

4.1.2 Fixador do Motor

Ambas as bases, em conjunto com os motores, possuem fixadores superiores com encaixe para anexação dos parafusos que fixam longitudinalmente a base e o motor.

4.1.3 Acoplador do Eixo

O acoplador do eixo rosqueado faz a interface entre o eixo e o motor de passo, garantindo que a rotação de ambos esteja perfeitamente alinhada e sincronizada. Este acoplador evita qualquer deslizamento do eixo sobre o pino do motor, proporcionando uma transmissão de torque eficiente.

O design inclui um orifício central rosqueado internamente para se ajustar ao eixo de maneira segura e um orifício de encaixe no pino do motor, o mesmo possui um mecanismo de fixação, apertado por 2 parafusos para que o motor esteja firmemente preso ao acoplador.

4.1.4 Plataforma do Sensor

A plataforma do sensor foi projetada para segurar o sensor de forma segura e permitir seu movimento vertical preciso durante o processo de escaneamento. A mesma possui entradas específicas para parafusos e para a passagem de abraçadeiras de nylon que fixam os rolamentos por onde passam os eixos de 8mm.

A plataforma possui furos para permitir a fixação firme do sensor com parafusos, garantindo que o sensor permaneça estável durante o movimento vertical, evitando qualquer desvio que possa comprometer a precisão da captura das distâncias.

No centro da plataforma, há um ponto de fixação para um objeto rosqueado que se conecta ao eixo rosqueado principal. Esta conexão é crucial, pois permite que a plataforma se mova verticalmente conforme o eixo rosqueado gira, acionado pelo motor de passo. Este mecanismo é o que permite a elevação e descida do sensor durante o processo de escaneamento.

4.1.5 Mesa Giratória

A mesa giratória é a base onde o objeto a ser escaneado é colocado. Esta mesa é projetada para proporcionar um movimento circular controlado e preciso, essencial para a captura de todos os ângulos do objeto durante o processo de escaneamento. A fixação da mesa ao pino do motor é realizada através de um parafuso, permitindo um acoplamento mais firme.

A superfície da mesa é projetada como um disco plano e liso, proporcionando uma base estável para o objeto a ser escaneado. A dimensão dela foi calculada para acomodar uma ampla variedade de tamanhos de objetos pequenos e médios, garantindo versatilidade e precisão junto ao sensor.

A mesa possui um orifício central que se conecta diretamente ao pino do motor, ela possui uma passagem para o parafuso que fixa a mesa ao pino do motor de passo. Esta conexão garante que a mesa gire de maneira controlada e precisa em resposta aos comandos do motor.

4.1.6 Guia Superior

A guia superior foi projetada para manter os eixos em uma distância constante e fixa, garantindo a estabilidade e o alinhamento do sistema. Além disso, a guia superior possui um orifício central por onde passa o eixo rosqueado.

A guia possui dois suportes laterais projetados para segurar os eixos, mantendo-os na mesma distância entre si. Estes suportes garantem que os eixos permaneçam paralelos e estáveis, evitando qualquer desvio que possa comprometer a precisão do processo.

4.2 MECÂNICA

Abordaremos em detalhes os aspectos mecânicos do 3D Scan, incluindo os movimentos verticais e circulares essenciais para a operação do sistema. A sincronização desses movimentos é crucial para a captura das distâncias, e a mecânica envolvida desempenha um papel fundamental nesse processo.

A seção está dividida em três subseções: o movimento vertical, o movimento circular da mesa e a sincronização desses dois movimentos para o escaneamento do objeto.

4.2.1 Movimento Vertical

O movimento vertical do 3D Scan é realizado pelo motor de passo que aciona um eixo rosqueado. A estrutura mecânica responsável por este movimento inclui a plataforma do sensor, o eixo rosqueado, os rolamentos, a guia superior e as bases dos motores.

- A plataforma do sensor se move verticalmente ao longo dos eixos, guiada pelo eixo rosqueado.
- Conectado ao motor de passo através de um acoplador de eixo rosqueado, o eixo rosqueado transforma a rotação do motor em movimento linear vertical.
- Os rolamentos garantem um deslizamento ao longo dos eixos verticais.
- O guia Superior mantém os eixos na mesma distância e os fixa, assegurando a estabilidade estrutural durante o movimento.

O motor de passo aciona o eixo rosqueado, convertendo a rotação em movimento linear. Conforme o eixo rosqueado gira, a plataforma do sensor, que está fixada ao eixo, se move verticalmente. Os rolamentos garantem que o movimento ao longo dos eixos seja suave e sem obstruções. A guia superior ajuda a manter os eixos paralelos e firmemente fixados, evitando qualquer oscilação ou desalinhamento.

4.2.2 Movimento Circular da Mesa

O movimento circular da mesa é gerado por outro motor de passo, que controla a rotação da mesa giratória onde o objeto a ser escaneado é fixado. A estrutura mecânica responsável por este movimento inclui a mesa giratória e a fixação ao pino do motor.

- A mesa é fixada ao motor de passo através de um parafuso central.
- O pino do motor de passo se conecta à mesa giratória, garantindo que a rotação do motor seja transmitida de forma precisa à mesa.

O motor de passo aciona a mesa giratória, que é fixada ao pino do motor através de um parafuso. À medida que o motor gira, a mesa também gira, permitindo que o objeto colocado sobre ela seja rotacionado. Este movimento circular é crucial para capturar a distância de todos os ângulos do objeto durante o processo de escaneamento.

4.2.3 Sincronização dos Movimentos

A operação eficiente do 3D Scan depende da sincronização precisa entre o movimento vertical da plataforma do sensor e o movimento circular da mesa giratória. A combinação desses dois movimentos permite que o sensor capture uma série de distâncias de diferentes ângulos e alturas, resultando em uma digitalização completa e detalhada do objeto.

- **Início do Processo:** O processo de escaneamento começa com o motor de passo vertical acionando o eixo rosqueado, movendo a plataforma do sensor para a posição inicial.
- **Movimento Simultâneo:** Conforme o sensor se move verticalmente, o motor de passo da mesa giratória começa a girar a mesa. A sincronização dos dois motores garante que o sensor capture distâncias a partir de diferentes alturas e ângulos.
- **Precisão e Coordenação:** A precisão dos motores de passo, juntamente com a estrutura, assegura que os movimentos sejam coordenados, evitando qualquer desvio que possa comprometer a qualidade do escaneamento.

5 HARDWARE

O Hardware visa facilitar a interação entre o Usuário e o sistema, proporcionando um display para comandos ao controlador que realizará o controle de movimentação dos motores, as coletas dos dados do sensor a respeito dos pontos dos objetos e também o armazenamento desses dados através do módulo SD.

5.1 COMPONENTES DO HARDWARE

Para o desenvolvimento do projeto, foram necessárias os seguintes componentes que compõe o Hardware:

Tabela 2 – Componentes e Orçamento

Descrição	Valor
Microcontrolador Esp32	R\$45,50
Motores Nema17	R\$300,00
Sensor IR GP2Y0A51SK0F	R\$52,38
Servo Motor A4988 e DRV8825	R\$37,76
Micro SD TF Card Shield	R\$23,00
Regulador 5v	R\$3,00
Conector P4	R\$4,60
Diodos e Capacitores	R\$4,85
Display Nextion	R\$900,00

Fonte: AUTORES

5.2 ELETRÔNICA

O projeto de Hardware foi desenvolvido utilizando a ferramenta on-line EasyEDA. Foi levado em consideração o uso de módulos para facilitar o desenvolvimento do projeto, sendo eles:

- 1 Devkit Node MCU com Microcontrolador ESP32
- 2 Motores Nema 17
- 1 Sensor IR de distância GP2Y0A51SK0F
- 2 Controladores de servo motor modelos A4988 e DRV8825
- 1 Módulo para Leitura/Escrita de cartão SD

- Regulador 5V para alimentação dos componentes
- Fonte 12V 2A
- Conector P4 Femea para fonte de 12V
- Diodo para evitar erro de polarização da fonte
- Capacitores acopladores

5.2.1 Devkit Node MCU ESP32

O Devkit NodeMCU com microcontrolador ESP32 é uma plataforma de desenvolvimento popular para projetos de Internet das Coisas (IoT). Baseado no chip ESP32 da Espressif Systems, ele oferece um microprocessador dual-core com clock de até 240 MHz, conectividade Wi-Fi e Bluetooth integradas, e uma ampla gama de pinos de entrada e saída para diversas funções. A placa também inclui componentes úteis como regulador de tensão, portas USB para alimentação e programação, e botões de reset e boot, facilitando a prototipagem e desenvolvimento de projetos conectados.

5.2.2 Motores Nema 17

Os motores Nema 17 são motores de passo amplamente utilizados em aplicações que exigem controle preciso de movimento, como impressoras 3D, máquinas CNC e robótica. O "Nema 17" refere-se ao padrão de montagem da National Electrical Manufacturers Association, indicando que o motor possui uma face frontal de 1,7 polegadas (aproximadamente 43 mm). Esses motores geralmente oferecem um ângulo de passo de 1,8 graus, resultando em 200 passos por rotação completa, permitindo um controle detalhado e preciso da posição.

5.2.3 Sensor IR de Distância

O sensor GP2Y0A51SK0F é um sensor de distância infravermelho fabricado pela Sharp. Este sensor é conhecido por sua capacidade de medir distâncias de forma precisa e confiável em um intervalo de 2 cm a 15 cm. Utiliza um feixe infravermelho e um sensor de posição para detectar a presença de objetos e calcular a distância com base no ângulo de reflexão do feixe infravermelho.

O GP2Y0A51SK0F foi utilizado para a obtenção dos pontos do objeto. A saída analógica do sensor proporciona uma leitura proporcional à distância do objeto, o que simplifica a interface com microcontroladores e outros sistemas de controle.

5.2.4 Controladores A4988 e DRV8825

Os controladores A4988 e DRV8825 são drivers de motor de passo amplamente utilizados para controlar motores de passo em aplicações como impressoras 3D, máquinas CNC e robótica. Ambos são populares devido à sua eficácia, facilidade de uso e recursos avançados de controle.

A4988: O A4988 é um driver de motor de passo fabricado pela Allegro MicroSystems. É conhecido por sua simplicidade e capacidade de controle preciso de motores de passo. Algumas características principais incluem:

- **Microstepping:** Suporta até 1/16 de microstepping, o que permite um controle de posição suave e preciso do motor.
- **Corrente Ajustável:** Possui um potenciômetro que permite ajustar a corrente de saída máxima, protegendo o motor contra sobrecorrente.
- **Proteções Integradas:** Inclui proteção contra sobrecorrente, sobretemperatura e undervoltage lockout.
- **Interface Simples:** Utiliza uma interface de passos e direção simples, facilitando a integração com microcontroladores e outros sistemas de controle.

DRV8825: O DRV8825 é um driver de motor de passo fabricado pela Texas Instruments, oferecendo recursos avançados e desempenho superior em comparação com o A4988. Suas características principais incluem:

- **Microstepping:** Suporta até 1/32 de microstepping, proporcionando um controle de posição ainda mais suave e preciso do motor.
- **Corrente Ajustável:** Similar ao A4988, permite ajustar a corrente de saída máxima através de um potenciômetro.
- **Proteções Integradas**:** Inclui proteção contra sobrecorrente, sobretemperatura, undervoltage lockout e proteção contra curto-circuito.

- Capacidade de Corrente Maior: Pode fornecer até 2,5A por fase com refrigeração adequada, tornando-o adequado para motores de passo maiores e mais potentes.
- Interface Simples: Utiliza a mesma interface de passos e direção, facilitando a substituição direta do A4988 em muitos projetos.

5.2.5 Módulo SD

O módulo SD para ESP32 é uma interface que permite a comunicação entre o microcontrolador ESP32 e cartões de memória SD, oferecendo uma maneira eficiente de armazenar grandes volumes de dados. Esse módulo é frequentemente usado em projetos que necessitam de armazenamento de dados como registro de sensores, gravação de logs, armazenamento de arquivos de mídia, e mais. Possui as seguintes características:

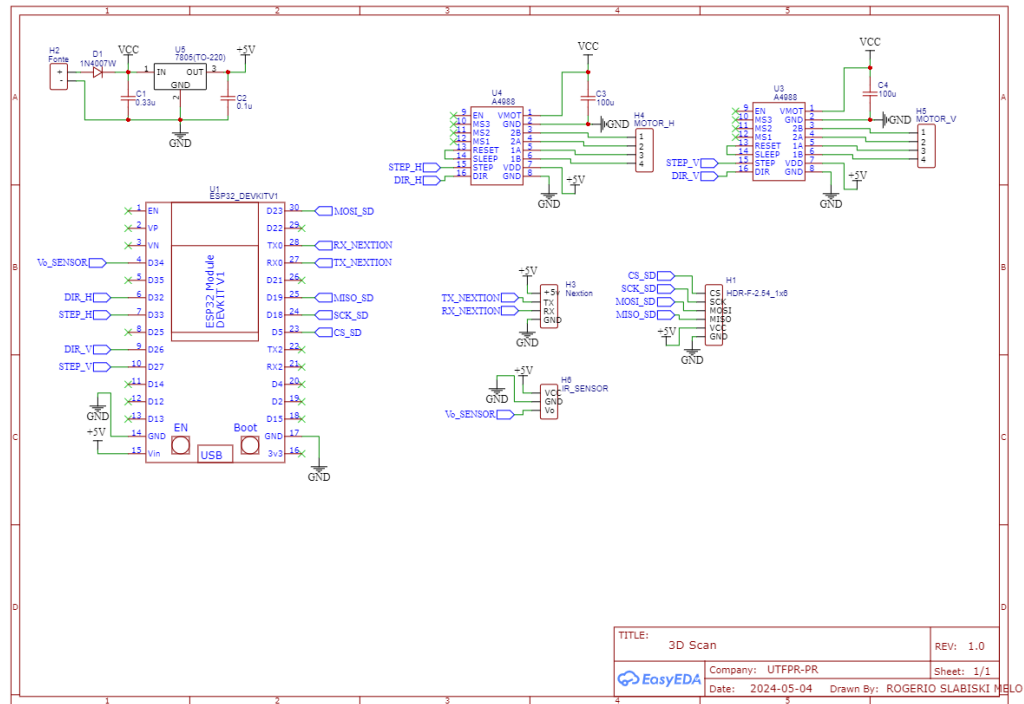
- Comunicação SPI: Utiliza a interface de comunicação Serial Peripheral Interface (SPI) para se conectar ao ESP32, garantindo uma comunicação rápida e eficiente.
- Compatibilidade: Suporta cartões SD e microSD, permitindo flexibilidade na escolha do meio de armazenamento.
- Bibliotecas: O ESP32 é compatível com várias bibliotecas de software, como a biblioteca SD da Arduino IDE, facilitando a integração e programação.
- Capacidade de Armazenamento: Suporta cartões de alta capacidade (HC) e de capacidade estendida (XC), permitindo armazenamento de dados em gigabytes.

5.3 ESQUEMATICO ELETRÔNICO

5.3.1 Esquema Eletrônico

O esquema eletrônico (Figura 3) foi desenvolvido utilizando a plataforma EasyEDA.

Figura 3 – Esquema Eletrônico

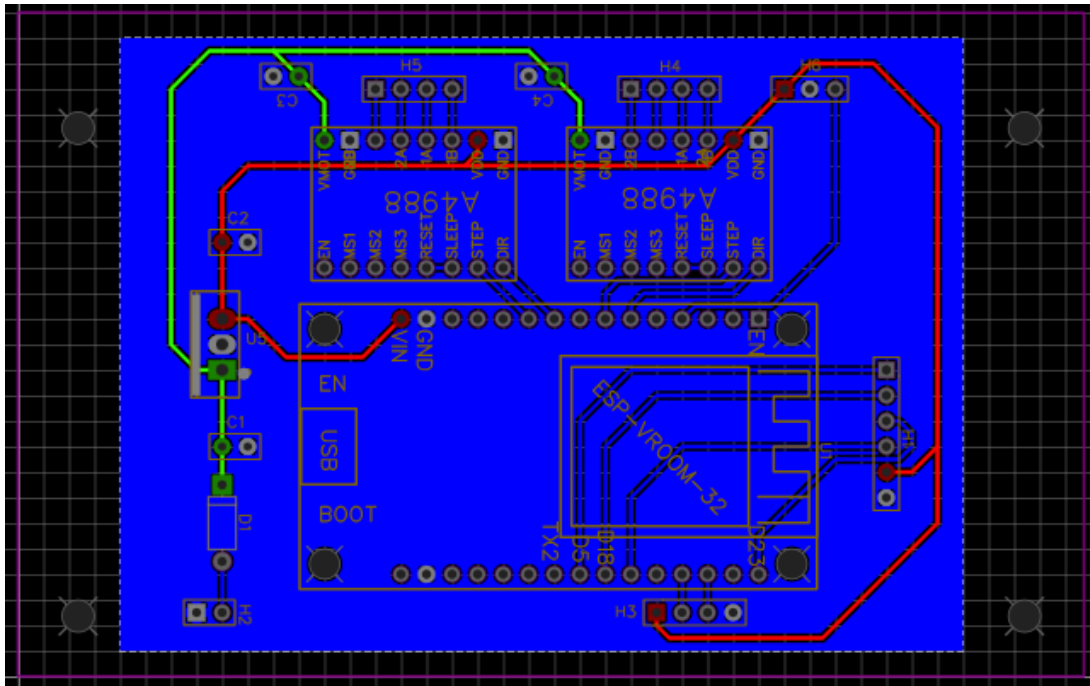


Fonte: AUTORES

5.4 PCB

O projeto da placa PCB também foi desenvolvido utilizando a plataforma Easy EDA (EASYEDA, 2021), exibido na Figura 4.

Figura 4 – Projeto do PCB

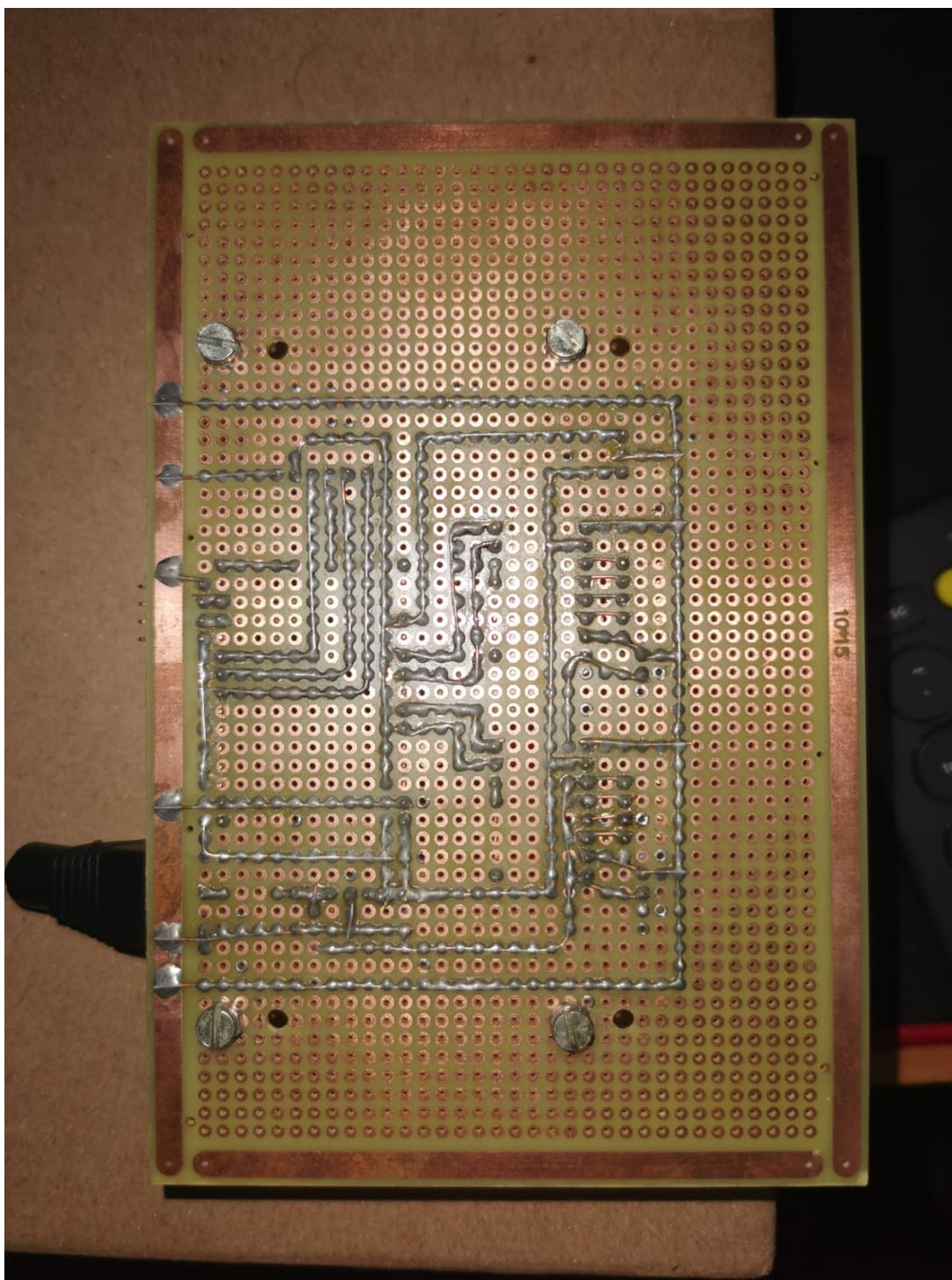


Fonte: AUTORES

5.5 IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE

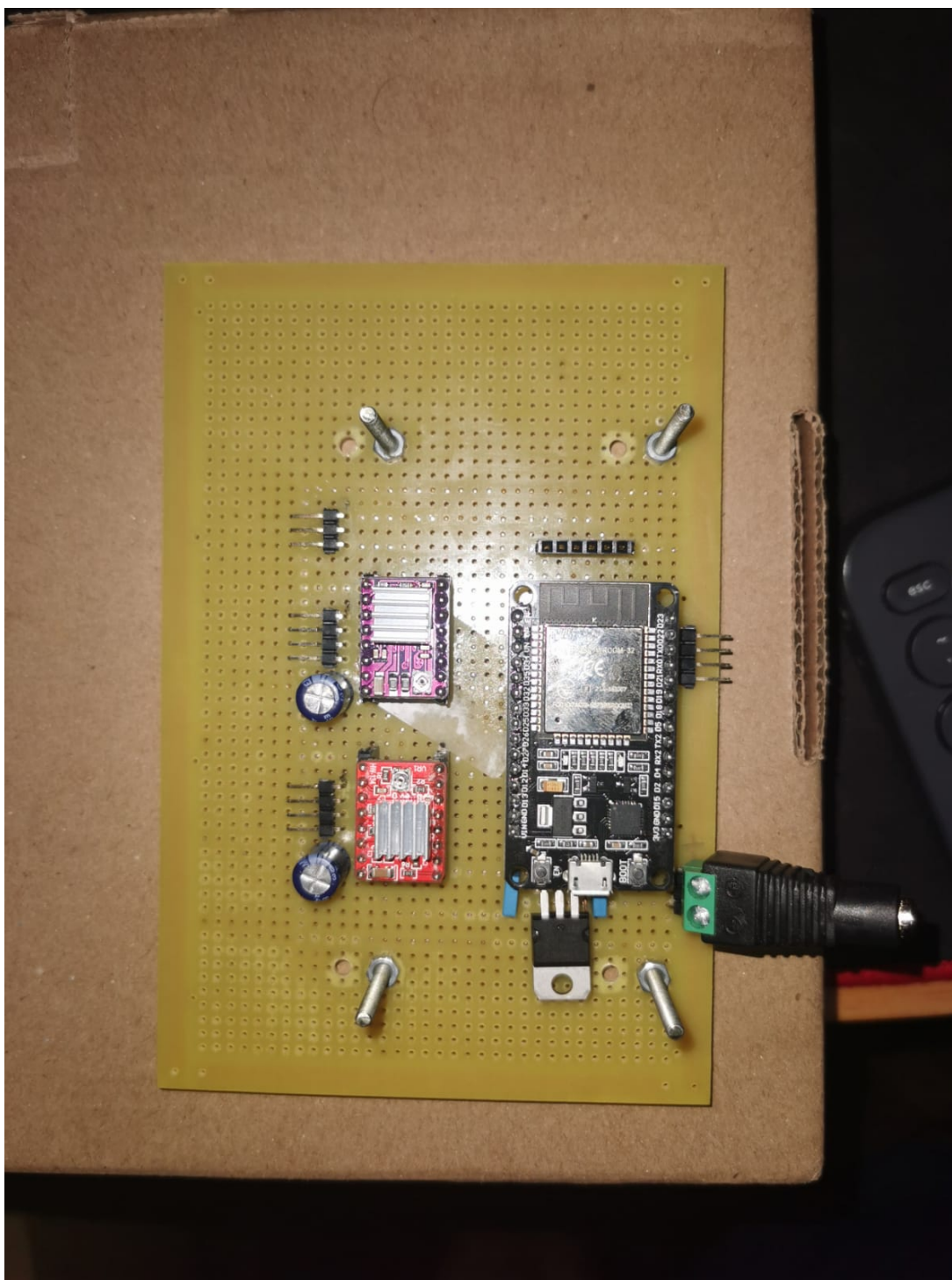
A implementação do hardware foi desenvolvida através de uma placa universal, pois foi realizado o orçamento da fabricação industrial mas estourava o orçamento e o cronograma para a finalização do projeto. As fotos a seguir apresentam a versão final da implementação:

Figura 5 – Hardware parte superior



Fonte: AUTORES

Figura 6 – Hardware parte inferior



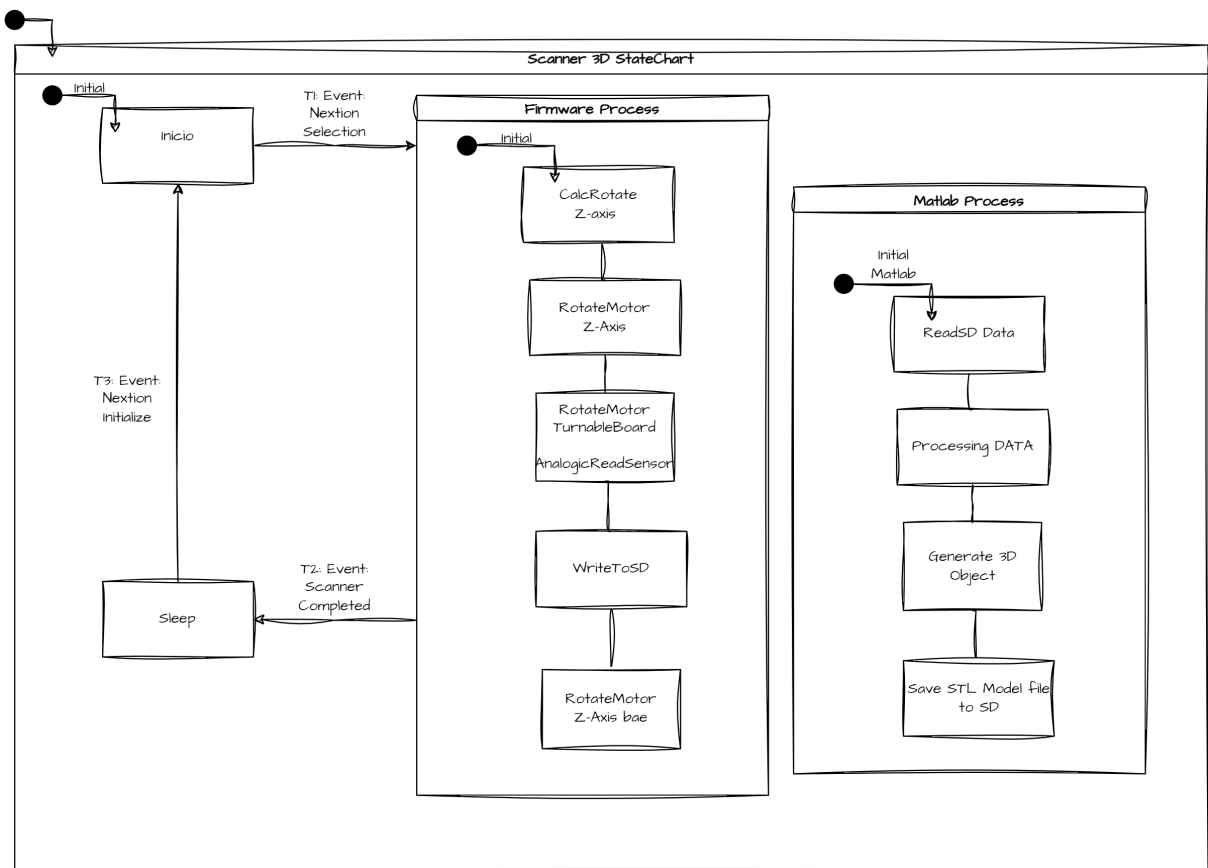
Fonte: AUTORES

6 SOFTWARE

6.1 STATECHART

Nesta etapa de desenvolvimento, apresentamos o state chart do sistema embarcado desenvolvido para o scanner 3D, uma ferramenta crucial para a visualização e compreensão do comportamento dinâmico do sistema. O state chart é fundamental para garantir a precisão e eficiência do scanner, pois detalha os estados operacionais e as transições baseadas em eventos, permitindo uma implementação de software robusta e confiável. Através do diagrama da Figura 7, é possível antecipar e resolver potenciais problemas, otimizando o processo de desenvolvimento e contribuindo significativamente para o sucesso do projeto.

Figura 7 – Statechart do Scanner 3D



Fonte: AUTORES

6.2 FIRMWARE

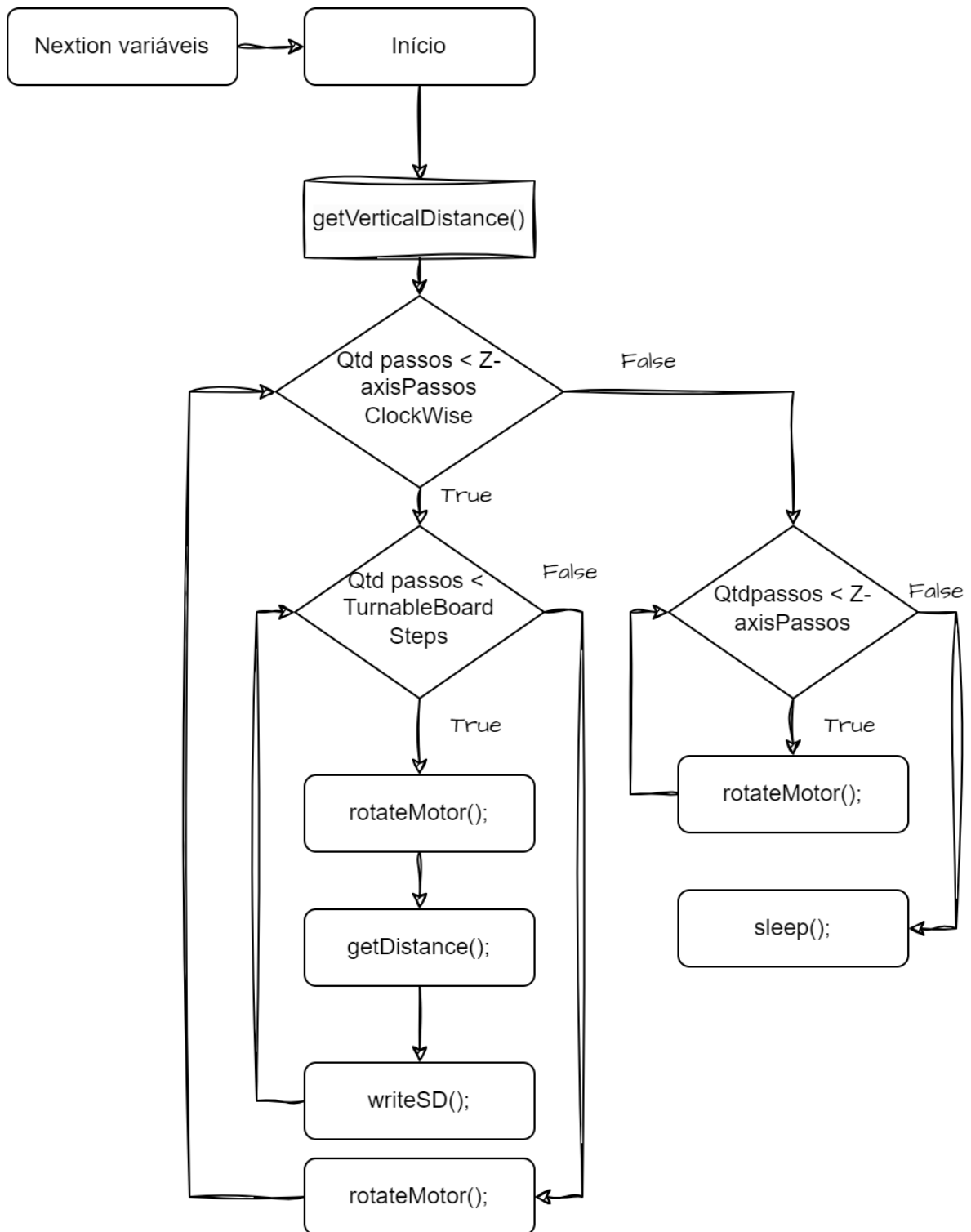
6.2.1 Ferramentas de Desenvolvimento

O código fonte foi desenvolvido através do *Visual Studio Code (VS Code)* (MICRO-SOFT, 2021) por possuir uma estrutura que facilita a criação de arquivos e detecção de erros de sintaxe. Para a compilação do código e testes, foi utilizado o software *Arduino IDE* (ARDUINO, 2021), pois o código fonte utiliza bibliotecas que estão diretamente associadas ao arduino. O versionamento do código foi controlado através do repositório no *GitHub*, este qual está disponível e pode ser visualizado de maneira pública.

6.2.2 Software

O fluxo geral apresentado na Figura 8 descreve o processo de operação de um sistema embarcado para um scanner 3D. Inicia-se com a configuração das variáveis e segue para a medição da distância vertical. Dependendo do resultado, o sistema pode ajustar a posição vertical ou prosseguir para a rotação do motor. O processo inclui etapas de decisão que determinam a direção e a quantidade de passos do motor, bem como a coleta de dados de distância e a gravação desses dados. O fluxo é iterativo e continua até que todas as condições necessárias sejam atendidas para completar a digitalização tridimensional do objeto. Este fluxo assegura a precisão e a eficiência na captura dos dados necessários para a modelagem 3D.

Figura 8 – Fluxograma Geral do Software



Fonte: AUTORES

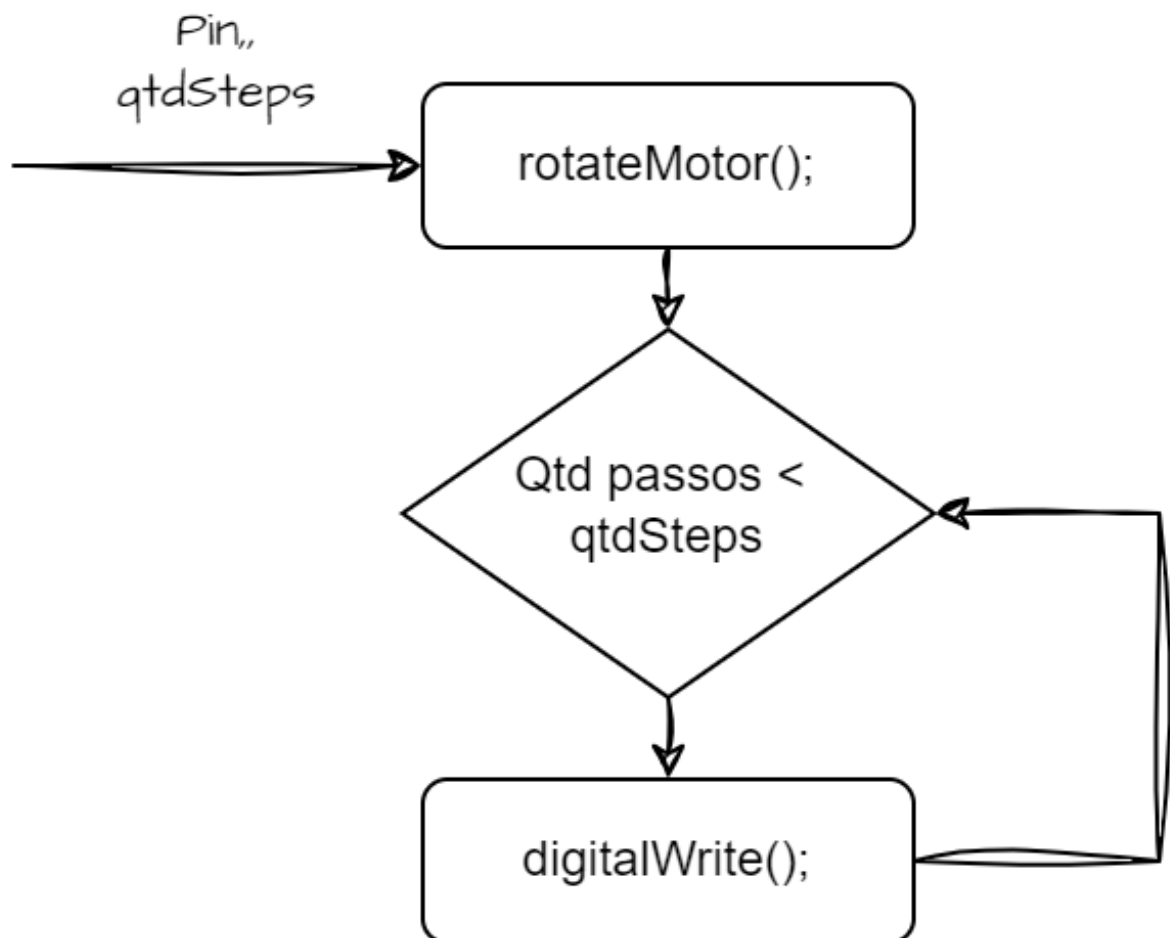
Na função principal do software, o sistema fica ocioso até receber o comando via Nextion. Basicamente, temos um loop principal responsável por controlar um processo de varredura (scan) de um objeto. A ideia principal desse processo é definir uma resolução de rotação dos motores de passo para captura dos pontos, seguido de uma detecção do comprimento

do objeto scanneado, uma vez cumprido esse fluxo, temos um laço responsável pelo controle do motor da plataforma do sensor aninhado com o loop de rotação da plataforma giratória onde o objeto se encontra. Terminada a etapa de captura, a variável de controle do eixo Z-axis, comanda o laço que retorna a plataforma do sensor naturalmente para sua posição de origem, o que ocasiona o fim do objetivo do sistema.

6.2.2.1 Fluxogramas das funções desenvolvidas

Como exposto na Figura 9, a função é projetada para controlar a rotação de um motor de passo conectado ao pino especificado, isto é, o pino proveniente da plataforma do sensor ou da mesa giratória. Ela permite especificar o número de passos que o motor deve girar, o que pode ser usado para controlar a posição ou o movimento de um dispositivo.

Figura 9 – Fluxograma: função void rotateMotor(int pinNo, int steps);



Fonte: AUTORES

De acordo com a Figura 10, a função controla o motor responsável por elevar e abaixar

o sensor infravermelho, capturando a distância vertical de um objeto colocado na base giratória. A função realiza sua medição em passos, subindo até o sensor não mais detectá-lo (indicando que atingiu o topo), e depois retornando à posição inicial. A condição de detecção é baseada em valores negativos do sensor, indicando que nada está no seu alcance de captura.

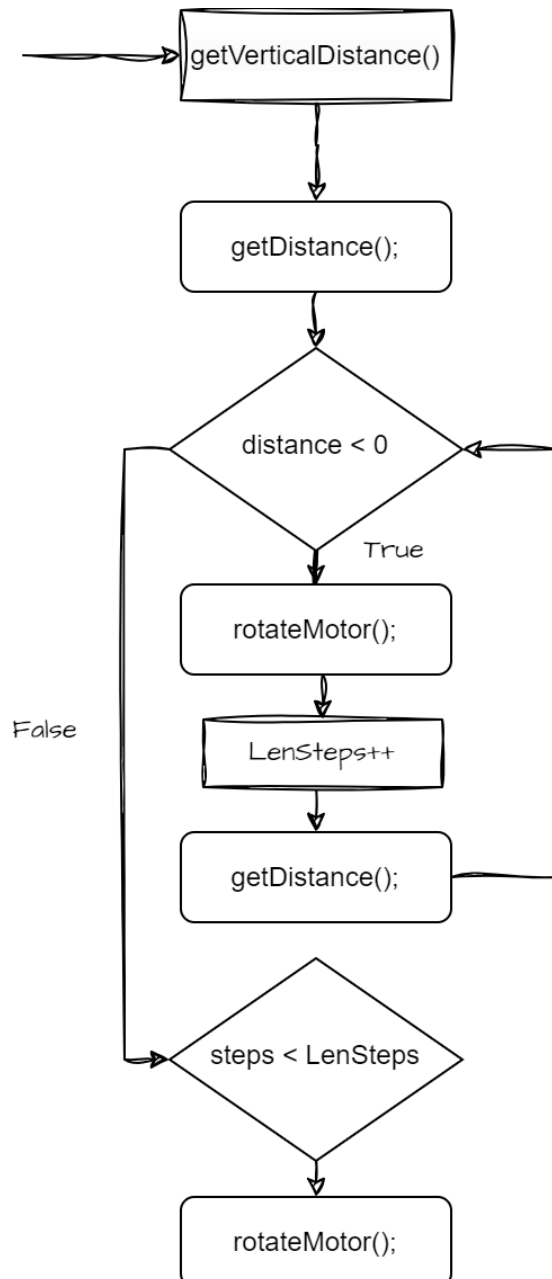


Figura 10 – Fluxograma: função int getVerticalDistance();

Fonte: AUTORES

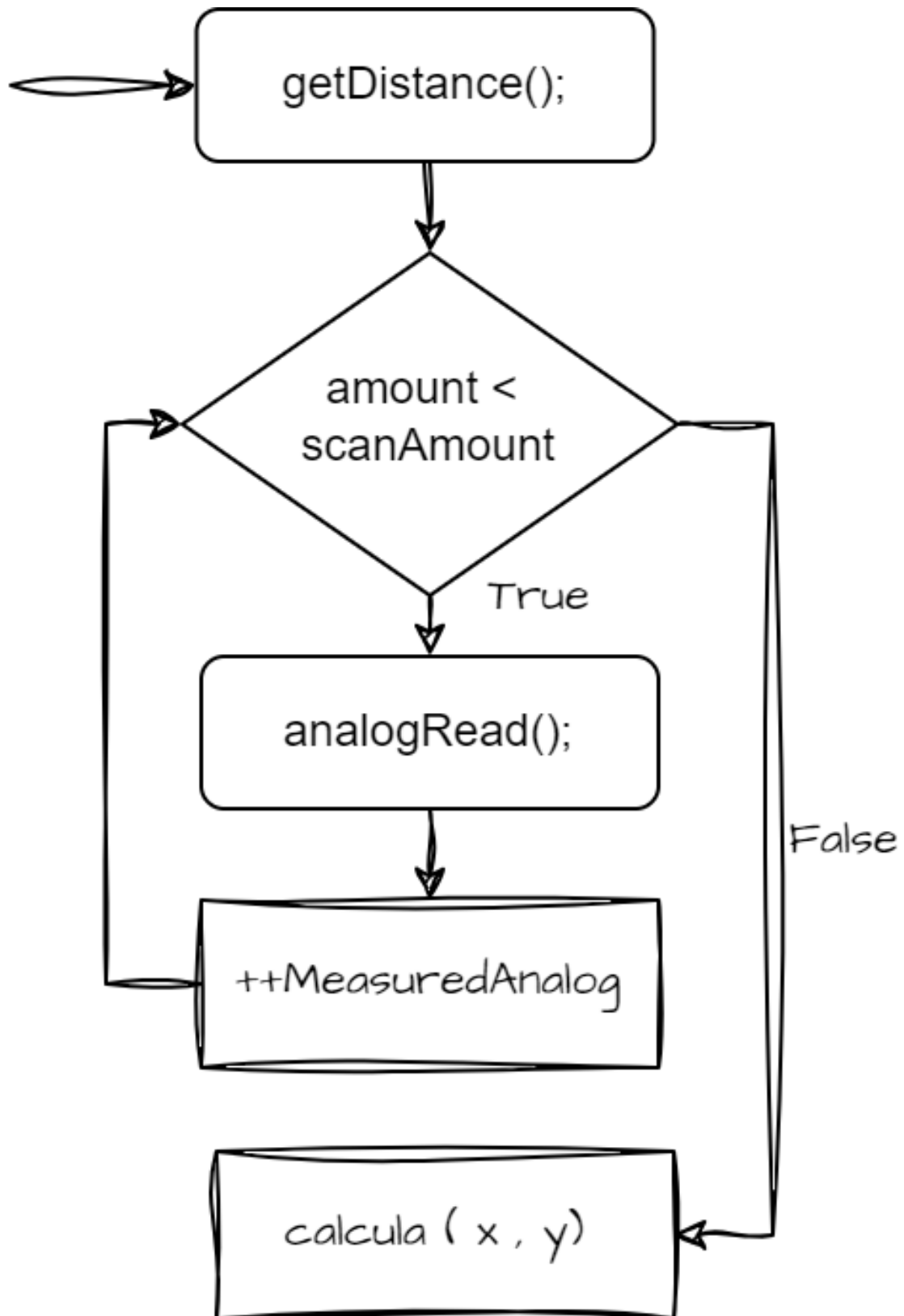
Por último, temos a função mais importante do sistema. Como exemplificado na Figura 12, ela é projetada para medir a distância do sensor até o objeto e, em seguida, calcular as coordenadas (**x**, **y**) com base na distância e no ângulo capturado no ponto do objeto para uma variação em radianos dos passos da base giratória. A função que realiza a leitura analógica e a

média inicia um loop para ler valores de um sensor analógico múltiplas vezes, acumulando essas leituras e calculando a média para obter um valor mais estável e menos suscetível a ruídos. Em seguida, o valor médio é convertido de uma leitura analógica (variando de 0 a 1023) para uma tensão (de 0 a 5V) usando a função `mapDouble`. Essa conversão é necessária porque a calibração do sensor é fornecida em termos de tensão.

A tensão obtida é então convertida para uma distância em centímetros utilizando uma fórmula cúbica derivada da calibração do sensor, baseada em dados do datasheet do sensor específico utilizado. Após o cálculo da distância, um ajuste é realizado subtraindo essa distância de uma distância fixa, que representa a distância do sensor até um ponto de referência central. Esse ajuste é feito para obter a distância real do objeto até o ponto de referência.

Finalmente, as coordenadas (x, y) são calculadas utilizando funções trigonométricas (cos e sin) do ângulo do sensor e da distância ajustada. Esse processo permite mapear a posição do objeto em um plano 2D em relação ao ponto de referência. Além disso, a coordenada Z advém da plataforma do sensor, assumindo inicialmente o valor 0 e sendo incrementada de acordo com o número de steps do motor que eleva o sensor verticalmente. Assim, conforme o sensor se move para cima, a coordenada Z é ajustada para refletir a nova posição vertical do sensor. A função não retorna um valor diretamente, e os resultados do cálculo (distância e coordenadas x e y) são armazenados em variáveis globais e posteriormente passados para a memória SD.

Figura 11 – Fluxograma: função void getDistance();



Fonte: AUTORES

6.2.3 Interface

A interface de usuário do projeto de Scan 3D foi projetada para ser simples e intuitiva, facilitando a operação do dispositivo por qualquer usuário, independentemente de seu nível de experiência técnica. A interface consiste em dois botões principais: "Start" e "Stop", e é implementada via display Nextion.

O botão "Start" é utilizado para iniciar o processo de escaneamento. Quando pressionado, ele ativa o programa que controla o scanner 3D. O dispositivo começa a capturar as coordenadas tridimensionais do objeto colocado na base giratória. O sensor infravermelho se movimenta verticalmente ao longo do eixo Z, enquanto a base giratória, controlada por um motor de passo, roda o objeto para que todas as suas dimensões sejam mapeadas com precisão. Durante este processo, os dados de distância são coletados e armazenados.

O botão "Stop" serve para interromper o processo de escaneamento e reiniciar o programa. Quando pressionado, ele não apenas para a captura de dados, mas também retorna o eixo Z do motor para a posição inicial. Este recurso é crucial para garantir que o scanner esteja pronto para um novo ciclo de escaneamento sem a necessidade de ajustes manuais, proporcionando conveniência e economia de tempo para o usuário.

Após a conclusão da captura, os dados são transferidos para um cartão SD e posteriormente processados no software Matlab para gerar um modelo digital detalhado do objeto. A simplicidade desta interface, com apenas dois botões, garante que o foco do usuário permaneça no processo de digitalização do objeto, sem a necessidade de navegar por menus complexos ou realizar configurações adicionais.

7 RESULTADOS

O desenvolvimento do 3D Scan demonstrou avanços significativos em várias áreas, incluindo a estrutura, mecânica e software. No entanto, alguns desafios persistem, especialmente no que diz respeito à precisão da captura de distâncias pelo sensor utilizado.

Durante os testes de escaneamento, observamos que o sensor de distância frequentemente captura pontos que não fazem parte do objeto alvo. Este problema ocorre devido a variações na tensão do sensor ao longo do tempo. Analisando o *datasheet* do sensor, identificamos que a relação entre a distância captada e a tensão não é linear, contribuindo para esses erros de medição.

A estrutura e a mecânica do scanner funcionam conforme o esperado. O software controla eficientemente a altura do sensor, garantindo que ele se desloque verticalmente apenas até os limites pré-definidos. Esta precisão permite que o scanner capture todos os pontos de distância ao longo da altura do objeto com exatidão.

O hardware foi montado e soldado em uma placa universal, o que pode estar contribuindo para as variações na tensão mencionadas anteriormente. Apesar disso, a alimentação dos motores, juntamente com os *Motor Shields* de controle e o ESP32, está operando perfeitamente. Durante o desenvolvimento, tivemos que ajustar uma das bases da estrutura devido a uma quebra causada pelo peso e tensão. A base foi reforçada, aumentando sua espessura e profundidade para melhorar o encaixe dos eixos, o que solucionou o problema estrutural.

Na geração de imagens dos objetos escaneados, utilizamos o software MatLab e MeshLab. No entanto, enfrentamos dificuldades devido aos pontos de distância captados incorretamente pelo sensor. Por exemplo, ao escanear um cilindro, foi necessário aplicar um filtro específico que não é aplicável a todos os objetos, o que indica uma limitação na versatilidade do processo de geração de imagens.

7.0.1 Gestão de tempo dos alunos

Cada um ficou responsável por preencher seu timesheet e gerir seu tempo. Nesse sentido, o empenho empregado foi orientado a partir dos entregáveis e principais sugestões do professor orientador.

Tabela 3 – Gestão de tempo dos alunos

Aluno	Tempo gasto total
Caio Andrade	56,7h
Caio Miritz	53,8h
Rogério Melo	58,1h

Fonte: AUTORES

8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

De maneira geral, o 3D Scan está funcionando bem, cumprindo sua função principal de captar todos os pontos de distância ao longo da altura dos objetos. No entanto, para melhorar a precisão e eliminar os erros de captação de distâncias, seria ideal substituir o sensor atual por um modelo superior. Infelizmente, devido a restrições de tempo e orçamento, essa substituição não é viável no momento.

Em resumo, enquanto a estrutura, mecânica e controle de software do projeto estão operando de maneira satisfatória, a precisão da captação de distâncias permanece um desafio a ser resolvido. A troca do sensor poderia potencialmente solucionar esses problemas, mas as limitações atuais nos obrigam a continuar utilizando o sensor disponível, aceitando suas imperfeições no processo de escaneamento.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. 2021. Disponível em: <http://www.arduino.cc>.

EASYEDA. 2021. Disponível em: <https://easyeda.com/>.

MICROSOFT. **Visual Studio Code**. 2021. Disponível em: <https://code.visualstudio.com/>.