

GUSTAVO GUIMARÃES DE CARVALHO
PAULO CESAR MURATA FILHO
PAULO SERGIO NEVES REGATIERI

**DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CÁLCULO DE
ÁREAS IRREGULARES UTILIZANDO O MÉTODO DE
GAUSS**

CAMPINAS
2021

**IFSP - INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO - CÂMPUS CAMPINAS
CURSO MÉDIO INTEGRADO AO TÉCNICO EM ELETROELETRÔNICA**

**DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CÁLCULO DE
ÁREAS IRREGULARES UTILIZANDO O MÉTODO DE
GAUSS**

Trabalho de Projeto Integrador - II
apresentado ao Instituto Federal de São
Paulo.

Orientador: Prof. Edson Anício Duarte
Co orientador: Prof. João Alexandre
Bortoloti

CAMPINAS
2021

AGRADECIMENTOS

Nossos mais sinceros agradecimentos a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, em especial:

Aos professores e orientadores deste projeto, Edson Anício Duarte e João Alexandre Bortoloti, pela competência e dedicação dispensada ao nos orientar no decorrer do curso e também deste trabalho, além da oportunidade de crescimento proporcionada a nós; nossos sinceros agradecimentos.

Aos nossos familiares que são pilares e referências nas nossas vidas e que sempre nos apoiaram e nos inspiram a sempre expandir nossos horizontes e ir além do conhecido a fim de desafiar nossas capacidades e romper nossos limites.

Aos nossos amigos, que nos apoiaram e nos ajudaram nos nossos momentos difíceis e nos apoiaram não só em relação ao projeto como também na vida.

E por fim gostaríamos de agradecer a Deus, que durante toda nossa vida tem acompanhado e ajudado nos momentos mais difíceis que passamos no nosso tempo de vida e nos iluminando e abençoando em cada passo e etapa que atingimos.

“Não importa o que o mundo diz de mim, o que importa é que eu nunca fiz nada que contrariasse os meus princípios e nunca farei, e por isso quando decidi seguir meu sonho, eu já tinha descartado minha vida.”

Roronoa, Zoro.

RESUMO

O projeto tem como objetivo desenvolver um equipamento portátil microcontrolado que utiliza o método de Gauss para calcular áreas irregulares, sendo seu principal intuito o auxílio em obras e projetos de construção civil com suporte para outras áreas adjacentes a essa. O cálculo de áreas irregulares é um conhecimento que se prova inacessível à maioria dos operários no ramo das construções civis e obras no geral. Os profissionais dominantes que executam essas tarefas são pedreiros, e muitas vezes, possuem defasagem escolar, falta de informação e preparo, o que pode acarretar em dificuldades para realizar o dimensionamento de áreas irregulares, sobretudo quando há relevo. Nosso trabalho possui uma iniciativa social que auxilia estes trabalhadores na aquisição de dados com precisão e rapidez nos âmbitos de seu espaço de trabalho. A principal motivação foi a falta de conhecimento adequado dos profissionais da área para extrair as medidas de áreas irregulares utilizando equipamentos específicos ou não. Isto pode atrapalhar o desempenho da construção e do profissional, com o risco de desperdício de material e erro nas dimensões e proporções do terreno a ser calculado. O dispositivo microcontrolado faz os cálculos automaticamente, retornando os valores para o usuário, a partir da lógica de programação desenvolvida pelos autores utilizando a metodologia de Gauss e a trigonometria de triângulos retângulos como princípio do código. Poderá ser utilizado em ambientes abertos ou fechados, possuindo um limite de 162.85 m² da área a ser calculada. Por ser microcontrolado, o dispositivo contará com uma programação interna elaborada pelos próprios autores em conjunto com os orientadores, o que facilitará o suporte futuro do equipamento para futuros implementos e modificações do projeto.

Palavras-chave: Áreas irregulares, Gauss, Dispositivo microcontrolado.

ABSTRACT

The project aims to develop a portable microcontrolled equipment that uses the Gauss method to calculate irregular areas, its main purpose being to help in civil works and projects with support for other areas adjacent to it. The calculation of irregular areas is knowledge that proves inaccessible to most workers in the field of civil construction and works in general. The dominant professionals who perform these tasks are bricklayers, and often lack schooling, lack of information and preparation, which can lead to difficulties in performing the dimensioning of irregular areas, especially when there is relief. Our work has a social initiative that helps these workers to acquire data accurately and quickly in their work space. The main motivation was the lack of adequate knowledge of professionals in the area to extract measurements from irregular areas using specific equipment or not. This can hamper the performance of the construction and the professional, with the risk of wasting material and error in the dimensions and proportions of the terrain to be calculated. The microcontrolled device will perform the calculations automatically, returning the values to the user, based on the programming logic developed by the authors using Gauss' methodology and right triangle trigonometry as the code principle. It can be used in open or closed environments, having a limit of 162.85 m² of the area to be calculated. As it is micro-controlled, the device will have an internal programming elaborated by the authors themselves together with the supervisors, which will facilitate the future support of the equipment for future implements and project modifications.

Keywords: Irregular Areas, Gauss, Microcontrolled Device.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de uma área irregular.	10
Figura 2 - Fórmula do cálculo de áreas utilizando a metodologia de Gauss	17
Figura 3 - Polígono irregular com as coordenadas de seus vértices.	18
Figura 4- Instruções de como deve-se executar as multiplicações das coordenadas X de cada vértice pelas coordenadas Y de cada vértice.	20
Figura 5 - Instruções de como deve-se executar as multiplicações das coordenadas Y de cada vértice pelas coordenadas X de cada vértice.	21
Figura 6 - Sensor ultrassônico GY-US42v2 utilizado no projeto.	23
Figura 7 - Motor de passo 28BYJ-48 utilizado no projeto	23
Figura 8 - Arduino uno R3 utilizado no projeto.	24
Figura 9 – Proposta do projeto.	25
Figura 10 - Diagrama de blocos do projeto.	26
Figura 11 - Circuito elétrico do projeto simulado no Proteus	29
Figura 12 - Circuito impresso do projeto simulado no Proteus.	30
Figura 13 - Ambiente utilizado para editar o código do projeto (Arduíno IDE) .	33
Figura 14 - Organograma do projeto.	35
Figura 15 - Cronograma do projeto.	36
Figura 16 - Modelo Project CANVAS do projeto.	38
Figura 17 - Modelo Canvas Business do projeto. FONTE:	39
Figura 18 - Matriz SWOT do projeto.	40
Figura 19 – Foto do protótipo montado	42
Figura 20 – Testes de bancada	
Figura 21 – Valor de comparação entre o calculado e teórico.	
Figura 22 – Testes em bancada.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais básicos: Perdas detectadas em obras por pesquisas da FINEP	13
Tabela 2 - Tabela comparativa para Revisão Bibliográfica	16
Tabela 3 - Matriz para realizar o cálculo da área irregular utilizando o método de Gauss	19
Tabela 4 - Lista de materiais do projeto.	34
Tabela 5 - Tabela de testes. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Escopo	12
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivo geral	14
1.3.1 Objetivos específicos	14
1.4 Revisão bibliográfica	15
1.4.1 Metodologia de Gauss	17
1.4.2 Sensor Ultrassônico	22
1.4.3 Motor de Passo	23
1.4.4 Microcontrolador	24
2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1 Hardware	27
2.1.1 Componentes Principais	27
2.2 Programação	31
2.4 Organograma	35
2.5Cronograma	35
2.6 Modelo Project CANVAS	37
2.6.1 Modelo CANVAS Business	37

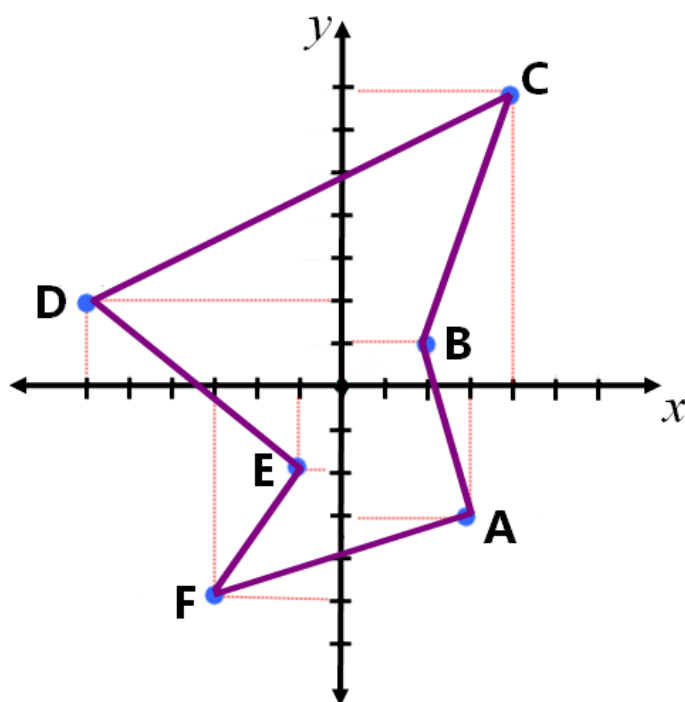
2.7 Matriz Swot	37
3 RESULTADOS	41
4 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

A matemática, de maneira semelhante a contemporaneidade, surgiu em torno de 3500 a.C., no Antigo Egito e no Império Babilônico. Todavia, desde os primórdios na pré-história os homens já usavam a matemática de maneira conceitual para medir e contar, portanto ela foi criada a partir da necessidade das pessoas de contar e medir objetos (BEZERRA, 2011-2021).

Antigamente, quando se encontravam com superfícies irregulares e necessitavam de uma medida, as pessoas utilizavam o método de triangulação, na qual é selecionado um ângulo qualquer e traçado linhas nos outros ângulos visíveis no campo, a figura 1 mostra um exemplo de área irregular.. Consequinte, a área ficava dividida integralmente em segmentos triangulares que, se somados, totalizavam a área. Tal metodologia (que é usada até hoje), porém, possuía pequenos erros, sobretudo quando o terreno não era plano ou havia bordas curvas (SÓ MATEMÁTICA, [21--?]).

Figura 1 - Exemplo de uma área irregular.



FONTE:

<http://aulasmayleone.blogspot.com/2014/05/arquivo-de-ajuda-como-calculer-area-e.html>

O método de Gauss utilizado para calcular áreas de polígonos baseia-se em utilizar as coordenadas dos vértices do polígono almejado em uma matriz com os valores de X e Y. De maneira resumida, em sequência, deve-se realizar uma multiplicação em diagonal das coordenadas X de cada vértice com as coordenadas Y, somar os valores, e realizar o mesmo procedimento, mas desta vez multiplicando as coordenadas Y de cada vértice em diagonal com as coordenadas X. Por fim, os dois valores obtidos pela soma das multiplicações devem ser subtraídos, e o resultado da subtração deverá ser dividido por dois; o resultado da divisão será a área do polígono. (BARCELLOS, 2016)

De acordo com Fernando Fischer [201-], a medição de áreas torna-se um problema quando as áreas em questão não são regulares. É um problema principalmente para os profissionais dessa área como, engenheiros, pedreiros, arquitetos e técnicos, pois é possível calcular essas áreas com uma certa precisão, porém essa prática exige um conhecimento específico e demandam um tempo extra para realizar a coleta de dados que muitas vezes é dificultada e inviabilizada pela existência de objetos no ambiente, como por exemplo móveis em uma construção encerrada, equipamentos de construção no caso de uma obra em andamento ou até mesmo equipamentos de uso industrial em construções mais elaboradas.

Esse tipo de tarefa, medição de áreas irregulares, pode se manter inviável para profissionais autônomos e liberais, ou empresas de pequeno porte, pois equipamentos que realizam esse tipo de medição possuem um alto valor monetário atrelado a restrições conforme a complexidade da geometria, como o caso da estação total (FISCHER, 2012).

Segundo Galceran (2013), a construção civil:

por ainda ser uma produção artesanal, a probabilidade de perdas de materiais é maior, tendo em vista que a mão de obra é um item essencial e difícil de controle da qualidade e da produtividade, o que, conseqüentemente, pode gerar ainda mais perdas financeiras e ambientais, tendo em vista que o material desperdiçado tem um custo e para sua produção ou extração da natureza gera impactos ambientais

que poderiam ser evitados ou ao menos mitigados.
(GALCERAN, 2013 p. 9-10)

Ainda de acordo com Galceran (2013), conforme um estudo de perdas efetuado em edificações padronizadas de concreto armado, alvenaria de blocos cerâmico ou de concreto, revestidos com argamassa, gesso e cerâmica, em média, houve um desperdício de 25%, principalmente relacionados com perdas de superprodução, transporte, produção, ergonômicas, superdimensionamento, espera e por qualidade de serviços executados inferiores ao exigido.

Nos moldes atuais, com a redução dos custos de dispositivos de controle e automação torna-se possível o desenvolvimento de um pequeno projeto de equipamentos dedicados para realizar este tipo de medição com bons resultados e um custo acessível. Assim, a proposta deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um equipamento portátil microcontrolado para cálculo de áreas irregulares utilizando o método de Gauss como metodologia analítica de cálculo de áreas, sendo o principal fator de avaliação e validação dos dados referentes às áreas analisadas pelo equipamento desenvolvido.

1.1 Escopo

Ao final do projeto, será concluído o diário de bordo descrevendo todas as etapas da construção e desenvolvimento do nosso projeto de maneira detalhada; o relatório final completo, contendo todo o corpo teórico essencial para o projeto; o protótipo do dispositivo, na qual serão realizados os testes e aprimoramentos; e o dispositivo final.

O dispositivo final será um equipamento portátil microcontrolado com um sensor ultrassônico que será o responsável para determinar as medidas necessárias com um limite de 162,65 m²; ele será alimentado por bateria e uma fonte DC para funcionar.

O equipamento será posicionado em qualquer lugar dentro de um espaço vazio sem obstáculos (móveis, mobília, eletrodomésticos) e fará a medição exibindo o resultado da área medida para o usuário em um display com rapidez e precisão.

1.2 Justificativa

A motivação inicial para este projeto foi após um dos integrantes conversar com seu avô, que é pedreiro. O senhor é semianalfabeto e cursou apenas até a 4ª série do fundamental, e conseqüentemente, relatou que possui muitas dificuldades para calcular áreas irregulares, portanto, muitas vezes os cálculos são demorados, complicados e com valores com uma taxa de erro em seu resultado, o que implica em falta ou excesso de materiais de construção utilizados, por exemplo.

Com esta premissa, foi debatido em grupo tal circunstância, e outro integrante relatou que seu pai possui uma equipe de pedreiros, e realizando uma entrevista com eles, concluímos que a maioria não tem curso superior e nem ensino fundamental e médio completos, além de reforçarem que o cálculo de áreas irregulares é difícil, demanda muito tempo e ocasiona no desperdício ou falta de materiais de construção.

Conforme pesquisas realizadas por Galceran (2013, p. 15-16): em 28 obras analisadas, a mediana de perdas sobre a areia foi de 44%; em 44 obras analisadas, a mediana de perdas sobre o cimento foi de 56%; em 12 obras analisadas, a mediana de perdas sobre o cal foi de 36%; em 4 obras analisadas, a mediana de perdas sobre o saibro foi de 174%; e em 6 obras analisadas, a mediana de perdas sobre a pedra foi de 38%. A perda destes materiais de construção nas obras é bem notável, marcado pela variabilidade de desempenho em cada obra, como também pela imprecisão para o uso dos mesmos.

Tabela 1 - Materiais básicos: Perdas detectadas em obras por pesquisas da FINEP

Materiais Básicos	Finep (1998)				Nº de obras analisadas
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	
Areia	76%	44%	7%	311%	28
Cimento	95%	56%	6%	638%	44
Pedra	75%	38%	9%	294%	6
Cal	97%	36%	6%	638%	12

. FONTE: GALCERAN (2013, p. 15) - (MODIFICADO)

Olhando por uma perspectiva social, os pedreiros são uma profissão muito importante e desvalorizada muitas vezes, e são em sua maioria pessoas de classe social mais precária, que inclusive podem começar com tal profissão desde jovem, ajudando o pai ou trabalhando de auxiliar para ajudar nas condições financeiras de sua família. Segundo Machado (2017), o número de pedreiros que atuam no mercado é de 6,7 milhões de pessoas no Brasil, de acordo com dados do ano de 2017.

Com todo o contexto apresentado, decidimos desenvolver um equipamento portátil microcontrolado para cálculo de áreas irregulares utilizando o método de Gauss (que inclusive, aqueles que terminaram os estudos no ensino fundamental não tiveram acesso de tal conhecimento para facilitar seu desempenho) para auxiliar os pedreiros e qualquer outra pessoa que necessite como os engenheiros e outros profissionais da área, diminuindo o tempo e agilizando a coleta de dados, aumentando a precisão das medidas coletadas e diminuindo o desperdício de materiais comprados

Este nosso projeto possui uma iniciativa social, e com conhecimento e fundamentações teóricas de eletrônica e matemática, visamos construir tal dispositivo que facilitará o trabalho de diversas pessoas.

1.3 Objetivo geral

Desenvolver um equipamento portátil microcontrolado para cálculo de áreas irregulares utilizando a metodologia de cálculo de áreas de Gauss para o uso na construção civil e afins.

1.3.1 Objetivos específicos

- a) Especificar os componentes que serão utilizados e realizar a sua compra;
- b) Projetar o sistema elétrico do protótipo utilizando software de engenharia;
- c) Simular o circuito eletrônico em software específico;
- d) Verificar as restrições de ambiente para o cálculo das áreas;
- e) Desenvolver a programação do algoritmo de controle;
- f) Realizar testes em bancada;
- g) Realizar o encapsulamento;

1.4 Revisão bibliográfica

Neste tópico foi efetuado a revisão bibliográfica do nosso projeto, isto é, uma pesquisa científica abordando outros trabalhos relacionados ao tema apresentado neste projeto. Esta pesquisa é fundamental para estruturar e auxiliar o desenvolvimento, validação, e construção teórica do projeto; é imprescindível para a determinação do problema, panorama preciso acerca do tema na atualidade e seus problemas, lacunas e contribuições, além de guiar as linhas de raciocínio do autor e conduzir o leitor das premissas até a conclusão. (PÓS-GRADUANDO, [2012?])

A problemática de calcular ou obter medidas e áreas de espaços almejados com velocidade e precisão já tem sido pesquisada e alguns autores encontraram soluções para resolver o problema. Atualmente, a ferramenta mais utilizada no

mercado para tal finalidade é a trena laser, com valores de compra de R\$270,00 até R\$2.730,00. A trena tem a capacidade de medir comprimentos e, apenas algumas, áreas regulares, porém depende exclusivamente do laser para obter as medidas, portanto se torna inviável para medir locais expostos com muita irradiação de luz como locais externos, por exemplo, o que acaba restringindo o dispositivo (o que não é um problema para as trenas mais caras com um sistema de laser mais forte), além de não conseguir medir áreas irregulares.

Alguns autores desenvolveram dispositivos e métodos a fim de solucionar essa problemática de cálculo de áreas e aquisição de medidas de forma ágil e precisa como: trena a laser a baixo custo, cálculo utilizando os softwares Matlab e AutoCAD, mecanismo com sistema laser para medição por coordenadas e também um dispositivo que mede as áreas por sonar.

Na tabela 2 é apresentado um comparativo entre alguns equipamentos contendo os princípios e características dos projetos e quais são as diferenças e semelhanças em comparação com o dispositivo microcontrolado para cálculo de áreas irregulares que utiliza o método de Gauss que está sendo desenvolvido neste projeto.

Tabela 2 - Tabela comparativa para Revisão Bibliográfica

Projeto de outros autores	Nosso projeto
<p>Nome: PROTOTIPAGEM DE UMA TRENA ELETRÔNICA OPEN-SOURCE</p> <p>Autores: GOMES, Emanuelle da Costa et al [2015?].</p> <p>Projeto: Uma trena laser que mede distâncias utilizando um laser. Pode gerenciar cálculos básicos e armazenar as informações na memória; unidades de medida da trena: polegadas, pés e centímetros; alcance do sensor ultrassônico:4,5 m.</p>	<p>A trena laser não consegue calcular áreas irregulares, e como ela utiliza o laser para realizar as medições, dependendo da força e custo do laser, é inviável em ambientes externos ou expostos a muita radiação solar, já o nosso projeto pode ser utilizado tanto em ambientes externos ou com muita luz (desde que haja anteparo para realizar a medição), como também em ambientes internos.</p> <p>Ele é especificamente focado no cálculo de áreas irregulares e possui um sensor ultrassônico que tem alcance de</p>

	7,2 m. O nosso dispositivo mede em unidades de metros quadrados.
<p>Nome: DESENVOLVIMENTO DE UMA TRENA DIGITAL DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO E SENSOR ULTRASSÔNICO</p> <p>Autores: SILVA, R. C et al [2018?]</p> <p>Projeto: Trena digital de baixo custo utilizando Arduino e sensor ultrassônico. Pode interpretar e gerenciar cálculos de dimensões; unidade de medida da trena: centímetros ; alcance do sensor ultrassônico;4,0m.</p>	<p>A trena utiliza um sensor ultrassônico HC-SR4, portanto é inviável a utilização desse produto para distâncias maiores que 4 metros, já o nosso projeto é especificamente focado no cálculo de áreas e possui um sensor ultrassônico que tem alcance de 7,2 m. A trena digital mede distâncias apenas utilizando centímetros, enquanto o nosso dispositivo mede em unidades de metros quadrados.</p>
<p>Nome: MEDIÇÃO DE ÁREAS POR SONAR</p> <p>Autores: FISCHER, F. [201-]</p> <p>Projeto: Equipamento que mede áreas utilizando um sensor ultrassônico, laser como referência e metodologia de Gauss na programação do microcontrolador. O equipamento pode medir até 130 m².</p>	<p>O dispositivo, metodologia e fundamentos são muito semelhantes ao nosso projeto. A diferença é que ele utiliza um laser como referência mas que não influencia na medição, e o nosso sensor ultrassônico mede até 162,85 m². Outra diferença são as tecnologias utilizadas no dispositivo, como o sonar, portanto aumentam o custo de produção consequentemente. O nosso dispositivo possui um custo de R\$366,00 e utiliza um sensor e microcontrolador com um custo bem baixo mas que conseguem realizar o que propusemos com eficiência e êxito.</p>
<p>Nome: PROJETO DE SISTEMA LASER DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS DE BAIXO CUSTO PARA GRANDES DIMENSÕES</p> <p>Autores: PAULA, M , S. (2019)</p> <p>Projeto: Sistema laser de medição de baixo custo para grandes dimensões com o objetivo de acompanhamento de obras na construção civil.; Custo: 969,00</p>	<p>Utiliza sistemas a laser complexos que aumentam consideravelmente o custo de produção. O nosso dispositivo possui um custo de R\$366,00.</p>

<p>Nome: CÁLCULO DE ÁREAS DE SUPERFICIES IRREGULARES APLICANDO LOS SOFTWARE MATLAB® Y AUTOCAD®</p> <p>Autores: LECCA, L. R et al (2007)</p> <p>Projeto: Este artigo se propõe a determinar a área de uma superfície irregular, onde um conjunto de coordenadas do perímetro da superfície é conhecido, é determinado pela aplicação dos métodos de integração numérica e projeto auxiliado por computador, software utilizado para realizar os cálculos. são: Matlab® 2006 e Autocad® 2007.</p>	<p>O projeto utiliza softwares de engenharia como o autocad para calcular as áreas irregulares, diante disso, necessariamente é preciso utilizar equipamentos eletrônicos para realizar os cálculos o que o torna inviável para ser utilizado em construções, enquanto o nosso projeto será um dispositivo independente podendo funcionar ligado na energia ou por meio de baterias.</p>
---	--

. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

1.4.1 Metodologia de Gauss

O cálculo de áreas utilizando o método de Gauss tem a seguinte fórmula:

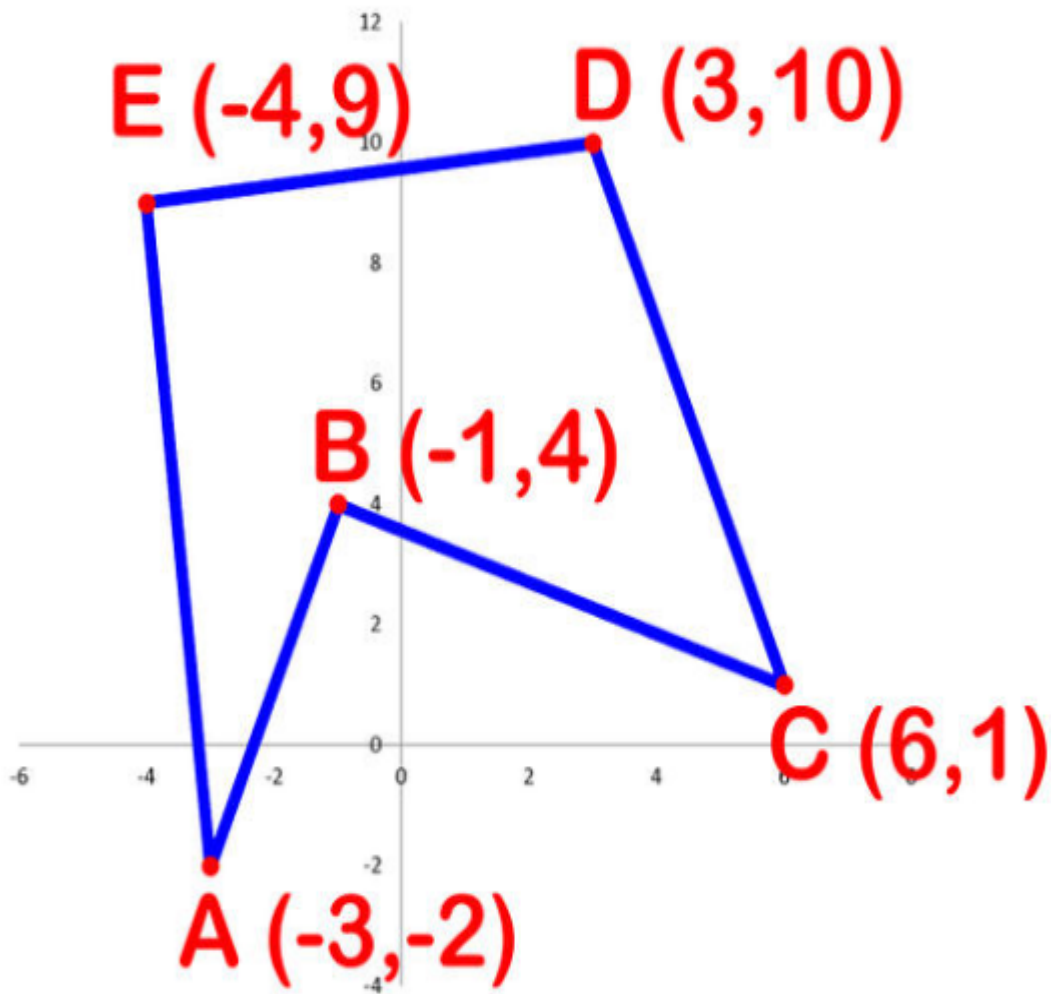
Figura 2 - Fórmula do cálculo de áreas utilizando a metodologia de Gauss

$$S = 0,5 \times \left(\sum_{i=1}^n N_i \times E_{i+1} - \sum_{i=1}^n E_i \times N_{i+1} \right)$$

. FONTE: Universidade Paulista [201-?]

Para determinar a área do polígono irregular, primeiro deve-se obter as coordenadas X e Y de todos os vértices do polígono. A figura 3 mostra um exemplo do que foi descrito anteriormente. (BARCELLOS, 2016)

Figura 3 - Polígono irregular com as coordenadas de seus vértices.



FONTE: (BARCELLOS, 2016)

Em seguida, as coordenadas X e Y de cada vértice devem ser organizadas em uma tabela (matriz) em sentido anti-horário (No exemplo acima: A, B, C, D, E em sequência), e o primeiro ponto anotado (no exemplo é o ponto A) deve ser repetido no final da matriz. (BARCELLOS, 2016)

O autor Barcellos (2016) cita que “este método só pode ser realizado quando os vetores forem coplanares (estão contidos no mesmo plano), por isso que o AutoCAD não calcula áreas quando um dos objetos como linhas estão em 3D.”

Tabela 3 - Matriz para realizar o cálculo da área irregular utilizando o método de Gauss

	x	y
A	-3	-2
B	-1	4
C	6	1
D	3	10
E	-4	9
A	-3	-2

. FONTE: (BARCELLOS, 2016)

Ao organizar todas as coordenadas na matriz, multiplique a coordenada X de cada vértice pela coordenada Y de cada vértice em diagonal e some os resultados de todas as multiplicações. No exemplo utilizado na tabela acima, o resultado da soma será 82. (BARCELLOS, 2016)

Figura 4- Instruções de como deve-se executar as multiplicações das coordenadas X de cada vértice pelas coordenadas Y de cada vértice.

	x	y	
A	-3	-2	
B	-1	4	$-3 \times 4 = -12$
C	6	1	$-1 \times 1 = -1$
D	3	10	$6 \times 10 = 60$
E	-4	9	$3 \times 9 = 27$
A	-3	-2	$-4 \times -2 = 8$

82

FONTE: (BARCELLOS, 2016)

Desta vez multiplique a coordenada Y de cada vértice pela coordenada X de cada vértice em diagonal e some os resultados de todas as multiplicações. No exemplo utilizado anteriormente, o resultado da soma será -38. (BARCELLOS, 2016)

Figura 5 - Instruções de como deve-se executar as multiplicações das coordenadas Y de cada vértice pelas coordenadas X de cada vértice.

	x	y	
A	-3	-2	
B	-1	4	$-2 \times -1 = 2$
C	6	1	$4 \times 6 = 24$
D	3	10	$1 \times 3 = 3$
E	-4	9	$10 \times -4 = -40$
A	-3	-2	$9 \times -3 = -27$

-38

FONTE: (BARCELLOS, 2016)

Subtraia a soma das multiplicações de X por Y (no exemplo, 82) pela soma das multiplicações de Y por X (no exemplo, -38). Portanto, $82 - (-38) = 120$. O

resultado desta subtração deverá ser dividido por 2, e o resultado da divisão será a área do polígono irregular. No exemplo utilizado, $120/2 = 60$, portanto a área do polígono da figura x é 60. (BARCELLOS, 2016)

1.4.2 Sensor Ultrassônico

O sensor ultrassônico utilizado é o modelo GY-US42v2 com um limite de alcance de 7,20 metros. Segundo Balluff (2018), um sensor ultrassônico é similar ao sonar dos morcegos, pois o sensor tem como princípio emitir uma onda sonora de alta frequência. O objeto detectado pela onda, se for capaz de refletir a onda, resultará em um eco que será convertido em sinais elétricos pelo sensor. A detecção do eco depende da intensidade do mesmo e também da distância entre o objeto e o sensor, portanto dependerá se o objeto alvo está em um local possível para ser identificado e se está nos parâmetros do sensor utilizado, como o limite de distância de alcance, por exemplo.

Com um sensor ultrassônico é possível registrar a posição de objetos, medir níveis, contar objetos, executar medições de distância etc. A detecção do sensor ultrassônico possibilita a obtenção dos dados de maneira confiável e sem contato, independente da textura, cor ou formato do objeto alvo. (BALLUFF, 2018)

Figura 6 - Sensor ultrassônico GY-US42v2 utilizado no projeto.

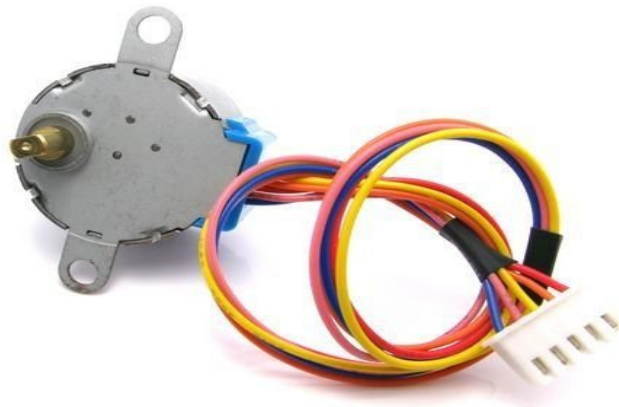


FONTE: AliExpress [201-].

1.4.3 Motor de Passo

O motor de passo utilizado no projeto é o 28BYJ-48 com um drive ULN2003 e com tensão de funcionamento de 5 V. O motor de passo é um pequeno motor que transforma um sinal digital em rotação. É caracterizado pelo controle com precisão do eixo, assim como o torque e a velocidade. Este motor é controlado por um microcontrolador, como um Arduino UNO, por exemplo, utilizando uma programação. (COELHO, 2020; ATHOS ELECTRONICS, [20--])

Figura 7 - Motor de passo 28BYJ-48 utilizado no projeto



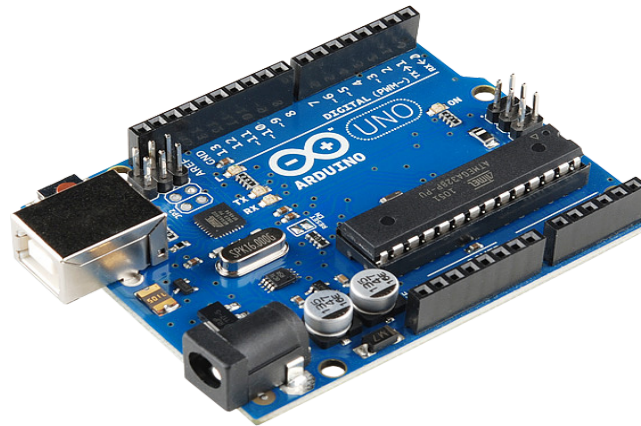
. FONTE: Autocore Robótica [20--].

1.4.4 Microcontrolador

O microcontrolador utilizado é o arduino uno R3. O Arduino Uno R3 é uma placa de microcontrolador baseado no ATmega328. Arduino é uma plataforma open-source de prototipagem eletrônica com hardware e software flexíveis e fáceis de usar. Ele possui quatorze pinos de entrada e saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), tem seis entradas analógicas, um cristal oscilante de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação, uma conexão ICSP e um botão de reset. (ARDUINO.CC, [20--]). Ideal para criar dispositivos que interajam com o ambiente, estes dispositivos podem utilizar como entrada sensores de luz,

som, temperatura, entre outros disponíveis no mercado e também pode utilizar como saída, alto-falantes, motores, displays, leds. Desta forma, possuindo possibilidades ilimitadas. (PAULA, 2019)

Figura 8 - Arduino uno R3 utilizado no projeto.



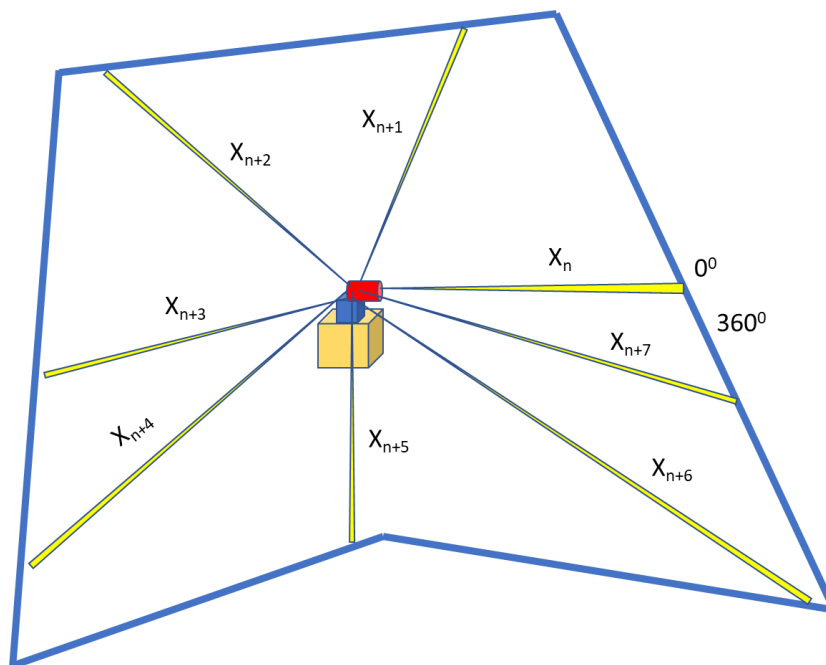
FONTE: Equibancada [20--].

2 MATERIAL E MÉTODOS

A proposta do trabalho é desenvolver um medidor portátil para a medição de áreas irregulares, para tanto o grupo se organizou para planejar as atividades a serem desenvolvidas que serão explanadas neste capítulo.

A figura 9 mostra a proposta de medição dos pontos e onde o protótipo será posicionado.

Figura 9 – Proposta do projeto.



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

A ideia inicial é posicionar o equipamento no centro da área irregular a ser medida. Ao iniciar a medição em 0° tem-se o primeiro par ordenado x_1 e y_1 , o motor de controle movimenta o sensor para o próximo ponto a ser medido e faz a aquisição do segundo par ordenado x_2 e y_2 , as medidas são coletadas até completar a rotação total, ou seja, 360° .

O total de pontos a serem coletados dependerão de uma relação erro versus tempo de medida que após os primeiros testes o grupo terá condições de chegar a

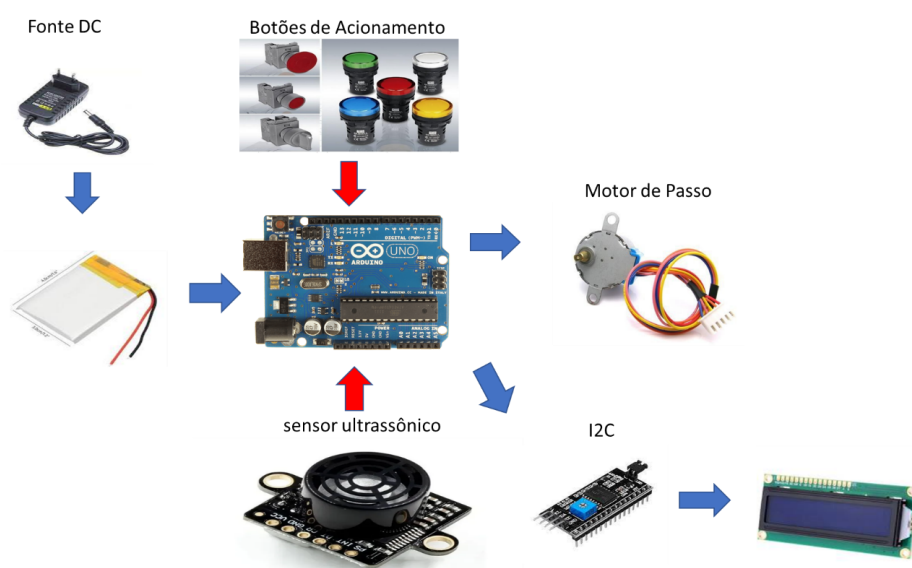
um valor adequado, inicialmente foi escolhido uma aquisição de 5 em 5°, totalizando 72 medições para uma medida.

Após analisar e selecionar a hipótese a ser estudada, o grupo estudou e definiu os principais e essenciais componentes e materiais para o desenvolvimento do dispositivo. Tendo em vista que o projeto se pauta em um dispositivo microcontrolado, o primeiro passo foi definir o microcontrolador a ser utilizado, no caso o Arduíno. Em seguida, foram analisadas as diversas possibilidades de sensores ultrassônicos para integrar o dispositivo, porém o que mais se adequou às nossas necessidades foi o sensor ultrassônico de modelo GY-US42v2 devido ao seu alcance máximo e baixo valor comercial.

Para tornar o protótipo completo, só restava integrar uma interface de usuário, o qual optamos pelo display de LCD I2C, e o motor de passo para rotacionar o sensor que, dentre todos os modelos, o 28BYJ-48 que opera com o driver ULN2003 foi o que mais se adequa a esta proposta.

Assim, foi elaborado o diagrama de blocos que mostra a integração dos componentes utilizados no projeto como pode ser visualizado na figura 10.

Figura 10 - Diagrama de blocos do projeto.



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

O diagrama de blocos é a base para organizar e desenvolver o esquema elétrico do projeto e logo em seguida o desenvolvimento da programação do algoritmo de controle.

Com o objetivo de integrar os componentes, foram desenvolvidos o esquema elétrico e o circuito impresso do projeto no software de simulação Proteus versão education.

2.1 Hardware

Os circuitos elétricos utilizados para o desenvolvimento do projeto foram projetados e simulados no Software Proteus versão education e tiveram como base o diagrama de blocos mostrado na figura 10. O esquema elétrico foi desenvolvido com os seguintes critérios:

- a) O circuito é alimentado por uma bateria de 9V;
- b) O circuito possui um Display 16x2 que mostrará os valores dos cálculos de áreas;
- c) O circuito possui um microcontrolador Arduino UNO;
- d) O circuito possui um sensor ultrassônico GY-US42V2;
- e) O circuito possui um motor de passo.

O circuito elétrico do projeto é mostrado na figura 11 e nele podem ser visualizados o dispositivo de automação que é o Arduino UNO, display LCD, sensor de distância e o motor de passo que movimenta o sensor. A figura 12 mostra o circuito utilizado para fazer o circuito impresso do equipamento que garante maior robustez ao projeto.

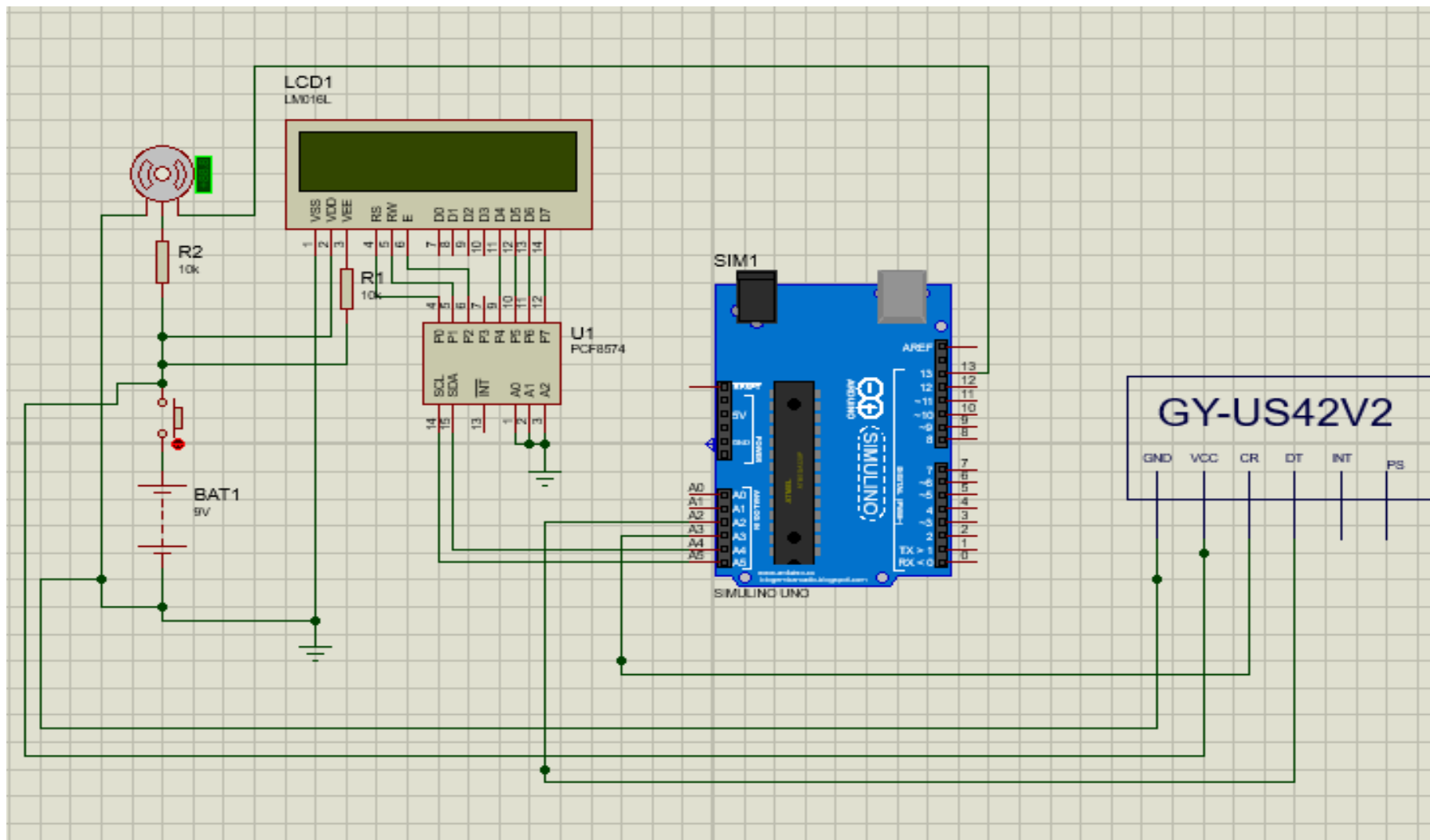
Após a simulação do circuito ter êxito, foi montado um circuito elétrico na bancada com uma fonte de tensão de 5 V. Para o encapsulamento mecânico do projeto foi utilizado o software disponibilizado no site Maker Case e uma cortadora laser baseada nas dimensões medidas do circuito elétrico finalizado.

2.1.1 Componentes Principais

Os principais componentes utilizados no desenvolvimento do projeto podem ser analisados abaixo em relação com o diagrama de blocos onde todas as imagens se relacionam ao esquema de funcionamento do projeto:

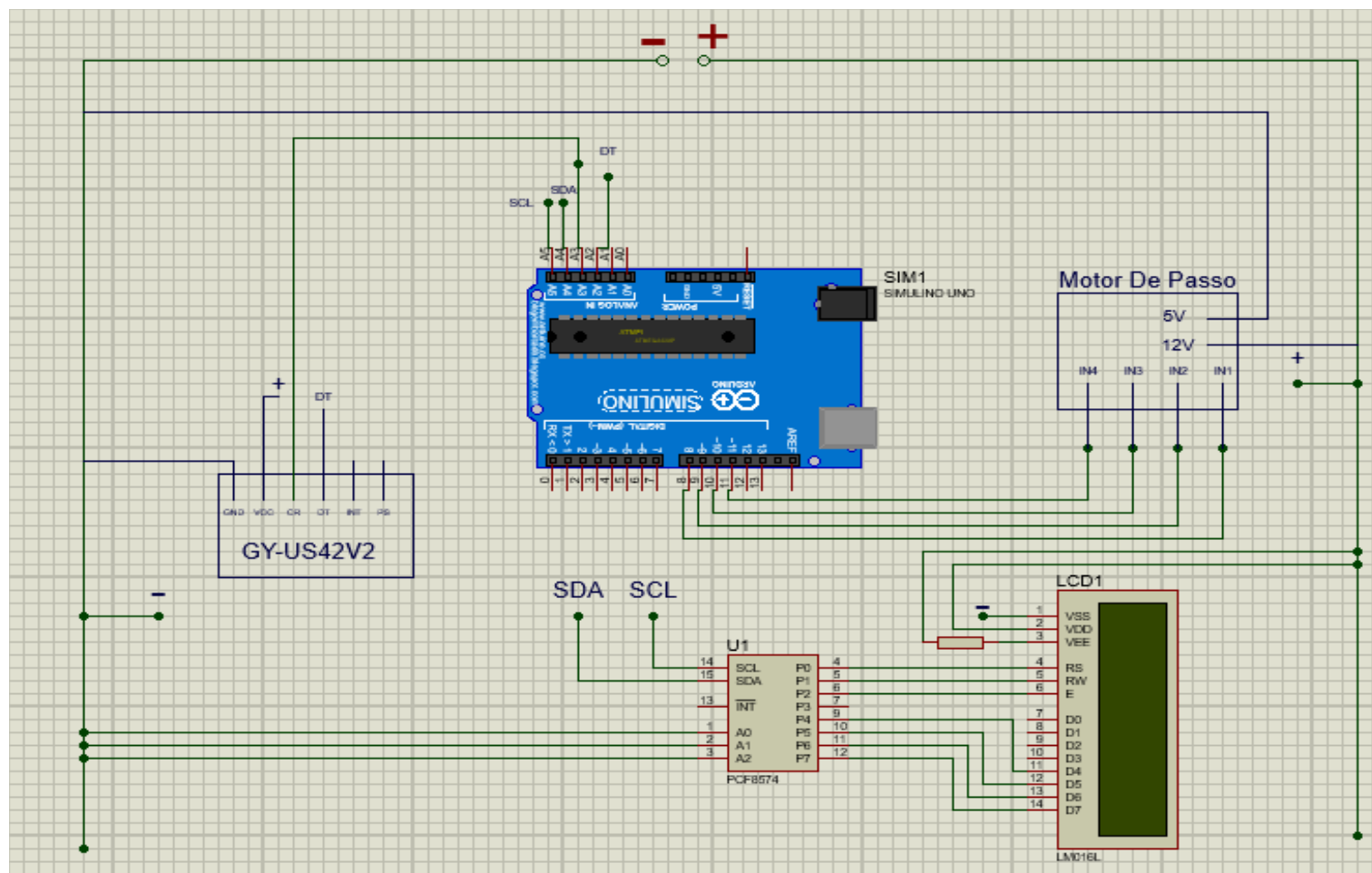
- a) Fonte DC: Responsável por recarregar a bateria.
- b) Bateria Recarregável: Alimentar o circuito.
- c) Microcontrolador: Controlar todos os componentes eletrônicos.
- d) Botão de acionamento 1: Ligar o sistema energizando o circuito.
- e) Botão de acionamento 2: Ativar o motor de passo.
- f) Botão de acionamento 3: Ligar o sensor ultrassônico.
- g) Sensor ultrassônico GY-US42v2: Medir os valores para calcular a área.
- h) Motor de passo: Movimentar o sensor ultrassônico.
- i) Display LCD 16x2: Mostrar o valor calculado

Figura 11 - Circuito elétrico do projeto simulado no Proteus



. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 12 - Circuito impresso do projeto simulado no Proteus.



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

2.2 Programação

A ideia da central programação tem como principal objetivo medir e calcular a área irregular ou regular a ser analisada e retornar este valor automaticamente para o usuário a partir do comando inicial de acionamento do dispositivo. Como o microcontrolador escolhido foi o Arduíno UNO, foi decidido que a melhor opção para interação do código com as funcionalidades do hardware seria o próprio editor de código do microcontrolador, sendo conhecido como “Arduíno IDE”.

O projeto foi desenvolvido a partir de estruturas de pensamentos lógicos em algoritmo é baseado na sintaxe da linguagem de programação “C” o qual se estende em toda a programação, pois é prática e fácil de entender e programar, além de ser um ótimo comunicador para o dispositivo controlador do projeto e uma das únicas sintaxes aceitas na IDE utilizada. Além disso, foi utilizado o software Proteus que permite simular as condições dos componentes em relação a programação e ao contexto e disposição dos mesmos no protótipo final, o que facilitou a integração, dimensionamento e lógica dos mesmos.

Utilizando o princípio do método de Gauss (descrito na Revisão Bibliográfica), o dispositivo utiliza um sensor ultrassônico que irá girar em sentido anti-horário de 5° em 5° graus. Na primeira medida do sensor, a distância entre o dispositivo e a superfície da parede será a coordenada X_1 , enquanto o Y_1 será 0; como descrito, após a primeira medida, o sensor moverá 5° anti-horário e medirá a segunda coordenada com $X_2 =$ distância do dispositivo e a parede, enquanto o Y_2 será determinado utilizando a trigonometria de um retângulo (Y_2 é o cateto oposto) usando o ângulo de 5° .

Esta etapa se repetirá 72 vezes para o sensor dar um giro de 360° , coletando as coordenadas X e Y a cada 5° e organizando todos os dados na matriz. Vale ressaltar que após o sensor ultrassônico girar 360° no sentido anti-horário, as primeiras coordenadas (X_1 e Y_1) serão colocadas novamente na matriz, só que desta vez por último, e girará 360° no sentido horário para retornar o sensor à sua posição original com o propósito de desenrolar os fios do microcontrolador conectado no sensor.

Na programação do dispositivo, todo este método de Gauss será inserido através de uma estrutura lógica formulada para determinar as coordenadas Y através da trigonometria de triângulos retângulos. Inicialmente o grupo realizou pesquisas sobre as possibilidades de integração dos componentes eletrônicos do projeto com o microcontrolador, analisando bibliotecas, códigos, exemplos e tutoriais sobre os mesmos, os quais foram estudados antes da aplicação e atribuição de qualquer código próprio.

Passada a etapa de estudo, foram feitos experimentos testando a programação individual de cada componente e sua comunicação com o dispositivo controlador através de seus respectivos programas realizados na IDE do Arduíno, o que levou a montagem e uma série de baterias de testes do código integrando as diversas funções ao microcontrolador e atribuindo seus respectivos propósitos. Com a etapa de teste de hardware testada, o grupo focou-se em desenvolver a funcionalidade de cálculo do programa, atribuindo argumentos lógicos na IDE de forma que o protótipo final entendesse, interpretasse e retornasse o valor convertido ao usuário, o que no final iria ser a funcionalidade inicial e principal do programa e do dispositivo.

A figura 13 mostra o ambiente de programação com parte do código utilizado no protótipo.

Figura 13 - Ambiente utilizado para editar o código do projeto (Arduíno IDE) .

```

Programa_DISPOSITIVO_MICROCONTROLADO_PARA_CALCULO_DE_REAS_IRRE
//Autores: Gustavo Guimarães de Carvalho, Paulo Sérgio Neves Regatieri e Paulo César Murata Filho
//Programa referente ao DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CÁLCULO DE ÁREAS IRREGULARES UTILIZANDO O MÉTODO DE GAUSS
//OBS: Este não é o programa finalizado, estamos no início do estudo da programação devido a isso, não incluímos ainda o sensor na programação, esta é apenas a programação inicial integrando alguns componentes para teste em bancada.
//-----
//Inclusão das bibliotecas

#include <Stepper.h> // biblioteca do motor de passo
#include <RotaryEncoder.h> // biblioteca do encoder (potenciometro)
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

//Inicializa o display no endereço "0x???"
LiquidCrystal_I2C lcd(0x??,??,?); // a definir o endereço do LCD

//Pinos de ligação do encoder + variáveis para o botão do encoder
RotaryEncoder encoder(A2, A3);
int valor = 0;
int newPos = 0;

//Inicializa e pré-estabelece o encoder
const int stepsPerRevolution = 65; //NÚMERO DE PASSOS POR VOLTIA
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8,10,9,11); //INICIALIZA O MOTOR UTILIZANDO OS PINOS DIGITAIS 8, 9, 10, 11

void setup() {
  myStepper.setSpeed(300); //Velocidade do motor
  {
    pinMode(7, INPUT);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Gire o encoder...");
  }
  {
    lcd.init();
  }
}

void loop() {

valor = digitalRead(7); //verifica o pressionamento no botão encoder
if (valor != 1)
{
  Serial.println("Botão pressionado");
  while (digitalRead(7) == 0)
    delay(10);
}
static int pos = 0; //!e a informação do encoder
encoder.trick();
int newPos = encoder.getPosition(); //Caso a posição seja alterada, mostre o valor na tela no monitor serial

if (pos != newPos){

```

FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

2.3 Lista de Materiais

A lista de materiais descreve quais são os materiais utilizados no projeto com a quantidade e preço de cada um e pode ser vista na tabela 4.

Tabela 4 - Lista de materiais do projeto.

Produtos	Quantidade	Menor Valor	Maior Valor	Códigos dos componentes
Arduino UNO	1	R\$45,50	R\$69,89	Atmega328p
Kit de Leds de diferentes cores	1	R\$14,99	R\$31,90	Códigos Variáveis
Kit com Botões De Acionamento	1	R\$9,99	R\$14,99	Códigos Variáveis
Sensor Ultrassônico	1	R\$119,99	R\$619,9	Gy-us42
Motor De Passo	1	R\$22,50	R\$27	28byj-48
Display 16X2	1	R\$24,90	R\$34	1602
KIT com Resistores	1	R\$35,90	R\$50	Códigos Variáveis
Carregador da Bateria	1	R\$34,98	R\$37,99	Sem Código
Bateria recarregável	1	R\$25	R\$35,90	NI-MH
I2C	1	R\$26	R\$29	Ads1115
Tripé	1	R\$7	R\$30	Sem Código
Total	0	R\$366	R\$980,57	Sem Código

Todos os componentes foram visualizados no mercado livre, porém os componentes podem ser encontrados facilmente em lojas de eletrônica

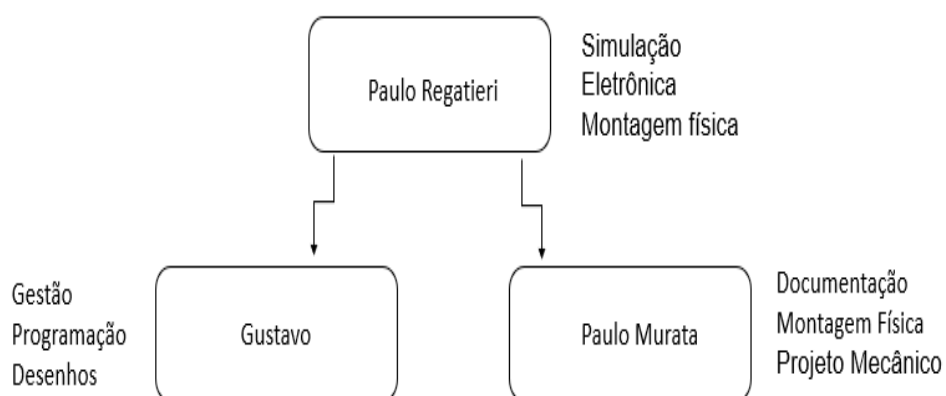
FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

2.4 Organograma

Em seguida, depois de validar a hipótese e desenvolver o escopo do projeto, organizou-se as funções de todos os integrantes do grupo utilizando um organograma.

O organograma é uma estrutura que representa visualmente e graficamente que descreve a organização interna do projeto, o nível hierárquico e as funções de cada integrante do projeto e pode ser vista na figura 14.

Figura 14 - Organograma do projeto.



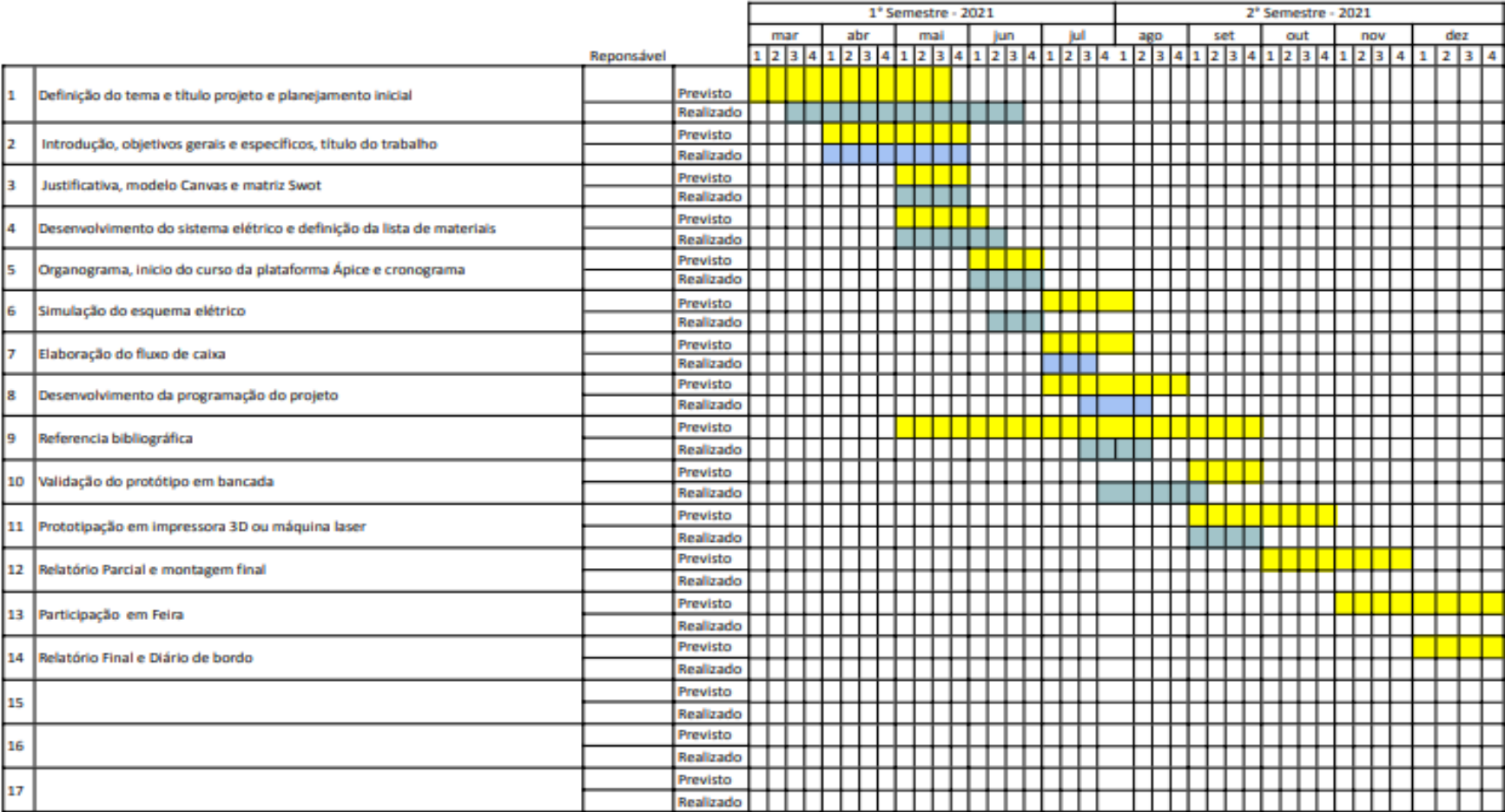
FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

2.5 Cronograma

O cronograma do projeto é o plano de organização e distribuição de todas as etapas que devem ser executadas utilizando intervalos de tempo determinados como referência. É de suma importância para auxiliar na organização e realização das etapas planejadas, o tempo distribuído e demandado em cada uma e na

organização para os prazos. O cronograma deste trabalho pode ser visto na figura 15.

Figura 15 - Cronograma do projeto.



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

2.6 Modelo Project CANVAS

Para organizar o projeto e validar as hipóteses levantadas, foram utilizadas algumas ferramentas da administração como os modelos CANVAS, CANVAS Business e Matriz SWOT para descrever as etapas, visualizar parâmetros futuros empreendedores para o projeto e descrever os pontos positivos e negativos (internos e externos).

O modelo Project CANVAS é um modelo que organiza as principais informações do interior de um projeto, portanto possui as etapas, o escopo, a justificativa, os riscos, benefícios, integrantes, objetivos e outros elementos fundamentais de um projeto. Este modelo é muito relevante para validar o projeto e localizar as restrições e requisitos internos, permitindo uma perspectiva futura do projeto.

2.6.1 Modelo CANVAS Business

O modelo CANVAS Business é um modelo do empreendedorismo na qual o empreendedor cria e projeta seus negócios para legitimar suas hipóteses. Nele estará a solução proposta para o problema, o seu público alvo, qual e como será o relacionamento e interação com o cliente, quais as metodologias, recursos e parcerias serão utilizados no negócio, além da administração da receita.

O quadro possui 9 blocos, cada um com um símbolo e uma descrição específica relacionado ao projeto. É um plano de negócios com perspectivas futuras, inovação, imaginação e validação da ideia inicial, verificando se há coesão e conexão entre as etapas, portanto é essencial para a execução de um projeto com um panorama empreendedor.

2.7 Matriz Swot

A matriz SWOT é um modelo que organiza os principais fatores positivos e negativos do projeto, tanto os externos como os internos, e é essencial para o planejamento estratégico e otimização de um projeto. É uma excelente análise para

descobrir os pontos fortes e oportunidades do projeto para utilizá-los a seu favor ao mesmo tempo que detecta as fraquezas e ameaças do projeto para solucioná-las.

Figura 16 - Modelo Project CANVAS do projeto.

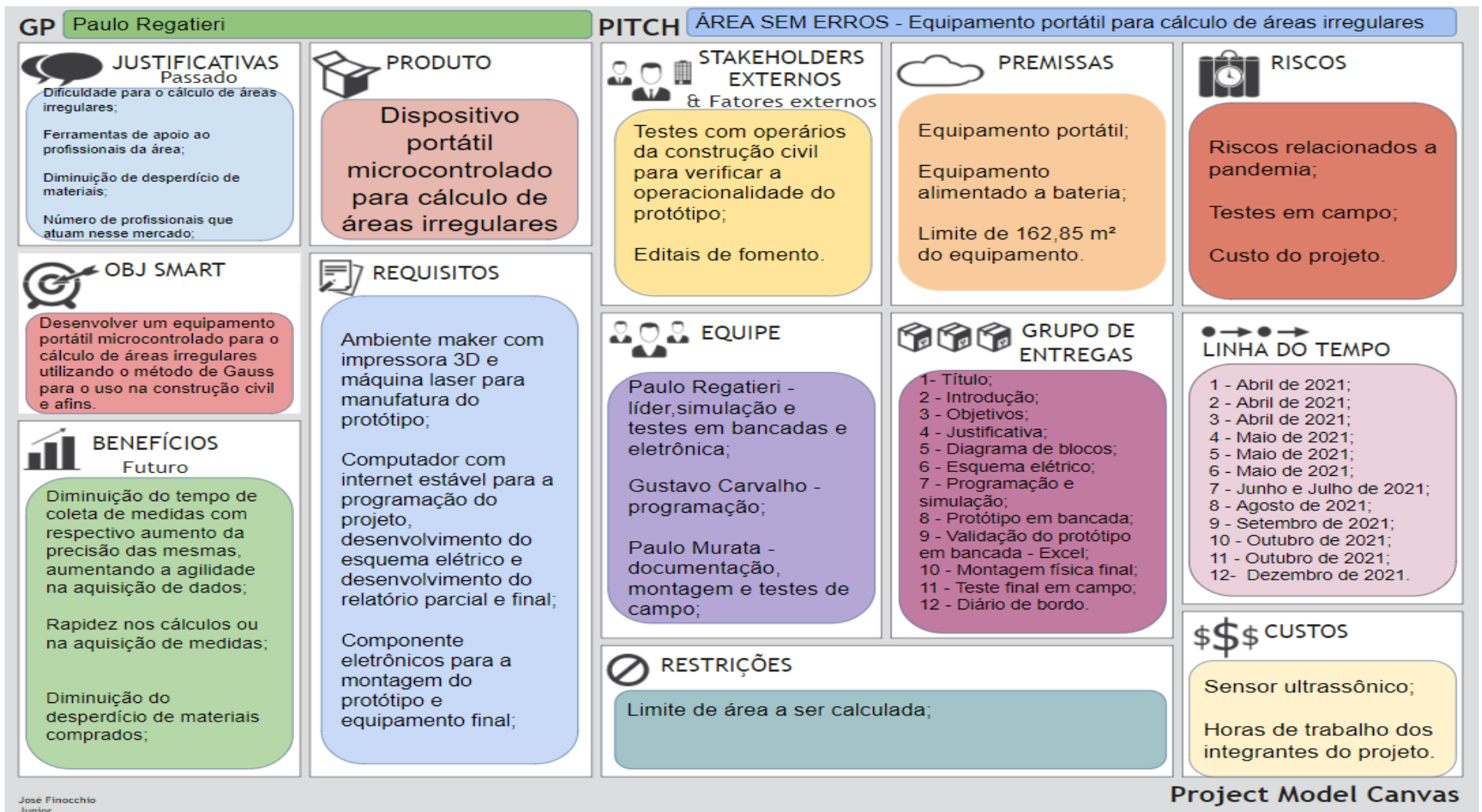
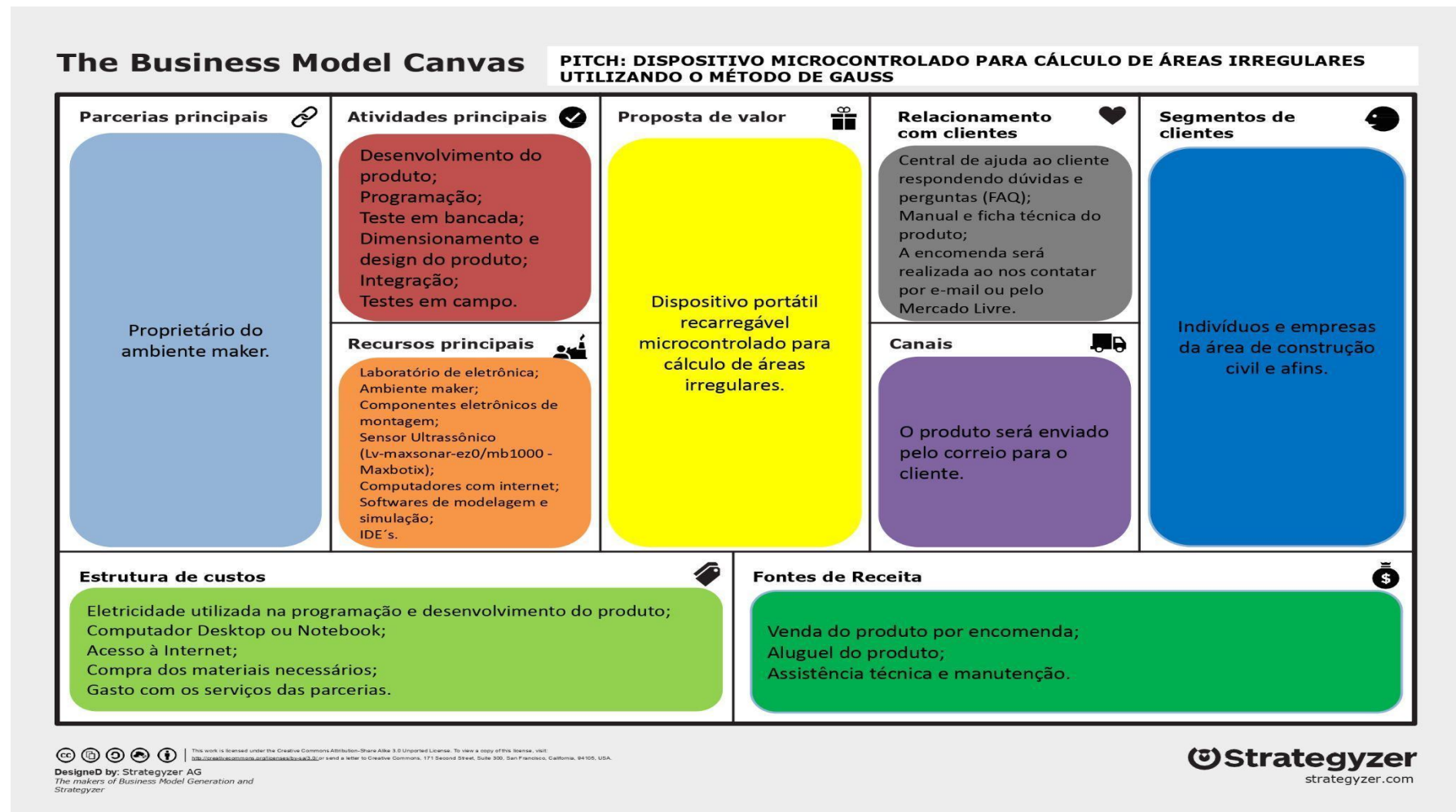


Figura 17 - Modelo Canvas Business do projeto. FONTE:



Elaborado pelos autores (2021).

Figura 18 - Matriz SWOT do projeto.

MATRIZ SWOT DO DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CÁLCULO DE ÁREAS IRREGULARES UTILIZANDO O MÉTODO DE GAUSS



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

3 RESULTADOS

Com o protótipo finalizado, realizou-se testes de bancada; utilizamos uma circunferência para realizar a medida de sua área. As áreas possuíam raio acima de 20 cm e menos que 720 cm, variando-as em 10 testes. Calculou-se as áreas na calculadora, primeiramente, e em seguida, comparou os valores dela com os resultados obtidos no protótipo, na qual houve, em média, 2,2% de taxa de erro e o tempo médio para obter a área final foi de 2 minutos e 42 segundos. O resumo destes dados pode ser visto na tabela 5.

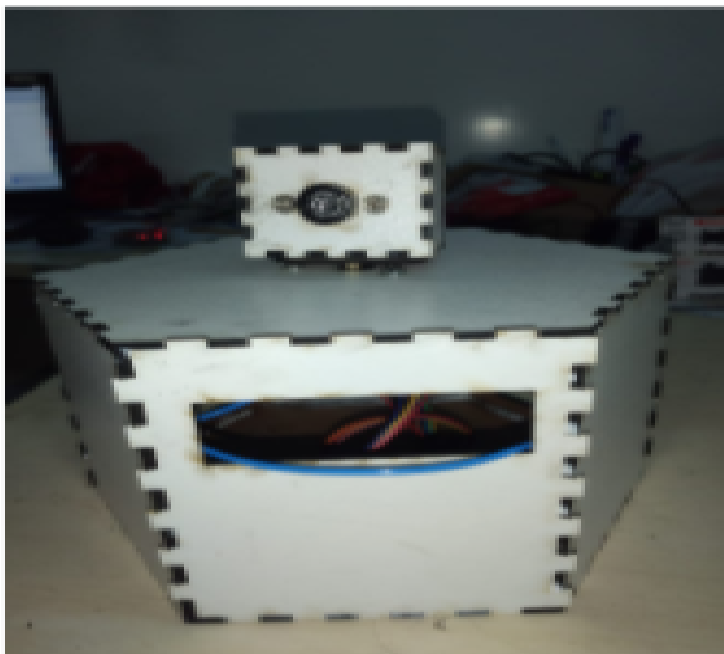
Tabela 5 - Tabela de testes. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

Teste	Distância	Valor Ideal(Calculadora)	Valor Real(Sensor/Software)	Taxa de erro	Tempo de medição
1	31 cm	3019,07054 cm ²	3089,56 cm ²	≈2%	2 minutos e 50 segundos
2	39 cm	4778,362426 cm ²	4679,13 cm ²	≈3%	2 minutos e 41 segundos
3	42 cm	5541,769441 cm ²	5671,16 cm ²	≈2%	2 minutos e 41 segundos
4	24 cm	1809,557368 cm ²	1843,46 cm ²	≈2%	2 minutos e 41 segundos
5	20 cm	1256,637061 cm ²	1285,98 cm ²	≈2%	2 minutos e 41 segundos
6	70 cm	15396,804 cm ²	15753,21 cm ²	≈2%	2 minutos e 41 segundos
7	88 cm	24328,49351 cm ²	24523,57 cm ²	≈2%	2 minutos e 41 segundos
8	55 cm	9503,317 cm ²	9720,42 cm ²	≈2%	2 minutos e 41 segundos
9	40 cm	5026,54824 cm ²	5143,91 cm ²	≈2%	2 minutos e 42 segundos
10	57 cm	10207,03453 cm ²	10534,49 cm ²	≈3%	2 minutos e 41 segundos
Média				≈2,2%	2 minutos e 42 segundos

FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

O protótipo desenvolvido é mostrado na figura 19, a base contém um display e a parte superior possui um sensor de distância que é movimentado por um motor de passo.

Figura 19 – Foto do protótipo montado



. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

Para os testes de calibração e testes do algoritmo, foram feitos testes de bancada comparando a distância medida com uma régua, conforme pode ser visto na figura 20.

Figura 20 – Testes de bancada



. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

A figura 21 mostra a comparação do cálculo de uma medida de área realizada pelo protótipo com o cálculo teórico. Após o cálculo de erro, teve-se cerca de 2% de erro para uma área de $2,2167\text{m}^2$.

Figura 21 – Valor de comparação entre o calculado e teórico.



. FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

A figura 23 mostra o grupo trabalhando no projeto durante a etapa de testes em bancada.

Figura 22 – Testes em bancada.



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

O nosso projeto foi apresentado nas feiras Bragantec edição 11 (2021) e na FeNaDante edição 3 (2021). Na FeNaDante conseguimos ganhar em 1º lugar (primeiro lugar) em Engenharia na categoria Leonardo da Vinci e conseguimos a credencial para participar da feira Mostratec 2021 e da Milset 2022. Além disso, conquistamos uma bolsa para o nosso projeto do CNPQ e teremos nosso artigo publicado pelo Conict.

4 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais e métodos utilizados no projeto foram suficientes para desenvolver o protótipo inicial com êxito e atingir o objetivo. A implementação de uma lógica representando o método de Gauss e a trigonometria de triângulos retângulos na programação também foi executada com êxito.

Com o protótipo finalizado, os testes realizados identificaram que o dispositivo calcula uma área regular com muita precisão (apenas 2,2% de taxa de erro) comparando-o aos resultados obtidos com um cálculo convencional para determinar áreas regulares. O período de tempo em que o protótipo realiza o cálculo completo da área é de 2 minutos e 42 segundos, portanto atingiu os objetivos de realizar uma medição rápida e com muita precisão.

Como o projeto está parcialmente concluído, ainda serão realizados testes em campo para validar o seu funcionamento em áreas irregulares de construções civis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATHOS ELETRONICS. **MOTOR DE PASSO COMO FUNCIONA**. [S.l], [20--]. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/motor-de-passo-como-funciona/>>. Acesso em: 20 de ago. 2021.

BALLUFF. **SENSOR ULTRASSÔNICO: COMO ELE FUNCIONA E DE QUE MODO PODE AJUDAR A SUA INDÚSTRIA?**. [S.l], 2018. Disponível em: <<https://balluffbrasil.com.br/sensor-ultrassonico-como-ele-funciona-e-de-que-modo-pode-ajudar-a-sua-industria/>>. Acesso em 18 de ago. 2021.

BARCELLOS, Rodrigo Lemos. **ÁREA DE POLÍGONOS IRREGULARES (MÉTODO DE GAUSS) MÉTODO DO CÁLCULO DE ÁREAS DO AUTOCAD**. LinkedIn, 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/%C3%A1rea-de-pol%C3%ADgonos-irregulares-m%C3%A9todo-gauss-do-c%C3%A1lculo-rodrigo/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

BEZERRA, J. **HISTÓRIA DA MATEMÁTICA**. Toda Matéria, [S.l], [201-]. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/historia-da-matematica/>>. Acesso em: 23 de abr. 2021.

COELHO, Í. **O QUE É MOTOR DE PASSO? ENTENDA SEU FUNCIONAMENTO E APLICAÇÕES**. Filipe Flop, [S.l], 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-motor-de-passo-entenda-seu-funcionamento-e-aplicacoes/>>. Acesso em 20 de ago. 2021.

GALCERAN, B. A. P. **REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO CIVIL ATRAVÉS DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MAIS EFICAZES**. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (monografia) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9ACKDH/1/microsoft_word____monografia_entrega_final_rev_6___15.04.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2021.

GOMES, Emanuelle da Costa. et al. **PROTOTIPAGEM DE UMA TRENA ELETRÔNICA OPEN-SOURCE**. 3f. Laboratory of Intelligent Robotics, Automation and Systems, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, Piauí, [2015?]. Disponível em: <<http://sistemaolimp.org/midias/uploads/ef675d1e69af54f11cf46c06e04f95d7.pdf>>. Acesso em: 5 de ago. de 2021.

LECCA, E. R et al. **CÁLCULO DE ÁREAS DE SUPERFÍCIES IRREGULARES APLICANDO LOS SOFTWARE MATLAB® Y AUTOCAD®. SISTEMA E INFORMÁTICA**, 54-61, novembro de 2007. Disponível em:

<<https://revistas.gnbit.net/index.php/idata/article/view/6446/5668>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MACHADO, Leandro. **A ESQUINA DO DESEMPREGO: Os Pedreiros que Esperam por Trabalho Todos os Dias no Centro de SP**, BCC News Brasil, 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-40956989#:~:text=Hoje%2C%20o%20setor%20tem%206,%2C%20eram%208%2C1%20milh%C3%B5es>>. Acesso em: 17 mai. 2021.

PAULA, Marina Sodré. **PROJETO DE SISTEMA LASER DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS DE BAIXO CUSTO PARA GRANDES DIMENSÕES**. Trabalho de conclusão de curso (monografia) – Curso de Especialização em Engenheiro Mecatrônico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1279/TCC%20-%20Marina%20Sodr%C3%A9%20de%20Paula.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 ago. 2021.

PÓS GRADUANDO. **COMO FAZER UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. [S.l], [2012?]. Disponível em: <<https://posgraduando.com/como-fazer-uma-revisao-bibliografica/>>. Acesso em 12 de mai. de 2021.

SILVA, R. C et al. **DESENVOLVIMENTO DE UMA TRENA DIGITAL DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO E SENSOR ULTRASSÔNICO**. 6 f. Curso de Engenharia e Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, [2018?]. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/8535/8436>>. Acesso em 5 de ago. de 2021.

SÓ MATEMÁTICA. **HISTÓRIA DA GEOMETRIA**. [S.l], [201-]. Disponível em: <<https://www.somatematica.com.br/geometria.php>>. Acesso em: 23 de abr. 2021.

ANEXO A - CERTIFICADO DA PARTICIPAÇÃO NA FEIRA BRAGANTEC 2021




13 a 24 de setembro de 2021

Certificamos

**GUSTAVO GUIMARÃES DE CARVALHO, PAULO CESAR MURATA FILHO E
PAULO SERGIO NEVES REGATIERI**

pela participação com o projeto DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CÁLCULO DE ÁREAS IRREGULARES UTILIZANDO O MÉTODO DE GAUSS, sob orientação de EDSON ANICIO DUARTE E JOÃO ALEXANDRE BORTOLOTI, na 11ª BRAGANTEC - Feira de Ciência e Tecnologia, realizada de forma virtual entre 13 e 24 de setembro de 2021, e organizada pelo Campus Bragança Paulista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

Bragança Paulista, 24 de setembro de 2021.



Vitor Garcia
Comissão organizadora



Vanderlei Benedito da Silva Filho
Coordenador de Extensão



João Roberto Moro
Diretor-Geral



INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Campus Bragança Paulista