



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Felipe Cardoso Pimenta

**ROBÔ TAN 3.0: UMA PROPOSTA PARA A ROBÓTICA EDUCACIONAL E
COMERCIAL**

PAU DOS FERROS/RN
2023

Felipe Cardoso Pimenta

**ROBÔ TAN 3.0: UMA PROPOSTA PARA A ROBÓTICA EDUCACIONAL E
COMERCIAL**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Computação

Orientador: Prof. Dr. Francisco Carlos Gurgel
da Silva Segundo.

PAU DOS FERROS/RN
2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

PP644 Pimenta, Felipe Cardoso.
r Robô TAN 3.0: Uma Proposta para a Robótica
Educativa e Comercial / Felipe Cardoso Pimenta.
- 2023.
70 f. : il.

Orientador: Francisco Carlos Gurgel da Silva
Segundo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Computação, 2023.

1. Robótica Educativa. 2. Tangram. 3.
Modelagem 3D. 4. Layout. 5. Associação de Pais e
Amigos dos Excepcionais. I. da Silva Segundo,
Francisco Carlos Gurgel, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FELIPE CARDOSO PIMENTA

ROBÔ TAN 3.0: UMA PROPOSTA PARA A ROBÓTICA EDUCACIONAL E COMERCIAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Pau dos Ferros, 16 de Maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. FRANCISCO CARLOS GURGEL DA SILVA SEGUNDO
UFERSA

Prof. DR. CECÍLIO MARTINS DE SOUSA NETO
UFERSA

PROFA. DR. JOSÉ WAGNER CAVALCANTI SILVA
UFERSA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me proporcionar discernimento em toda a minha trajetória de formação no curso de Engenharia de Computação. Agradeço também a Deus por todas as novas amizades maravilhosas que conquistei.

Agradeço a minha mãe, Maria Valdênia por me apoiar nos momentos em que mais precisei, estando sempre presente e me mostrando que Deus sempre tem o tempo certo para agir em nossas vidas. Sua sabedoria moldou a pessoa que me tornei hoje. Agradeço também a minha mãe por sempre confiar em meu potencial.

Agradeço a minha esposa Vanuza Lopes por nunca me deixar desanimar, me incentivando a sempre continuar em busca dos meus sonhos independentemente do quão difícil a caminhada será. Agradeço também por ter me dado o presente mais valioso da minha vida, a nossa filha Maria Luiza, que é o meu maior incentivo.

Agradeço também a toda a minha família por todo o apoio durante a minha trajetória em especial a minha irmã, Brenda Nayara que sempre me apoia em todas as minhas decisões, sempre torce a meu favor e não me deixa desistir jamais de meus objetivos. Me proporciona um apoio incondicional.

Agradeço a todos os meus professores da graduação que contribuíram para este trabalho de maneira indireta, me capacitando a aplicar conhecimentos adquiridos nas disciplinas que cursei, em especial ao professor Cecílio, que mais que um professor também é um amigo, que desde que o conheci me orienta em diversas situações a qual eu me sujeitava.

Agradeço também a meu orientador Francisco Segundo, por todo o conhecimento repassado, por tornar possível este trabalho, por me mostrar que além de professor, é um amigo que posso contar e desabafar, por me mostrar que o papel do professor não é só ensinar, mas transformar a vida do aluno lhe dando as ferramentas necessárias para seguir seu caminho sozinho, agradeço por toda a paciência e por dedicar seu tempo a me orientar.

Agradeço também aos meus amigos que conheci durante a minha graduação, em especial ao Chrystian Alexander, um grande amigo que considero como irmão, que me auxiliou, me ensinou, me incentivou em todas as minhas decisões e acima de tudo, sempre esteve presente.

“Qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinta de magia.”

Arthur C. Clarke

RESUMO

A robótica educacional é uma abordagem pedagógica que utiliza robôs para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, proporcionando uma experiência de aprendizado interativa e lúdica para os alunos. O objetivo é estimular o interesse dos alunos pela ciência, tecnologia, engenharia e matemática, além de desenvolver habilidades importantes, como pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade e trabalho em equipe. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um robô de nome Robô TAN com ênfase em modelagem 3D, *layout* de circuito impresso e *software* de controle das funcionalidades do robô. O robô foi desenvolvido para atuar nas escolas como ferramenta pedagógica de ensino em conjunto com o jogo medieval Tangram de modo a melhorar a assimilação dos conteúdos ministrados em sala de aula e, também, como uma proposta comercial para crianças de idade entre 3 a 5 anos. O robô desenvolvido vem sendo utilizado como uma ferramenta de ensino na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) da cidade de Pau dos Ferros/RN e está obtendo bons resultados os quais são apresentados neste trabalho.

Palavra-chave: Robótica Educacional; Tangram; Modelagem 3D; *Layout*; Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais.

ABSTRACT

Educational robotics is a pedagogical approach that uses robots to assist in the teaching and learning process, providing an interactive and playful learning experience for students. The aim is to stimulate students' interest in science, technology, engineering and mathematics, in addition to developing important skills such as critical thinking, problem solving, creativity and teamwork. The present work aims to develop a robot named Robô TAN with emphasis on 3D modeling, printed circuit layout and software to control the robot's functionalities. The robot was developed to act in schools as a pedagogical teaching tool together with the medieval game Tangram in order to improve the assimilation of the contents taught in the classroom and, also, as a commercial proposal for children aged between 3 and 5 years old. . The developed robot has been used as a teaching tool at the Association of Parents and Friends of the Handicapped (APAE) in the city of Pau dos Ferros/RN and is obtaining good results which are presented in this work.

Keyword: Educational Robotics; Tangram; 3D Modeling; Layout; Association of parents and friends of the exceptional.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivo geral.....	12
1.2. Objetivos específicos.....	12
1.3. Problema de pesquisa.....	12
1.4. Organização do trabalho	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1. Trabalhos relacionados	15
2.2. Tangram	20
2.3. Microcontrolador	22
2.4. L293D	24
2.5. LM741.....	25
2.6. LM324.....	26
2.7. TCRT5000	27
2.8. Ultrassônico HC-SR04.....	28
2.9. Módulo <i>bluetooth</i> HC-06.....	30
2.10. Bateria de lítio 18650 12 V 220 mAh	31
2.11. Conversor DC-DC XL6019	32
2.12. Modelagem 3D	33
3. PROJETO DO ROBÔ TAN.....	35
3.1. Projeto de <i>Hardware</i>	35
3.1.1. Monitoramento de carga da bateria	37
3.1.2. Sistema anticolisão frontal.....	39
3.1.3. Sistema anticolisão laterais e seguidor de linha	39
3.1.4. Drive para motor DC	42
3.1.5. Controle de alimentação do PIC16F876A.....	43
3.1.6. Sistema de comunicação do aplicativo com o <i>hardware</i>	43
3.1.7. Microcontrolador PIC16F876A.....	44
3.2. Protótipo do Robô TAN.....	45
3.3. <i>Layout</i> de circuito impresso	46
3.4. Modelagem 3D do robô TAN	48

3.5. Modelagem 3D do Tangram	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1. Validação do protótipo.....	56
4.2. Atividade utilizando o Tangram	59
4.3. Validação do modelo impresso 3D	60
4.4. Experiência do usuário.....	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia está transformando radicalmente a nossa sociedade e a nossa vida cotidiana, deixando uma marca indelével no mundo moderno. Desde a comunicação, até os negócios, passando pela educação e entretenimento. A tecnologia está presente em quase todos os aspectos de nossa existência. Em especial, a tecnologia da informação tem o poder de conectar pessoas a nível global e proporcionar acesso instantâneo a informações valiosas e recursos. A inteligência artificial, automação, robótica e computação em nuvem estão revolucionando a maneira de fazer negócios e criando novas oportunidades econômicas.

A tecnologia revolucionou positivamente a sociedade tornando assim o cidadão potencialmente interagente e agente comunicador. Diante dessa grande ascensão, pode-se destacar o uso da tecnologia nas escolas, em especial o uso de robôs no ensino e aprendizagem. (CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 2007).

Segundo (MATARIC, 2014), um robô é um sistema autônomo que existe no seu mundo físico e que pode sentir o seu ambiente e agir sobre ele para alcançar seus objetivos. Com base nisso Robots (2022) descreve que os robôs quando inseridos no ensino podem auxiliar os estudantes por meio de atividades lúdicas, desenvolver o pensamento matemático e computacional desde cedo, e dessa forma desenvolver processos mentais capazes de resolver problemas distintos usando a programação e raciocínio lógico. No caso de estudantes da educação infantil, fundamental e médio os robôs atuam em papéis importantes no desenvolvimento de habilidades pessoais e interpessoais, como por exemplo: trabalho em equipe na construção de soluções colaborativas.

A robótica educacional também tem auxiliado com a Tecnologia Assistiva – TA, um termo bastante recente utilizado para identificar pessoas com deficiência. Este tipo de tecnologia promove vida independente e inclusão através de recursos e serviços. Este conceito foi criado em 1988 nos Estados Unidos da América como importante elemento jurídico dentro da legislação norte-americana conhecida como *Public Law* e renovado em 1998 como *Assistive Technology* (SECRETARIA ESPECIAL DOS DIREITOS HUMANOS, 2023).

A definição mais aceita no Brasil vem do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT que propôs que a tecnologia assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência,

incapacidade ou mobilidade reduzida (SECRETARIA ESPECIAL DOS DIREITOS HUMANOS, 2007).

Diante deste contexto, é notório que a robótica educacional possui um enorme potencial pedagógico em todas as faixas etárias e em todos os níveis de escolaridade. Este trabalho apresenta uma proposta de construção de um robô de nome Robô TAN para atuar como uma ferramenta de ensino e aprendizagem nas escolas de ensino infantil, fundamental com idade de 1 a 5 anos, além de escolas especializadas em crianças que portadoras de deficiência.

1.1.Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo desenvolver um robô de nome TAN para atuar como ferramenta de ensino e aprendizagem de crianças com idade entre 1 a 5 anos.

1.2.Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos deste trabalho destacam-se:

- Desenvolver a estrutura física do robô TAN através de técnicas de modelagem 3D;
- Desenvolver o *hardware* com ênfase no baixo consumo energético mantendo a eficiência, bem como realizar a confecção do *layout* de circuito impresso.
- Desenvolver técnicas de utilização do jogo Tangram que facilite a montagem das peças utilizando modelagem 3D;
- Realizar testes de validação na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais;
- Desenvolver circuitos que possam substituir sensores de terceiros implementados no robô de (DIAS, 2020);
- Tornar o robô TAN um MVP (Mínimo produto viável) com foco nas escolas, e ser será desenvolvido para que seja acessível.

1.3. Problema de pesquisa

A palavra “robô” surgiu na década de 1920, em um momento em que a robótica era algo restrito a inventores, cientistas matemáticos e engenheiros. Contudo, com o avanço da tecnologia, especialmente com o desenvolvimento de *software* nos anos 60, a robótica passou a se tornar cada vez mais acessível e inserida no cotidiano das pessoas. Atualmente, a robótica educacional vem ganhando destaque e sendo apontada como uma ferramenta inovadora, logo,

investir em programas de robótica nas escolas pode ser um importante passo para o desenvolvimento de uma educação mais tecnológica e inclusiva. (VEJA, 2022).

Um estudo recente realizado pelo Serviço Social da Indústria (SESI) com 2.500 alunos que possuem a disciplina de robótica inserida no currículo escolar, mostrou resultados impressionantes. Os estudantes apresentaram um ganho de desempenho de 9,4% em matemática, 5% em ciências humanas e sociais e 4,5% em linguagem, em comparação com aqueles que não têm a robótica na grade curricular. Isso evidencia a eficácia da robótica como uma ferramenta pedagógica capaz de contribuir significativamente para o processo de aprendizado.

Porém, embora a robótica educacional e a internet sejam uma realidade percebida há anos, *School* (2021) relata que ainda nos dias atuais muitas escolas permanecem utilizando metodologias tradicionais de ensino, criadas em um tempo em que nem se imaginava os computadores, *smartphones* e robôs. O acesso a robótica nas escolas incluindo também o acesso à internet é distante para algumas instituições de ensino, segundo Tecnoblog (2020), 29% das escolas do Brasil não têm acesso à internet e 55% das escolas públicas contam com internet de conexões inadequadas e ausência de robôs para o ensino, mas o fato é que essas tecnologias se tornam seletivas apenas para algumas instituições públicas tendo em vista o baixo investimento por partes do governo, e como consequência o corpo docente não tem outra alternativa a não ser permanecer em métodos tradicionais de ensino (TECNOBLOG, 2020).

As escolas públicas que trabalham diretamente com pessoas com deficiência sofrem ainda mais com a falta de tecnologias, (REIS, 2017) relata que poucos são os trabalhos tratando especificamente o uso da robótica educacional e o ensino de programação de robôs para discentes cegos e autismo.

O propósito do Robô TAN é ser inserido neste contexto de acessibilidade não somente para escolas públicas de ensino de diferentes níveis, mas também para escolas especializadas em pessoas com deficiência. O Robô TAN tem como missão contribuir para o desenvolvimento dos alunos e maximizar a acessibilidade à robótica educacional.

1.4. Organização do trabalho

Este texto segue-se em mais quatro capítulos: o Capítulo 2 traz um levantamento bibliográfico acerca da implementação da robótica educacional no âmbito escolar e também apresenta outros trabalhos que têm por objetivo levar os robôs para instituições, além de mostrar cada sensor e componente eletrônico que foi utilizado no projeto. No Capítulo 3, é realizada a

descrição do sistema, expondo cada sensor e componente eletrônico utilizado, com ênfase na explanação detalhada de sua utilização e como os mesmos interagem entre si. O Capítulo 4 é apresentado os resultados colhidos a partir do protótipo. No Capítulo 5 as considerações finais do trabalho e a sugestão de trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este Capítulo destina-se à realização de uma abordagem conceitual sobre temas relevantes da robótica e de trabalhos relacionados sobre a robótica educacional e a inclusão. Além disso, expõe-se também trabalhos que têm por objetivo tornar a robótica educacional mais acessível aos alunos com deficiência, bem como demonstrar os conceitos dos dispositivos utilizados na elaboração do projeto.

2.1. Trabalhos relacionados

Um desafio da robótica educacional é torná-la acessível para alunos com necessidades especiais, como é o caso por exemplo dos deficientes visuais. Em busca de soluções, Reis (2017) propôs a ideia de utilizar a robótica como uma ferramenta inclusiva, que permite aos alunos com diferentes habilidades e limitações possam participar das atividades de forma igualitária. Logo, a mesma implementou um modelo de ensino-aprendizagem composto por um ambiente de programação e um aplicativo móvel e vários cartões geométricos ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 - Ilustração do trabalho desenvolvido por Reis (2017).



Fonte: Reis (2017)

Cada cartão geométrico representa uma ação específica que é reconhecida pelo aplicativo com uma *tag*, dessa forma permite que o aluno programe o robô utilizando seleção e organização dos cartões geométricos. A autora relata como conclusão do trabalho que o uso de tecnologias educacionais assistivas de baixo custo é possível tornar a robótica educacional acessível aos deficientes visuais (REIS, 2017).

Silva (2009) propôs uma metodologia para o ensino de robótica no ensino fundamental baseada na teoria sócio histórica de *Lev Vygotsky* em conjunto com um kit Lego e uma interface para controle e programação de protótipos. O público-alvo do trabalho são as crianças com faixa etária de 8 a 10 anos e um dos principais objetivos é introduzir conceitos sobre a construção de protótipos robóticos, sua programação e controle. A Figura 2 demonstra uma oficina onde é praticado palavras cruzadas e controle de um robô por um labirinto.

Figura 2 - Prática dos robôs com os alunos.



Fonte: Silva, 2009

As práticas ilustradas pela Figura 2 ilustram que através de um labirinto, e palavras cruzadas utilizando a robótica para auxiliar na resolução da atividade ajuda ao aluno a desenvolver o raciocínio lógico, pois os alunos desenvolvem a lógica de programação e controle do robô para obter um determinado objetivo. O autor destaca que é uma excelente forma de produzir conhecimento.

Zilli (2004) apresentou uma proposta que analisa o uso da robótica educacional como recurso pedagógico, apontando as diversas formas como essa tecnologia é utilizada nas escolas particulares e públicas de Curitiba. O objetivo principal do trabalho é avaliar a utilização de alguns kits robóticos nas escolas selecionadas para acompanhar o desempenho dos alunos e dos professores quanto a utilização da tecnologia em questão, além de obter diversas informações

sobre o poder aquisitivo das instituições visitadas para a compra de kits de robótica. Não sendo possível a compra dos kits de robótica, a alternativa sugerida é a construção de robôs através de materiais recicláveis.

Em um trabalho proposto por Souza e Machado (2019), o objetivo principal foi encontrar metodologias eficazes para promover a aprendizagem em crianças. Nesse contexto, a robótica educacional foi utilizada como uma estratégia pedagógica, visando avaliar a sua capacidade de motivar a aprendizagem e desenvolver habilidades fundamentais na área de computação, matemática, resolução de problemas, trabalho em equipe e comunicação.

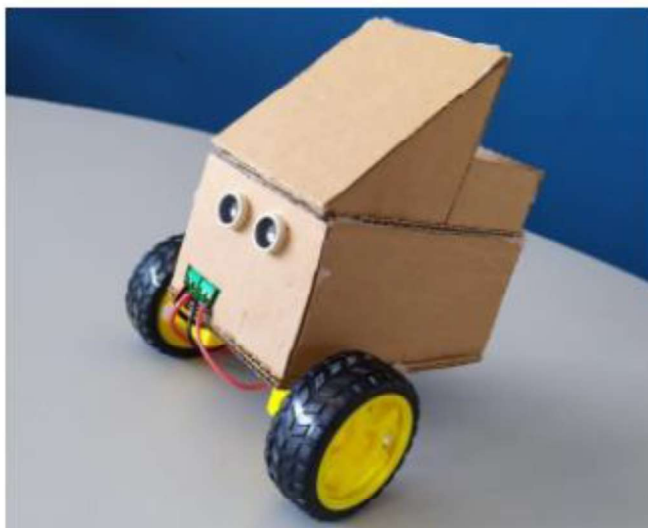
Os resultados obtidos poderão contribuir significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, fornecendo uma nova estratégia pedagógica para professores que desejam incentivar o interesse e o envolvimento dos alunos em relação aos conteúdos ensinados.

Campos (2017) realizou uma investigação sobre a situação atual do campo da robótica na educação no Brasil, e identifica os desafios e questões atuais relacionadas ao uso das tecnologias em robótica como ferramentas que irão dar suporte à criatividade e outras habilidades na formação do indivíduo, a ideia central está relacionada a promover o desenvolvimento futuro da robótica na educação e dessa forma contribuir para a utilização da robótica educacional na grade curricular das escolas.

Dias (2020) propôs o desenvolvimento de um robô denominado de Robô TAN, o mesmo é montável e de baixo custo, o principal objetivo é verificar se o aluno possui dificuldades nos movimentos das mãos e estimular a criatividade. A abordagem de Dias (2020) é claramente uma visão mais ampla das mais variadas atuações na qual a robótica educacional pode ser inserida a fim de despertar o conhecimento e inclusão para alunos com deficiência.

O trabalho também estimula a utilizar o jogo medieval chamado de Tangram, o mesmo é composto por diversas formas geométricas de tamanhos e cores variadas, capaz de despertar nos alunos o raciocínio lógico e noções básicas de conceitos matemáticos. Na Figura 3 é ilustrado o robô desenvolvido pela autora.

Figura 3 - Robô TAN

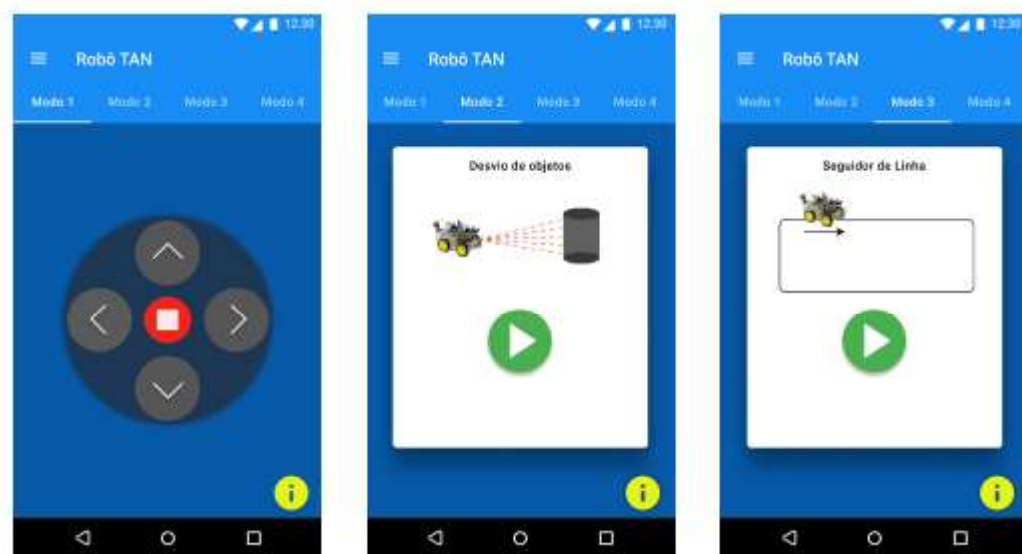


Fonte: Dias, 2020

A autora conclui que o protótipo ilustrado pela Figura 3 denota a importância do uso da robótica nas escolas como ferramenta de ensino e aprendizagem, pois auxiliam diretamente nas limitações de cada aluno, proporcionando no decorrer das aulas experiências que estimulam a criatividade, aumenta a participação dos alunos nas aulas além de proporcionar ao professor diferentes formas de educar.

Abrantes (2021), por sua vez, propôs a versão 2.0 do robô desenvolvido por (DIAS, 2020). O trabalho tem como objetivo principal a criação de um aplicativo *mobile* com a finalidade de controlar e observar as diferentes funcionalidade do Robô TAN sem que haja o contato físico com o mesmo. A ideia central do trabalho é tornar ainda mais abrangente o Robô desenvolvido por (DIAS 2020), pois com o uso de um aplicativo móvel, a gama de possibilidades de aplicações nas escolas crescem consideravelmente. A Figura 4 ilustra uma das telas do aplicativo desenvolvido pelo autor.

Figura 4 - Algumas telas do aplicativo de controle do Robô TAN



Fonte: Abrantes, 2021.

O autor relata que as práticas realizadas para validação do aplicativo *mobile* foram concluídas de forma satisfatória, pois permite que o usuário interaja diretamente com o robô, estimulando diretamente a criatividade do usuário.

Fernandes *et al.* (2018) propuseram um estudo sobre relatos de experiência de um estudante do curso de Engenharia de Controle e Automação na promoção de atividades educacionais e desenvolvimento de estratégias para o ensino de lógica de programação com uso da robótica educacional em escolas da rede privada de ensino em Salvador-BA com alunos de ensino fundamental II. O principal objetivo do trabalho desenvolvido pelos autores é observar o desempenho dos alunos ao manusear os robôs como uma ferramenta de ensino e aprendizagem.

Barbosa *et al.* (2015) propuseram práticas educativas para alunos do ensino médio que visam relacionar conteúdos de matemática com a robótica educacional, utilizando kits de lego. O objetivo principal do trabalho é demonstrar a importância de obter dados precisos na programação de um robô para a execução de giros, ao mesmo tempo em que se estabelece um espaço de relação entre os conteúdos da matemática e problemas reais. No trabalho em questão, os alunos têm a oportunidade de desenvolver habilidades em programação e matemática por meio da construção de robôs, o que promove uma aprendizagem mais significativa e estimula o interesse pela matemática e tecnologia.

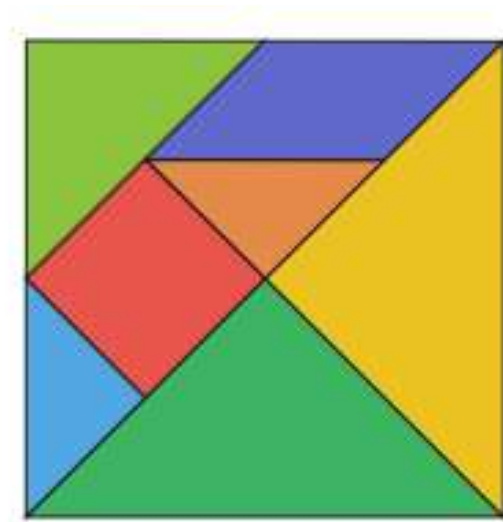
Aquino *et al.* (2017) propuseram o desenvolvimento de um curso semipresencial de robótica educacional utilizando a plataforma Arduino. A carga horária total do curso é de 120

horas/aula, sendo 24 horas/aula de atividades presenciais e 96 horas/aula de atividades virtuais com acompanhamento e interação online em ambientes virtuais de aprendizagem. O objetivo principal do curso é oferecer aos alunos uma formação teórica e prática em robótica educacional, permitindo que eles possam desenvolver projetos e soluções para problemas reais utilizando a plataforma Arduino. Na próxima seção, são apresentados os fundamentos teóricos relacionados à utilização dos dispositivos utilizados para a construção do Robô TAN 3.0 proposto neste trabalho.

2.2.Tangram

O Tangram é um quebra-cabeça geométrico composto por 7 peças (chamada de “tans”), sendo 2 triângulos grandes, 1 triângulo médio, 2 triângulos pequenos, 1 quadrado e 1 paralelogramo, as quais podem ser reagrupadas de inúmeras formas para formar figuras geométricas. A Figura 5 ilustra um exemplo do tangram em sua figura padrão. Existe atualmente uma discussão a respeito da quantidade de figuras que o tangram consegue formar, algumas pessoas afirmam que é possível formar aproximadamente 1.700 figuras, enquanto outras afirmam que o número pode chegar a 5.000 figuras distintas (PONSO, 2020).

Figura 5 - TANGRAM

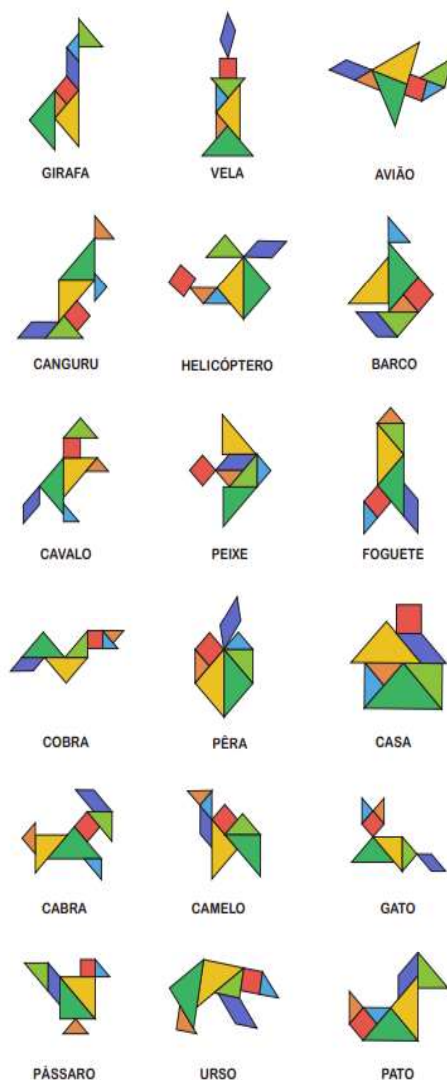


Fonte: Autor, 2023

Através da observação da definição, é notório que o Tangram quando inserido no âmbito escolar, auxilia o professor no ensino de matérias como por exemplo geometria e matemática, além de aguçar o raciocínio lógico. Características como essas são essenciais no desenvolvimento do aluno. É possível perceber que o Tangram pode ser utilizado como uma ferramenta pedagógica extremamente eficiente.

Segundo Ponso (2020) o Tangram traz em sua essência diversos outros benefícios para crianças, como por exemplo: classificação de formas, compreensão mais forte de relações espaciais, aquisição de um vocabulário mais preciso para manipulação de formas, aprendizado do significado de congruência, aprimorar habilidades de rotação espacial, entretenimento e diversão (o que afasta as mesmas de telas), potencialização das habilidades de pensamento crítico, desenvolvimento das habilidades de solução de problemas e incentivo à criatividade (PONSO, 2020). A Figura 6 ilustra alguns exemplos que podem ser montados.

Figura 6 - Formas geométricas com Tangram



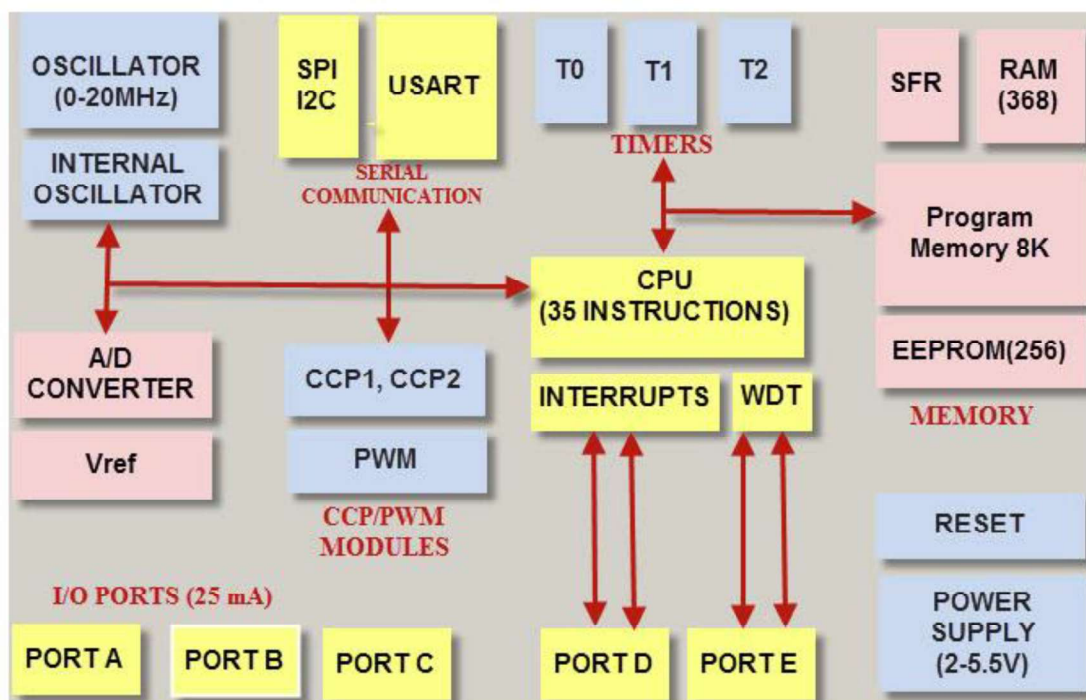
Fonte: Autor, 2023

As peças do jogo Tangram serão utilizadas em conjunto com o Robô TAN para auxiliar os professores no processo de ensino e aprendizagem, facilitando a explicação de novos conceitos para os alunos e contribuindo para o estudo das formas geométricas. Na seção seguinte, são descritos os componentes e *hardware* necessários para o desenvolvimento do robô utilizado no trabalho.

2.3. Microcontrolador

Segundo Cacpnrj (2023) os microcontroladores PIC (*Peripheral Interface Controller*) foram desenvolvidos pela empresa *Microchip Technology* no início da década de 1990, em resposta à crescente demanda por dispositivos eletrônicos programáveis compactos e fáceis de usar. O mesmo conta com uma estrutura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) e uma arquitetura Harvard, o que significa que ele tem memória separada para dados e instruções. Isso permite que o microcontrolador busque instruções e dados simultaneamente, o que o torna mais rápido e eficiente do que outros microcontroladores. Na Figura 7 é demonstrado um diagrama que ilustra a arquitetura de Harvard.

Figura 7 - Arquitetura de Harvard



Fonte: Sistema (2022)

Os microcontroladores PIC são agrupados em famílias, tais como PIC10, PIC12, PIC16 e PIC18, cada uma com suas próprias características em relação a instruções, memória,

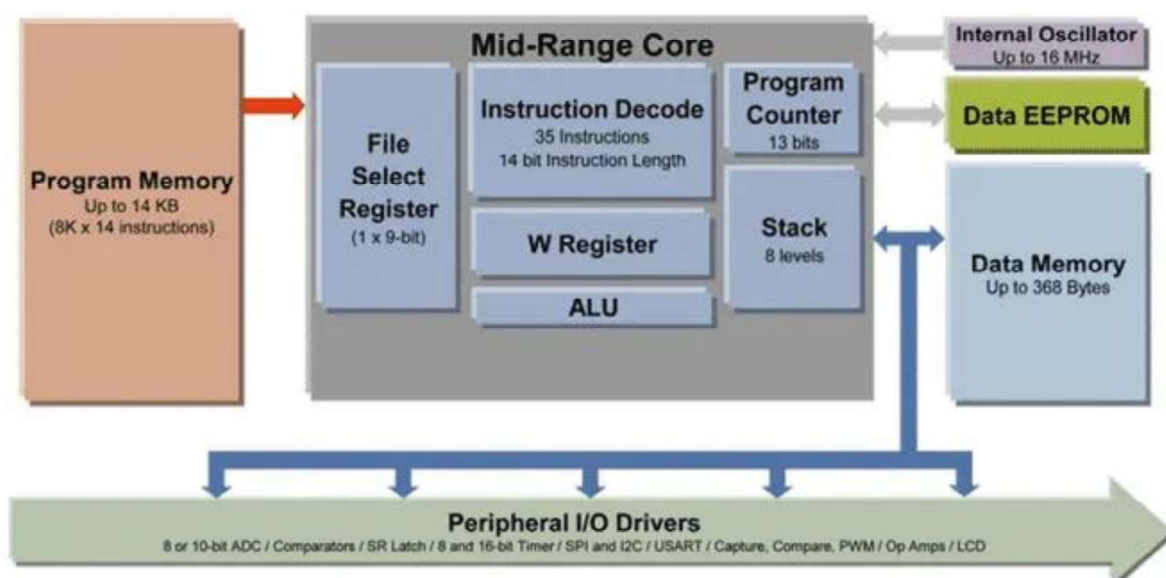
quantidade de pinos e entre outras funcionalidades. A acessibilidade de cada família está intimamente relacionada com o preço de fabricação e funcionalidades oferecidas. A Figura 8 ilustra uma imagem do dispositivo.

Figura 8 - Microcontrolador PIC16F876A



Fonte: Eletrônica, 2021.

O microcontrolador selecionado para este trabalho é o PIC16F876A, que faz parte da família PIC16, comumente conhecida como PIC *Mid-Range*. Esta família possui instruções de 14 bits e uma grande variedade de dispositivos com empacotamento que variam entre 6 a 64 pinos. O mesmo apresenta uma grande diversidade de periféricos como: SPI, I2C, UART, ADC, PWM, EEPROM entre outros. Apresenta 35 instruções de 14 bits e a memória de programa atinge 14KB. Através da Figura 9 é ilustrada a arquitetura dos PIC *Mid-Range* (EMBARCADOS, 2014).

Figura 9 - Arquitetura do PIC *Mid-Range*

Fonte: Embarcados (2014)

Com o PIC16F876A definido para o controle lógico do robô, é necessário estabelecer os demais componentes eletrônicos do *hardware*, na qual o item 2.2.3 e os demais subitens descrevem os principais componentes que serão utilizados no robô.

2.4. L293D

O dispositivo L293D segundo o *datasheet* do fabricante é um driver de quatro canais integrado monolítico de alta voltagem e corrente, projetado para aceitar níveis lógicos padrão DTL (*Diode Transistor Logic*) ou TTL (*Transistor Transistor Logic*) e acionar cargas indutivas como relés, solenoides, motores DC e de passo e transistores de potência de comutação. O dispositivo possui internamente diodos de supressão, ou seja, diodos que atuam na proteção de transientes, como por exemplo sobretensão transitória e surtos de tensão em linhas de energia elétrica e entre outros.

O mesmo atua em aplicações de comutação em frequência de até 5 kHz. A corrente de saída tem capacidade de 600 mA por canal e picos de até 1,2 A. O L293D é comumente utilizado na robótica e na indústria como ponte H, ou seja, utilizado para controle de motores DC seja ele contínuo ou de passo. Por analisar estas características no manual do fabricante o mesmo foi selecionado para este projeto. Na Figura 10 pode ser vista a ilustração do seu aspecto físico.

Figura 10 - Circuito integrado L293D



Fonte: Eletrônica (2021)

2.5. LM741

A série LM741 segundo o *datasheet* do fabricante é um amplificador operacional de propósito geral que apresenta um desempenho aprimorado e bastante utilizado nos padrões da indústria. Eles são destinados a uma ampla gama de aplicações analógicas. O alto ganho e a ampla faixa de tensão operacional fornecem um desempenho superior em aplicações de integrador, amplificador somador e geral de *feedback*.

Uma das principais características do LM741 é a sua entrada diferencial de alta impedância, que permite que o amplificador opere em circuitos de entrada que consomem pouca corrente, como sensores e transdutores. O mesmo segundo o fabricante possui algumas limitações, como por exemplo a sua largura de banda, tempo de subida e estabilidade, ainda sim o mesmo foi escolhido para este trabalho tendo em vista à sua disponibilidade, baixo custo e desempenho suficiente para muitas aplicações de eletrônica analógica. A Figura 11 ilustra o aspecto físico do dispositivo.

Figura 11 - Circuito integrado LM741



Fonte: Eletrônica (2021)

2.6. LM324

O circuito integrado LM324 segundo o *datasheet* do fabricante é um amplificador operacional quad (quatro) de baixo custo com entradas diferenciais. O mesmo possui diversas vantagens distintas em relação aos tipos de amplificadores operacionais convencionais em aplicações de fonte única. O LM324 pode operar com tensões de alimentação tão baixas quanto 3V ou tão altas quanto 32V com corrente quiescente baixa.

Uma das principais características do LM324 além de obter quatro amplificadores operacionais em seu encapsulamento é a sua faixa de entrada de modo comum que inclui fonte negativa, eliminando assim a necessidade de componentes de polarização externos em muitas aplicações. A Figura 12 ilustra o aspecto físico do dispositivo.

Figura 12 - Circuito Integrado LM324



Fonte: Eletrônica (2021)

2.7. TCRT5000

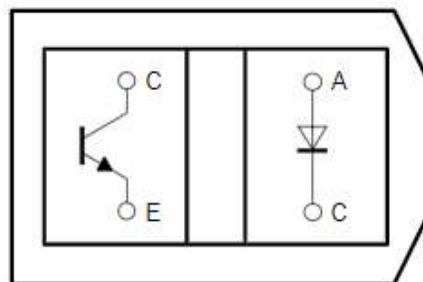
O TCRT5000 é amplamente utilizado em projetos de robótica que exigem ações como seguir linhas, detectar cores ou se aproximar de objetos que estejam no trajeto de um robô autônomo. Sua construção compacta coloca a fonte de luz emissora e o detector na mesma direção, permitindo a detecção da presença de objetos por meio do feixe IR (Infravermelho) reflexivo emitido por eles.

O comprimento de onda de operação do dispositivo é de 950 nm e seu detector consiste em um fototransistor, oferecendo uma sensibilidade adequada para diversas aplicações robóticas. Na Figura 13(a) é apresentado o TCRT5000 e na Figura 13(b) o respectivo diagrama esquemático.

Figura 13 – Dispositivo TCRT5000



a) TCRT5000



b) Diagrama esquemático

Fonte: Eletrônica (2021)

Apesar das amplas aplicações do TCRT5000, é importante considerar algumas particularidades inerentes ao sensor receptor. Devido à alta sensibilidade do sensor, o dispositivo é constantemente influenciado pela radiação solar e como consequência alterando o comportamento programado pelo projetista. Dependendo do ambiente em que o sensor é utilizado, a radiação pode variar em intensidade, o que pode requerer o condicionamento do sinal recebido pelo fototransistor usando técnicas de instrumentação.

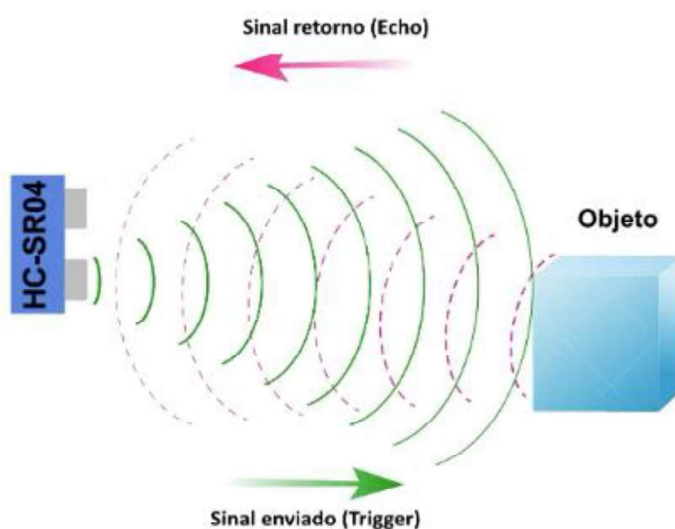
No Capítulo 3 será visto uma das maneiras de condicionar este sinal. Além disso, diferentemente de outros modelos, o receptor do TCRT5000 não possui uma camada que atua como filtro contra a radiação solar tão eficiente quanto outros modelos, o que pode limitar sua precisão em certos ambientes.

2.8.Ultrassônico HC-SR04

Segundo Thomsen (2011) o sensor ultrassônico HC-SR04 é um sensor de proximidade muito comum em projetos com Arduino, o mesmo permite realizar leituras de distâncias entre 2 cm a 4 m, com precisão de 3 mm. As suas características elétricas consistem em uma corrente de operação de 15 mA e tensão de operação de 5V.

O funcionamento do HC-SR04 segundo o *datasheet* se baseia no envio de sinais ultrassônicos pelo sensor, que aguarda o retorno (*echo*) do sinal, e com base no tempo entre o envio e o retorno, calcula a distância entre o sensor e o objeto detectado. Uma curiosidade sobre este tipo de funcionamento é que esta forma de detectar objetos é o mesmo utilizado pelos morcegos e golfinhos. Na Figura 14 pode ser vista a demonstração do funcionamento descrito pelo fabricante (THOMSEN, 2011).

Figura 14 - Funcionamento do sensor HC-SR04



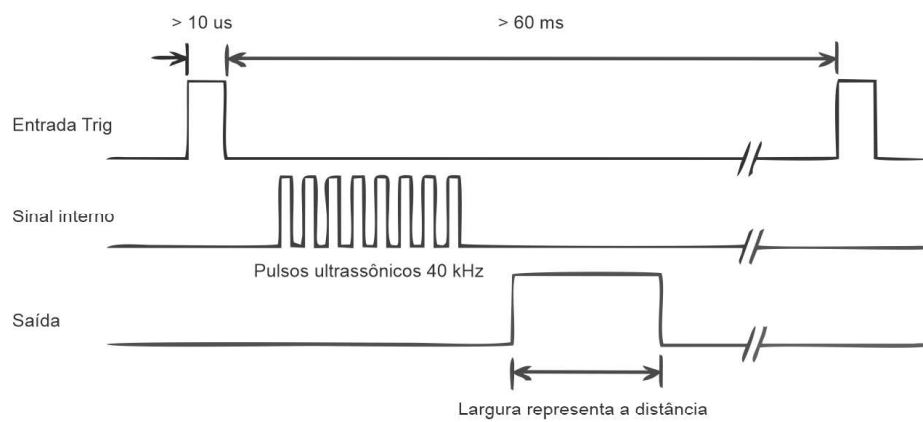
Fonte: Thomsen (2011)

Ao observar o comportamento do sensor HC-SR04 na Figura 14 é necessário entender como o mesmo funciona a níveis de sinais, essa etapa é extremamente importante para que seja possível implementar um algoritmo de controle para este dispositivo. Primeiramente é enviado um pulso de 10 μ s, indicando o início da transmissão de dados. Depois disso, são enviados 8 pulsos de 40 KHz e o sensor então irá aguardar o retorno desse sinal, logo, para determinar a distância entre o sensor e o objeto, o *datasheet* disponibiliza a seguinte equação:

$$d = \frac{echo \times V_{som}}{2} \quad (1)$$

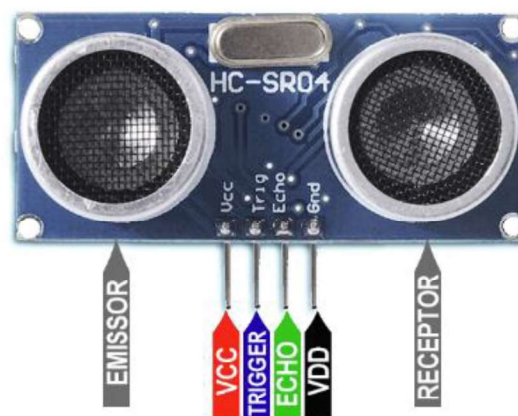
Onde d é a distância do sensor para o objeto, V_{som} é a velocidade do som no ar em m/s . Os sinais que o sensor HC-SR04 emite e recebe podem ser vistos através da Figura 15 e a disposição dos pinos podem ser vistos através da Figura 16.

Figura 15 - Sinais do sensor HC-SR04



Fonte: Autor, 2023.

Figura 16 - disposição dos Pinos do HC-SR04



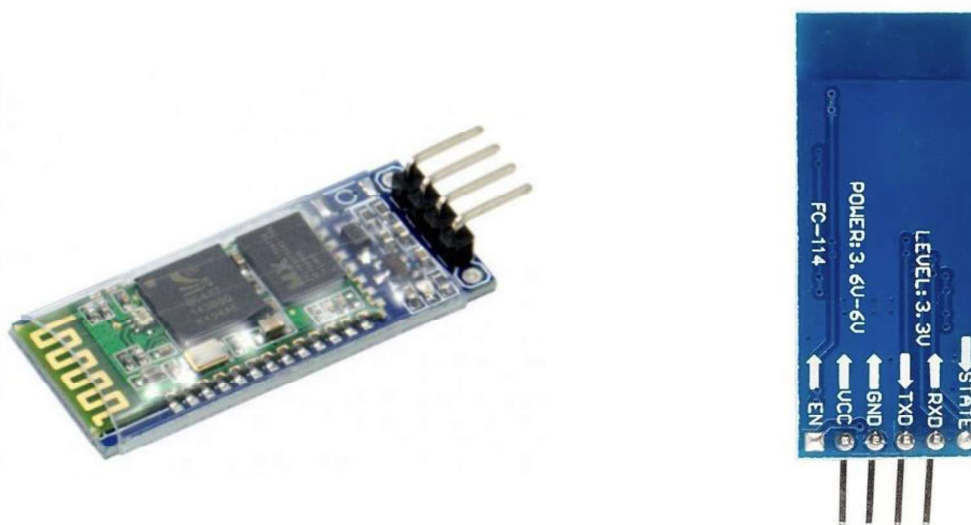
Fonte: Babos (2023)

2.9. Módulo *bluetooth* HC-06

Segundo Circuito (2023) o módulo *Bluetooth* HC-06 é um módulo para comunicação sem fio em pequeno alcance, capaz de enviar dados para outro dispositivo via *Bluetooth* com segurança e agilidade. O HC-06 trabalha apenas como *Slave*, esta característica é o que o difere do HC-05 que trabalha como *Slave/Master*.

O módulo HC-06 trabalha com protocolo *Bluetooth* v2.0+EDR na frequência de 2,4 GHz e modulação digital GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*). Ele é capaz de alcançar velocidade assíncrona de 2,1 Mbps/160 Kbps, e velocidade síncrona de 1 Mbps. Sua comunicação é feita via serial e pode ser alimentado com 3,3 ou 5V, sendo perfeito para aplicações que utilizam plataformas Arduino ou microcontroladores PIC e entre outros modelos. Na Figura 17(a) é ilustrado o aspecto físico do HC-06 e na Figura 17(b) a disposição dos pinos. (CIRCUITO, 2023)

Figura 17 - Módulo *Bluetooth*



a) Visão frontal do HC-05

b) Identificação dos pinos

Fonte: Circuito (2023)

Uma característica importante que difere o módulo HC-06 do HC-05 também está nos pinos que podem ser vistos na Figura 17(b), é possível observar que o pino de EN (*Enable*) e o pino de STATE (*Status*) não são implementados, isso se dá pelo fato de que esses pinos só dizem respeito ao módulo que atua como *Master*. A comunicação serial se dá através dos pinos TX (*Transmitter*) e RX (*Receiver*). Desta forma o mesmo foi selecionado para este projeto, pois o Robô TAN nesta versão apenas recebe instruções e as executa.

Uma observação importante sobre esse dispositivo é que geralmente os projetistas costumam ligar o RX do módulo diretamente no TX do microcontrolador, nesta situação, se a saída do respectivo pino TX do microcontrolador em questão for TTL, ou seja 5V isto pode a longo prazo danificar o módulo, pois o fabricante aconselha que entre essa ligação haja um divisor de tensão para 3,3V e dessa forma não haverá a longo prazo dano algum ao dispositivo. Porém, se o microcontrolador trabalha com níveis de saída de 3,3V como por exemplo o ESP32, não é necessário o divisor.

2.10. Bateria de lítio 18650 12 V 220 mAh

O *pack* de baterias UR18650 é um conjunto de células de íon-lítio recarregáveis com dimensões de 18 mm de diâmetro e 65 mm de comprimento. Essas baterias são amplamente utilizadas em aplicações que necessitem de uma fonte de energia independente da rede elétrica como por exemplo veículos elétricos, lanternas, *overboard* e etc.

Esse modelo de bateria possui uma tensão nominal de 12,4 V e uma corrente de 2400 mAh, essas características fazem com que a mesma supra ao sistema uma alta demanda de corrente em um curto intervalo de tempo sem perder a eficiência. Em consumo estável e contínuo a bateria pode ficar algumas horas fornecendo energia para o sistema.

É importante, todavia tomar alguns cuidados ao manusear esse tipo de bateria, pois a mesma não pode atingir níveis críticos de carga além da que o fabricante aconselha, pois, o excesso de carga pode levar a bateria a explosão ou danos internos por aquecimento, diminuindo assim a sua vida útil. O contrário também é válido, descarregar a bateria completamente pode danificá-la.

Para manter a integridade da bateria, o modelo descrito conta com um circuito de proteção de carga chamado de BMS (*Battery Management System*) o circuito em questão é usado para proteger baterias de íons de lítio de danos e problemas de segurança, monitorando a carga, a descarga e a temperatura. O BMS garante que a bateria esteja funcionando dentro de seus limites de segurança e fornece várias funções, como proteção contra sobrecarga, descarga excessiva, curto-circuito e superaquecimento. A Figura 18 ilustra o aspecto físico da bateria.

Figura 18 - Pack de bateria UR18650 com BMS



Fonte: Ev-Baterias (2022)

2.11. Conversor DC-DC XL6019

Os conversores DC-DC são dispositivos que permitem a conversão de uma tensão contínua (DC) para outra tensão com valor mais baixo ou mais alto, dependendo da topologia escolhida. Esses conversores são amplamente utilizados em sistemas eletrônicos para fornecer uma tensão estável e adequada para alimentação de componentes e circuitos.

Existem duas principais topologias de conversores DC-DC: *Step-up* (elevador) e *Step-down* (abaixador). O *Step-up* é bastante utilizado para aumentar a tensão de entrada para uma tensão de saída mais alta, o mesmo também é conhecido como *Boost*. O *Step-down* é utilizado para reduzir a tensão de entrada para uma tensão de saída mais baixa, o mesmo também é conhecido como *Buck* (GUSE, 2022).

O seu funcionamento é bastante semelhante a uma fonte chaveada, pois utiliza modulação por largura de pulso (PWM) para chavear um transistor que atua como interruptor em alta frequência, dessa forma abaixando e aumentando a tensão de saída sem muitas perdas quando comparado a reguladores lineares. O conversor DC-DC para este projeto é essencial para reduzir a tensão da bateria de 12V para a tensão TTL, que é a tensão nominal de alimentação do PIC16F876A e demais circuitos do *hardware*. A Figura 19 ilustra o dispositivo (GUSE, 2022).

Figura 19 - Conversor DC-DC XL6019



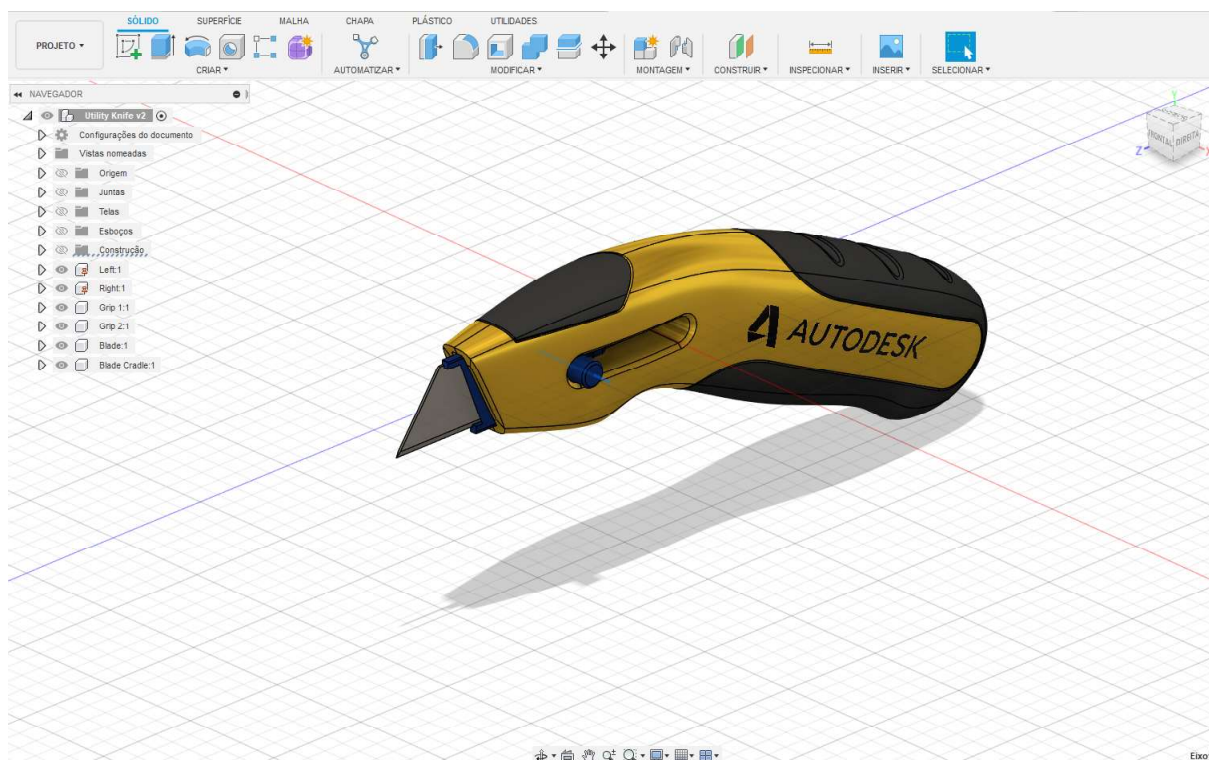
Fonte: Soluções (2023)

2.12. Modelagem 3D

A modelagem 3D é uma técnica que tem ganhado cada vez mais espaço em diversas áreas, permitindo a criação de representações gráficas extremamente detalhadas e realistas. Seu surgimento teve origem nos anos 60, quando dois professores universitários começaram a desenvolver gráficos em computadores. Desde então, a tecnologia tem evoluído rapidamente e se tornou amplamente utilizada em áreas como arquitetura, engenharia, games e indústria. (MUNDO, 2019)

A milhares de anos, os seres humanos têm procurado maneiras de representar a realidade por meio de pinturas, desenhos e esculturas. O desenho em duas dimensões (2D) é uma técnica que existe desde a pré-história e, apesar de limitado em termos de profundidade, ainda é utilizado por sua praticidade e capacidade de pré-visualização de ideias que podem vir a ter uma representação física (MUNDO, 2019).

Com o advento da modelagem 3D na computação gráfica, surgiram muitas possibilidades para o desenvolvimento de projetos. Agora, é possível visualizar desenhos em 3D, o que significa que projetos inicialmente em 2D podem ser vistos de múltiplos ângulos. Com o avanço da tecnologia, surgiram diversos programas que permitem que o usuário modele objetos baseados no mundo real e crie novos cenários. A Figura 20 ilustra uma modelagem exemplo fornecida pelo programa *Fusion 360*.

Figura 20 - Modelagem exemplo do *Fusion 360*

Fonte: Autodesk (2023)

Após pesquisas realizadas sobre diversos programas de modelagem 3D, o Fusion 360 foi escolhido para modelar o Robô TAN. Embora não seja gratuito, é possível usar a versão para estudantes disponível no site da Autodesk. Além de permitir a modelagem de objetos em 3D a partir de desenhos em 2D.

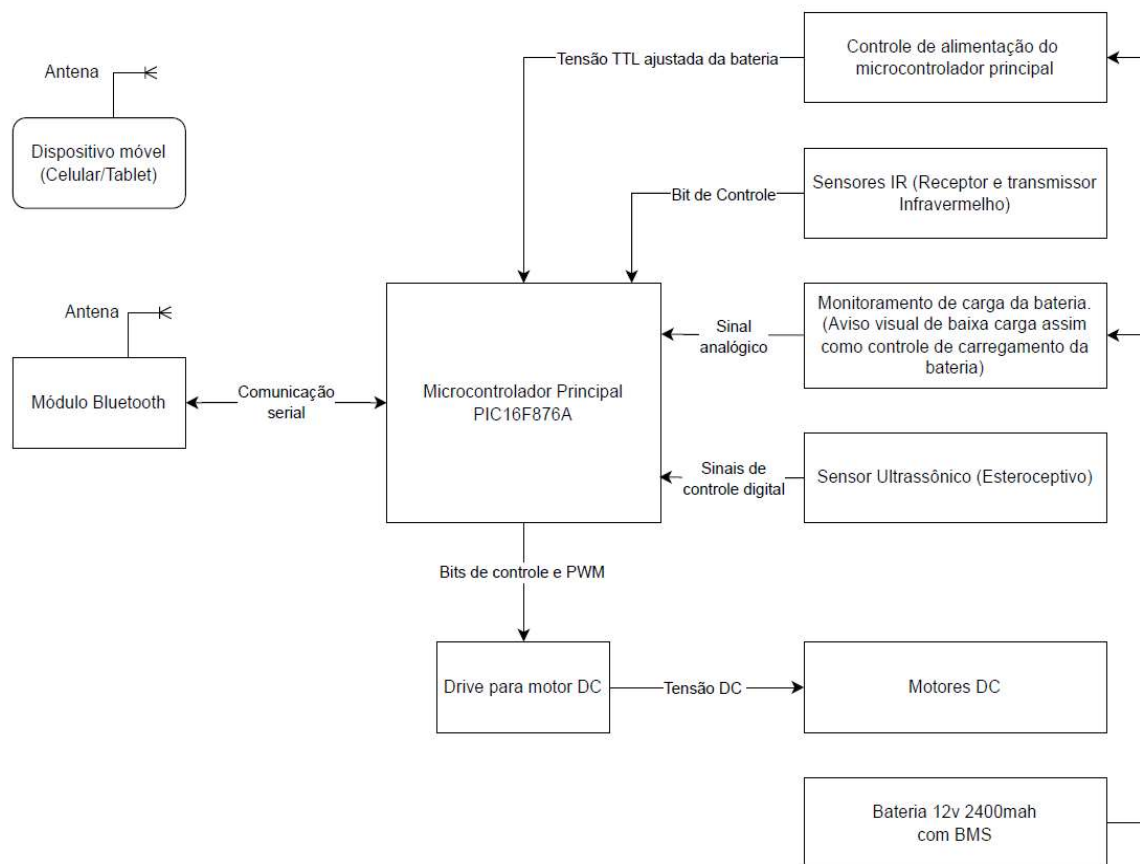
O *Fusion 360* possibilita que o projetista monte as peças modeladas para visualizar o projeto final e fornece testes de estresse e ferramentas para criação de vistas ortográficas. Além dessas funcionalidades o mesmo possui sincronização de projetos com a nuvem da Autodesk, ou seja, o usuário não precisa se preocupar em salvar o projeto localmente, pois o mesmo será salvo na nuvem e poderá ser acessado em qualquer local do mundo.

3. PROJETO DO ROBÔ TAN

Este Capítulo tem como foco o desenvolvimento do robô TAN com relação ao seu projeto de *hardware*, *software* e modelagem 3D do robô. As informações relevantes para o entendimento do desenvolvimento do projeto serão apresentadas. O Capítulo 3 inicia na Seção 3.1 com o projeto de *hardware* do sistema.

3.1. Projeto de *Hardware*

O Robô TAN é um projeto idealizado e implementado com base no trabalho desenvolvido por (DIAS, 2020), levando em consideração as funcionalidades dispostas pelo robô da autora. A ideia principal nesta seção é detalhar cada etapa de projeto para construção do *hardware* do Robô TAN. Para isso, com base nos dispositivos e componentes eletrônicos vistos no Capítulo 2 foi criado um diagrama em blocos de toda a arquitetura do novo *hardware* do robô ilustrado através da Figura 21. O diagrama denota todas as partes que o compõem e como elas se relacionam entre si.

Figura 21 - Diagrama em blocos do *hardware*

Fonte: Autor, 2023

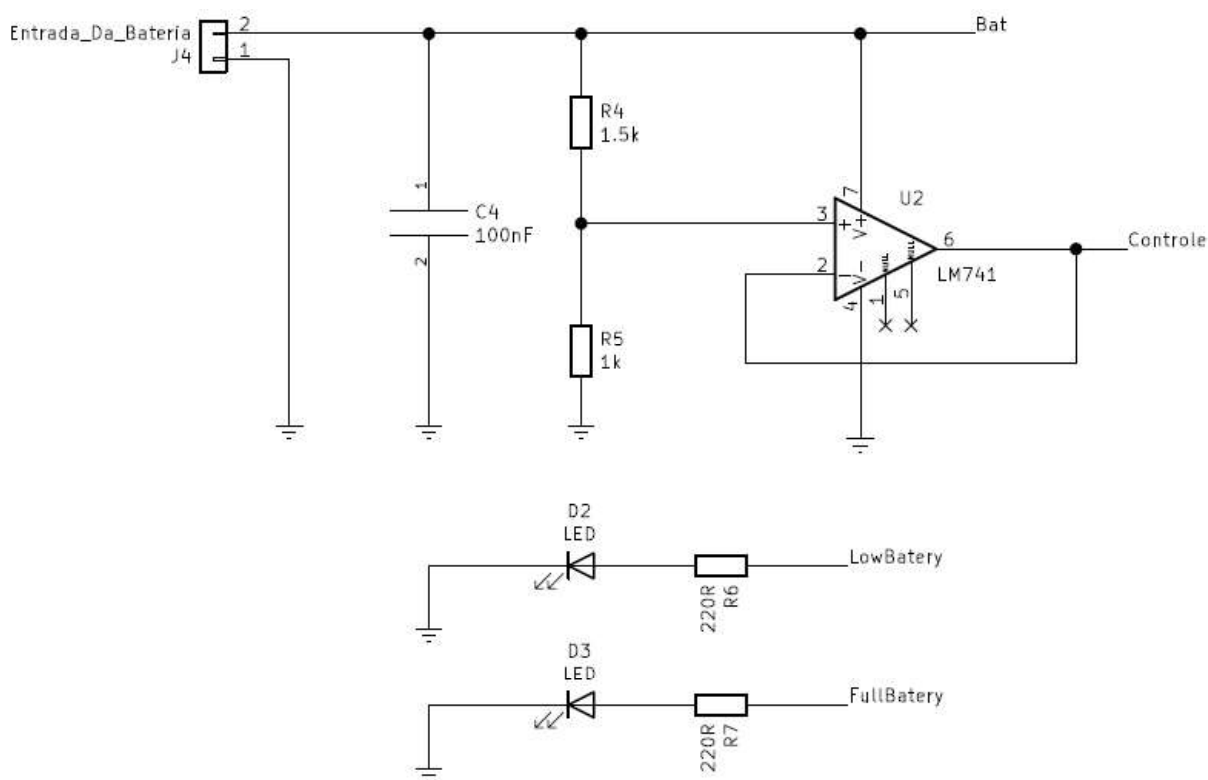
O diagrama em blocos ilustrado pela Figura 21 representa de forma abstrata a técnica de dividir por setores as funcionalidades de cada etapa do *hardware* do Robô TAN. Cada bloco é composto por uma eletrônica desenvolvida especificamente para otimizar o desempenho do robô. Por meio do PIC16F876A, os comandos são transmitidos de maneira estratégica com o uso de interrupções, visando melhorar significativamente a comunicação entre os blocos e garantir a execução eficiente das tarefas.

Além disso, foi empregada uma metodologia conhecida como *low power* em todo o sistema para operar com o menor consumo de energia possível, sem comprometer a performance do robô. Essa abordagem resultou em um *hardware* capaz de extrair todo o potencial da bateria sem oferecer riscos a mesma, e dessa forma aumentando a autonomia do sistema como um todo. Ademais, a partir da seção 3.1.1 será discutido com maior riqueza de detalhes os blocos que necessitam de uma maior atenção.

3.1.1. Monitoramento de carga da bateria

O monitoramento da tensão da bateria é um processo essencial para garantir a eficiência e a durabilidade da mesma. A Figura 18 ilustra uma bateria com tensão nominal de 12,4 V e um circuito de proteção BMS que garante que a tensão permaneça dentro dos limites seguros. Para um monitoramento mais preciso e eficaz, é necessário implementar um sistema capaz de fornecer variação da tensão para o PIC16F876A ilustrado na Figura 8. Esse sistema de monitoramento pode ser realizado por meio de um circuito específico. O esquema é ilustrado através da Figura 22.

Figura 22 - Circuito de leitura da tensão da bateria



Fonte: Autor, 2023

Além de fornecer a leitura da tensão em tempo real, o circuito ilustrado pela Figura 22 realiza a conversão da tensão de 12,4 V para um máximo de 5V, adequando-se à entrada analógica do microcontrolador PIC. Esse processo é importante para evitar danos ao conversor analógico e garantir o correto funcionamento do sistema de monitoramento.

O circuito é composto por um amplificador operacional LM741 ilustrado na Figura 11, em uma topologia *buffer* com divisor resistivo na sua entrada não inversora. Para calcular os valores dos resistores R4 e R5, é necessário considerar o divisor de tensão formado entre eles,

como descrito na Equação 2. Com isso é possível garantir que a tensão de saída do circuito esteja dentro dos limites suportados pelo microcontrolador.

$$V_{AN} = \frac{R5}{R5 + R4} V_{BAT} \quad (2)$$

Sendo V_{AN} a tensão analógica na saída do circuito, e V_{BAT} a tensão da bateria. Para facilitar os cálculos, pode-se arbitrar R5 para um valor comercial igual a 1000 Ω . Rearranjando a Equação 2 pode-se encontrar o valor de R4 através da Equação 3.

$$R4 = \frac{R5 \times V_{BAT}}{V_{AN}} - R5 \quad (3)$$

Substituindo os valores na Equação 3, encontra-se:

$$R4 = \left(\frac{1 \times 10^3 \times 12}{5} \right) - 1 \times 10^3 = 1400 \Omega \quad (4)$$

Logo, o valor de R4 pode ser atribuído a um valor de resistência comercial mais próximo do resultado obtido através da Equação 4, atribuindo-se assim R4 igual a. 1500 Ω . Substituindo os valores de R5 e R4 na Equação 2, é possível comprovar que a tensão de saída do circuito não ultrapassa os limites de 5V, como demonstrado na Equação 5.

$$V_{AN} = \frac{1 \times 10^3 \times 12}{2,5 \times 10^3} = 4,8 V \quad (5)$$

A tensão da bateria pode ser calculada através da Equação 6 isolando V_{BAT} na Equação 2.

$$V_{BAT} = \frac{1 \times 10^3 + 1,5 \times 10^3}{1 \times 10^3} = 12,5 V \quad (6)$$

Após converter a tensão da bateria para um valor adequado, o sistema através dos *leds* D2 e D3 mostram de maneira visual os limites estabelecidos para realizar a carga da bateria. O circuito também utiliza um capacitor de 100nF em paralelo com a alimentação do LM741 para desacoplamento e evitar *Spike* (ruídos oriundos de fontes) na alimentação.

3.1.2. Sistema anticolisão frontal

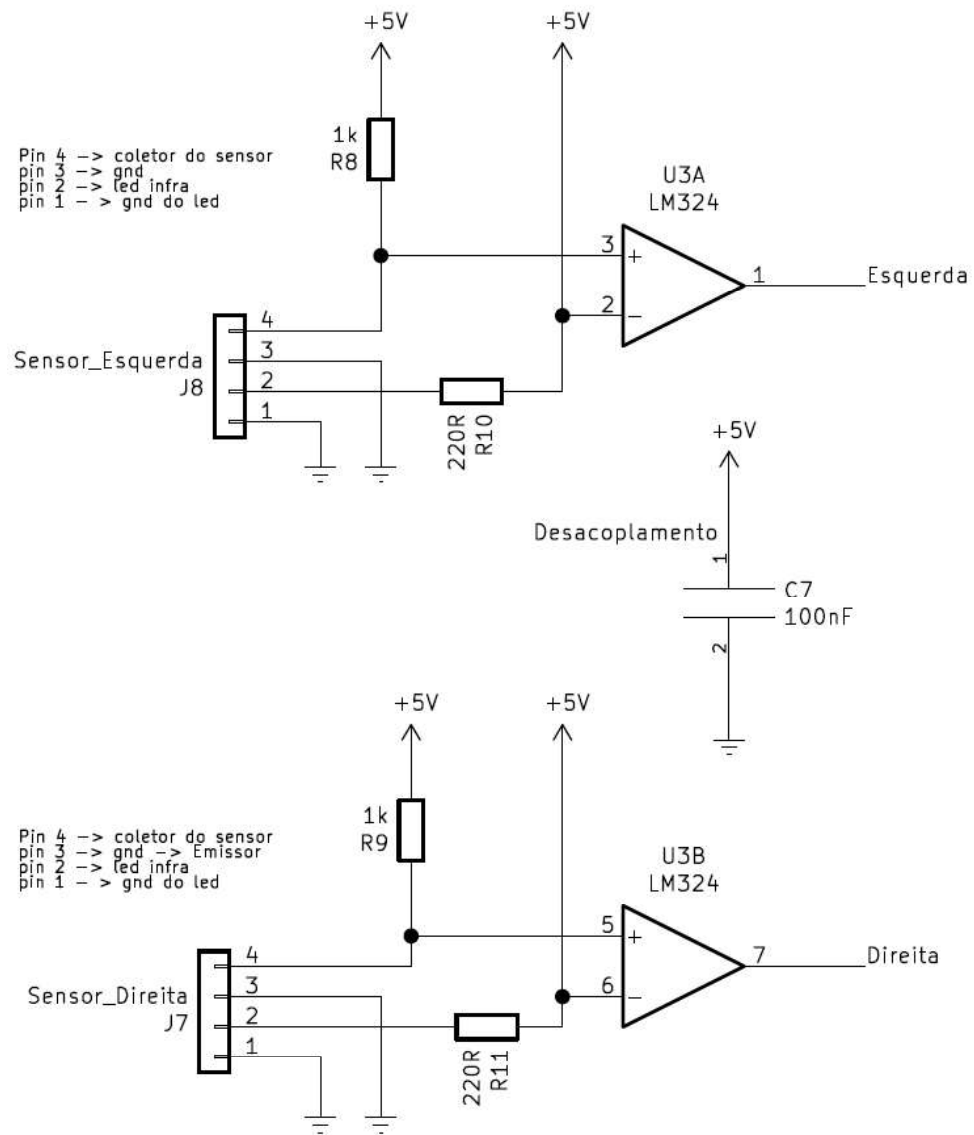
O sensor ultrassônico HC-SR04 ilustrado através da Figura 16 é uma importante ferramenta para a função autônoma do Robô TAN, conforme descrito no Capítulo 2. Ele vai ser utilizado para evitar colisões frontais do robô quando este trabalhar na função autônoma. Para aprimorar essa funcionalidade no trabalho de (DIAS, 2020), foi implementado um sistema de prioridades no PIC16F876A de forma que sempre que o sinal ultrassônico é detectado pelo sensor, uma interrupção de alta prioridade é acionada, direcionando o processamento para tratar a exceção. Com essa melhoria, foi possível aumentar consideravelmente a eficiência da resposta do sistema ao sensor.

3.1.3. Sistema anticolisão laterais e seguidor de linha

Os sensores infravermelhos ilustrados através da Figura 13(a) e 13(b) desempenham um papel fundamental em duas das três principais funcionalidades do Robô TAN. Os mesmos auxiliam o sensor HC-SR04 na detecção de colisões laterais, bem como atuar na função de seguidor de linha.

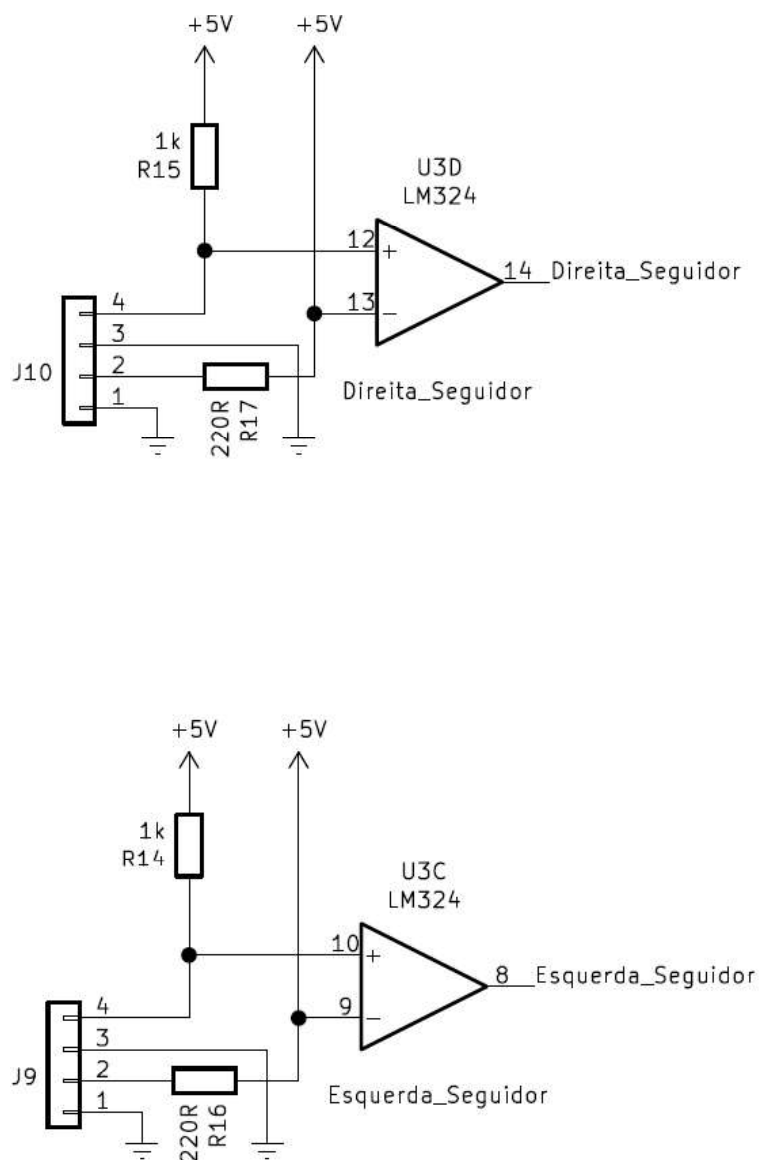
Os sinais obtidos através do coletor do sensor receptor infravermelho é analógico, ou seja, varia entre 0 e 5V, variação essa que está de acordo com os limites estabelecidos pelo fabricante do microcontrolador PIC. No entanto, com objetivo de obter maior controle sobre a variação de tensão, ajuste de sensibilidade e maior facilidade de programação, foi desenvolvido um circuito que transforma o sinal analógico em digital de um bit. O esquema do circuito de conversão para os sensores de colisões laterais é ilustrado através da Figura 23. E os de seguidor de linha ilustrado através da Figura 24.

Figura 23 - Circuito de conversão para os sensores de colisões laterais



Fonte: Autor, 2023

Figura 24 - Circuito de conversão para os sensores do seguidor de linha



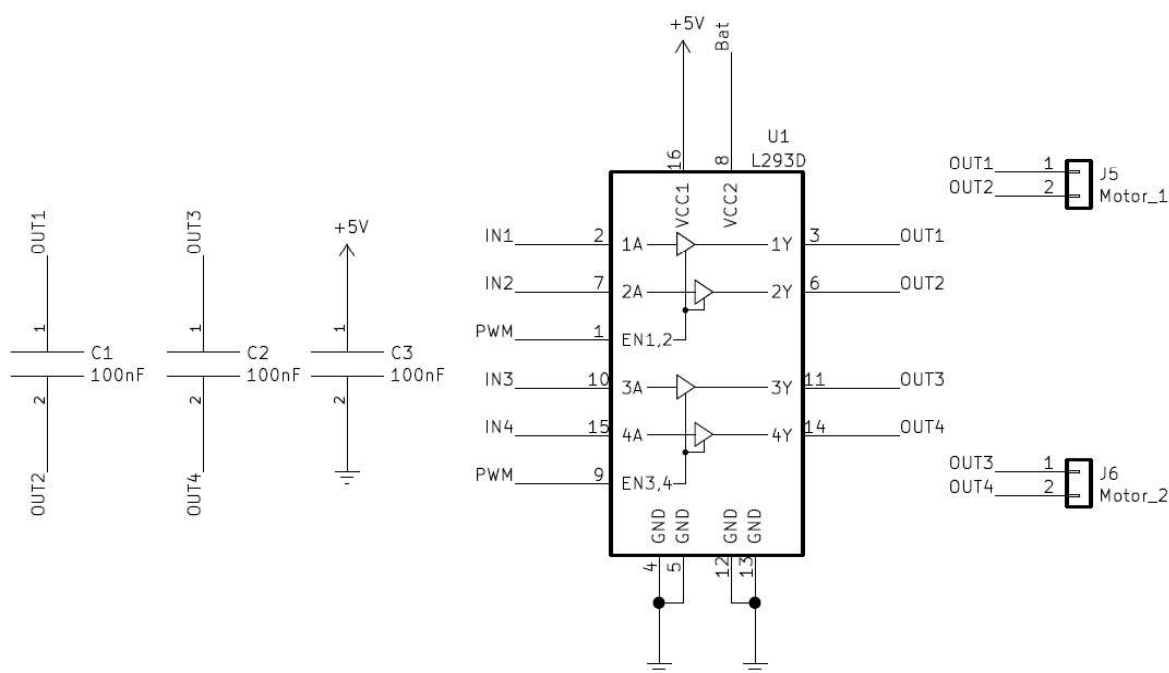
Fonte: Autor, 2023

Os resistores R14, R15, R9 e R8 são responsáveis pelo ajuste da sensibilidade no coletor do sensor. Para obter o valor ideal de resistência que evite interpretações errôneas por parte do microcontrolador, foram realizados uma série de testes práticos utilizando um trimpot multivoltas. Esses testes foram feitos em diferentes ambientes expostos à radiação solar, a fim de obter diferentes valores de resistência e encontrar aquele que se adapta melhor a todos os ambientes. Dessa forma, é possível garantir que o microcontrolador realize uma leitura precisa e confiável dos dados fornecidos pelo sensor.

3.1.4. Drive para motor DC

O circuito integrado L293D ilustrado através da Figura 10 atua diretamente no controle de potência dos motores, e o esquema elétrico do mesmo é ilustrado na Figura 25.

Figura 25 - Driver de controle dos motores L293D



Fonte: Autor, 2023

O PIC16F876A envia bits de controle e PWM para controlar a direção dos motores de forma individual, permitindo que o robô faça curvas de maneira suave e gire no próprio eixo. Além disso, o PWM possibilita o controle direto da velocidade do robô, modificando a largura do pulso do sinal enviado para os motores.

Entretanto, é importante notar que o esquema da Figura 25 mostra que o sinal PWM é comum para ambos os motores, o que impede um controle de velocidade distinto para cada motor. Isso se deve às limitações do microcontrolador, pois o sinal de PWM é gerado através de interrupções a nível de *hardware*, e a quantidade limitada de interrupções disponíveis no microcontrolador impede o uso de PWM individuais para cada motor, pois esta técnica é usada para melhorar a resposta do robô à algumas outras funcionalidades.

3.1.5. Controle de alimentação do PIC16F876A

Para alimentar o microcontrolador, é necessário reduzir a tensão nominal da bateria de 12,4 V para 5 V. A utilização de reguladores lineares, como por exemplo o 7805, é a forma mais convencional de baixar a tensão DC, mas gera uma perda de energia considerável, que não é aproveitada para alimentar a carga, mas sim dissipada em forma de calor.

Além disso, os reguladores lineares possuem um problema de corrente quiescente, que pode consumir vários mA, em outras palavras a corrente quiescente nada mais é que a energia consumida apenas para que o regulador esteja alimentado o que não é ideal para projetos alimentados por baterias ou fontes de energia limitadas.

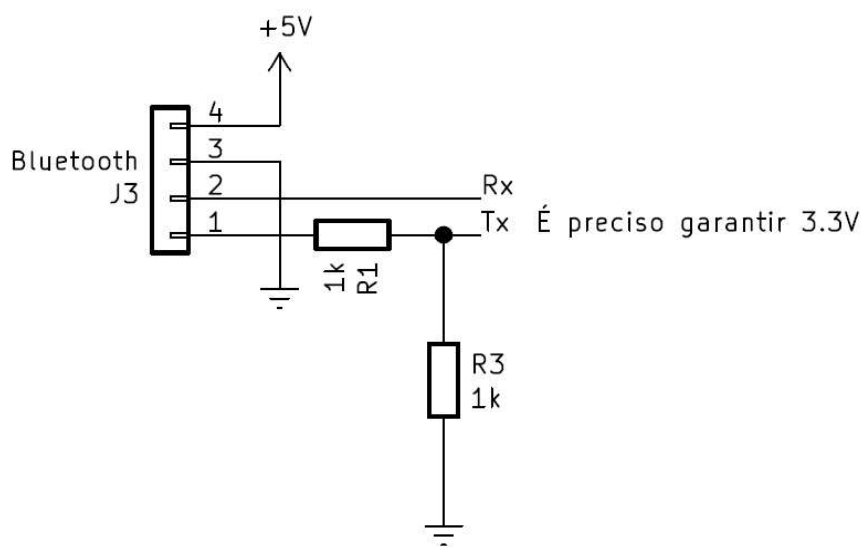
Diante do exposto, o conversor DC-DC ilustrado na Figura 18 demonstrou-se ser uma das melhores opções para baixar a tensão da bateria, pois a corrente quiescente do mesmo é baixa, e além disso possui baixo desperdício de energia pois não se trata de um conversor linear, e sim chaveado. O mesmo é responsável por alimentar além do microcontrolador os circuitos de colisões laterais e os sensores responsáveis pelo controle do seguidor de linha bem como diversos outros setores que necessitam de tensão TTL.

3.1.6. Sistema de comunicação do aplicativo com o *hardware*

O módulo *bluetooth* ilustrado pela da Figura 17 é o que permite a interação do usuário com o robô. A implementação da comunicação serial entre o aplicativo *mobile* e o microcontrolador se dá através de uma interrupção da UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Quando o módulo *Bluetooth* recebe uma mensagem, o microcontrolador gera interrupção para tratar a mensagem, o que torna a comunicação eficiente e com baixa latência e ruído.

O sistema de comunicação serial precisa além de ser tolerante a ruídos e latência, ser também tolerante a falhas, desta forma, o microcontrolador realiza uma varredura antes mesmo que o módulo entre em operação, verificando se o mesmo está presente no sistema e se está apto para iniciar a comunicação, caso contrário o microcontrolador não entra em *stand-by*. Esse processo de inicialização torna o sistema ainda mais robusto e confiável. Na Figura 26 é ilustrado o esquema utilizado para realizar a comunicação.

Figura 26 - Esquema elétrico da comunicação serial



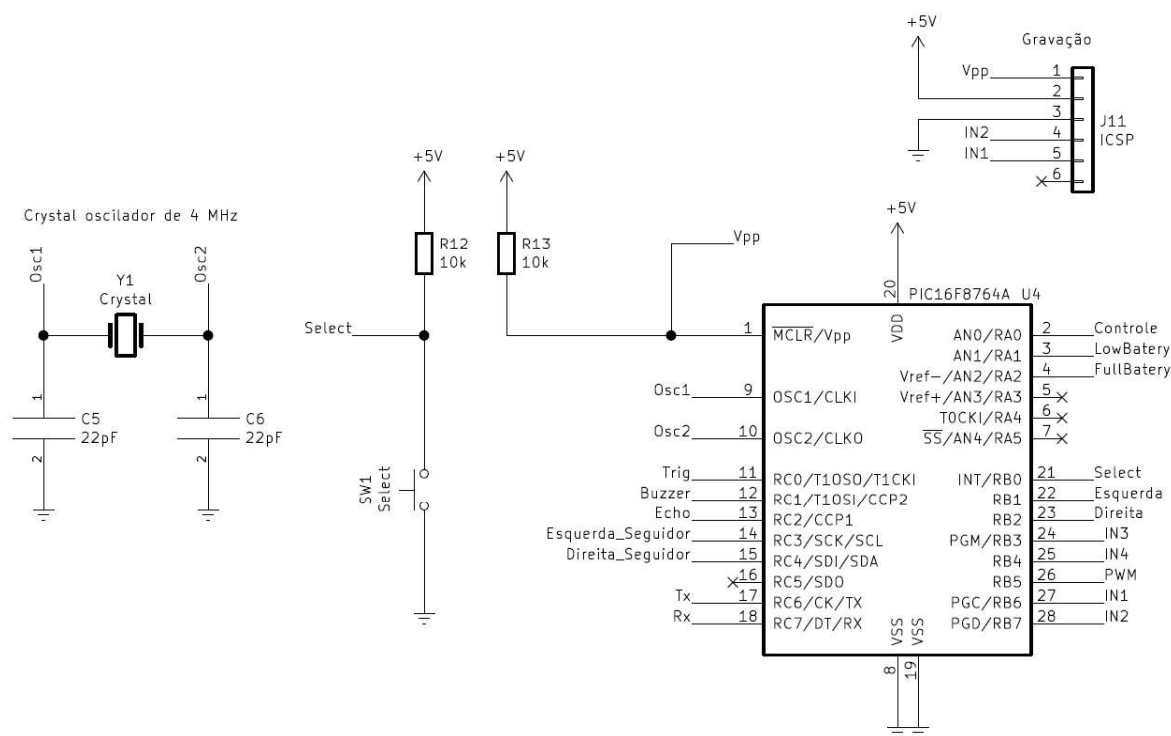
Fonte: Autor, 2023

Note que na no esquema da Figura 26 é possível observar um divisor de tensão no pino referente ao Tx do módulo. O divisor de tensão em questão é se trata de uma orientação do fabricante como descrito na seção 2.8.

3.1.7. Microcontrolador PIC16F876A

O microcontrolador ilustrado através da Figura 8 é o principal bloco do sistema, onde ocorre o controle de todos os demais periféricos. Na Figura 27 é ilustrado o esquema elétrico do microcontrolador 16F876A.

Figura 27 - Esquema elétrico do microcontrolador 16F876A



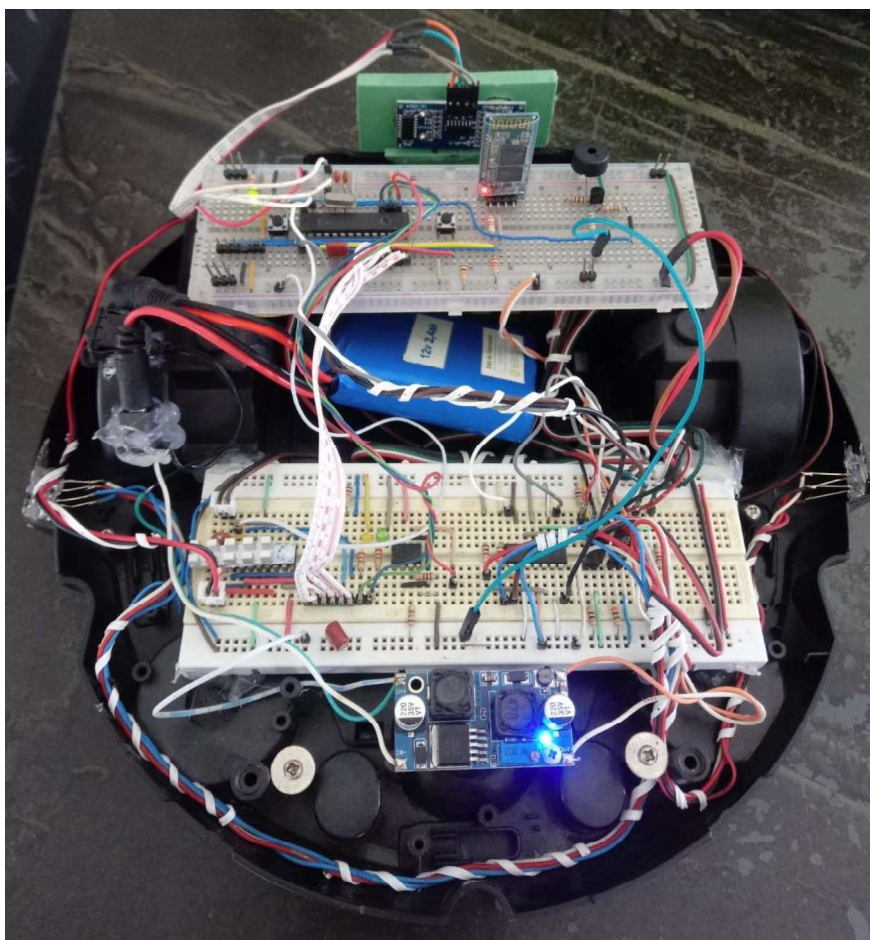
Fonte: Autor, 2023

A Figura 27 ilustra o esquema do microcontrolador com a montagem mínima necessária para seu correto funcionamento de acordo com as especificações do fabricante. É notável que a maioria das portas de entrada e saída estão sendo utilizadas, indicando que o microcontrolador foi escolhido corretamente para o projeto, pois é importante utilizar todo o potencial disponível. No entanto, ainda há portas ociosas, o que possibilita futuras atualizações e expansões no projeto.

3.2. Protótipo do Robô TAN

O protótipo do Robô TAN é fundamental para a implementação de todas as funcionalidades oferecidas pelo projeto. Utilizando o diagrama em blocos ilustrado pela Figura 21 como base, o *hardware* foi montado utilizando *protoboard* para facilitar a manutenção, atualização e correção de problemas. A Figura 28 é uma ilustração do protótipo desenvolvido e validado nessa parte do projeto.

Figura - 28 Protótipo do Robô TAN 3.0



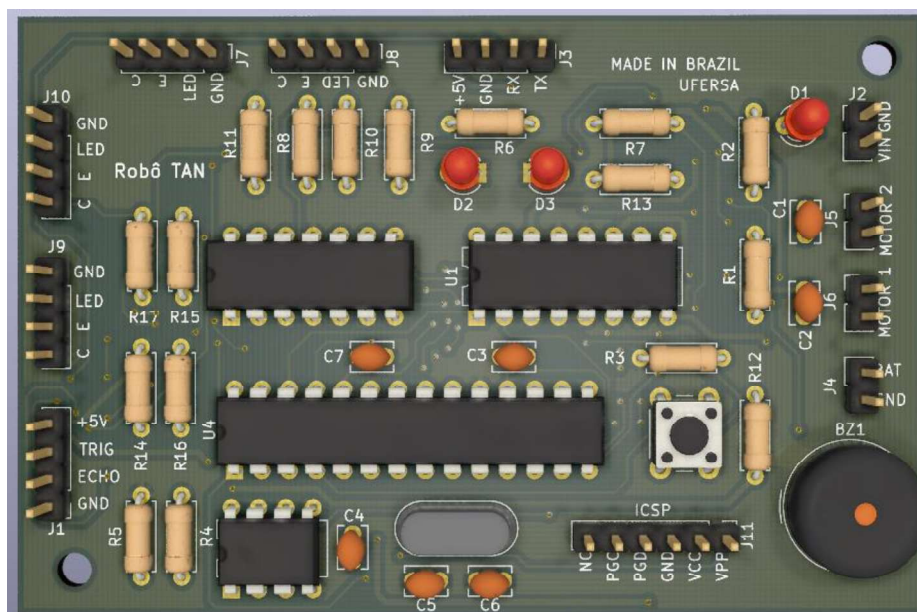
Fonte: Autor, 2023

Os componentes eletrônicos utilizados para a montagem do protótipo em sua maioria foram retirados de lixo eletrônico. Além disso, a estrutura física que contém os motores também é oriunda de sucata. Após a validação do protótipo, partiu-se para a próxima etapa do projeto, o *layout* da placa de circuito impresso.

3.3. *Layout* de circuito impresso

Após os testes realizados utilizando as *protoboards* para validação do *hardware*, é necessário a confecção de uma placa de circuito impresso do mesmo. As vantagens de se obter uma placa de circuito impresso são inúmeras quando comparadas à projetos no campo de prototipação, como por exemplo, reduzir o ruído elétrico, melhor organização dos componentes, redução no tamanho dos circuitos, reduz a interferência eletromagnética, aumenta a eficiência e permite a reprodução em massa. Com base nisso, utilizando o *software KiCAD* para modelagem de *layout* de circuitos impressos a Figura 29 ilustra o projeto.

Figura 29 - *Layout* de circuito impresso

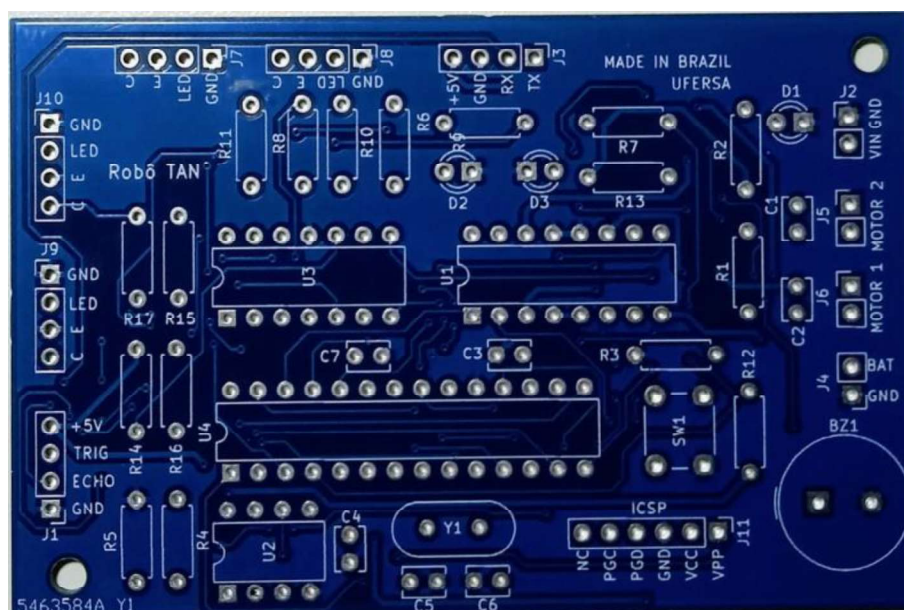


Fonte: Autor, 2023

O projeto do circuito impresso ilustrado pela Figura 29 possui dimensões 85 x 55 mm. As dimensões da placa é requisito do projeto, pois a mesma deverá ser acoplada em uma modelagem 3D do robô de dimensões específicas como será abordado no Capítulo 3. Para atender a este requisito, a organização dos componentes na placa é um dos fatores primordiais para diminuir as dimensões e evitar problemas com trilhas muito longas.

O segundo fator está diretamente ligado ao projeto da placa em si, que utiliza uma metodologia chamada de dupla face. A placa possui proteção contra ruído elétrico e interferência eletromagnética chamada de *power plane*. Esta técnica além de atuar contra ruídos, também auxilia a fornecer uma rede de alimentação estável e eficiente, além de minimizar as quedas de tensão e aumentar a eficiência energética. A Figura 30 ilustra os aspectos físicos da placa.

Figura 30 - Placa de circuito impresso pós fabricação



Fonte: Autor, 2023

A validação do projeto de circuito impresso ilustrado através da Figura 30 será descrita no Capítulo 4, e a montagem dos componentes na placa e na modelagem 3D será ilustrada na Seção 3.4.

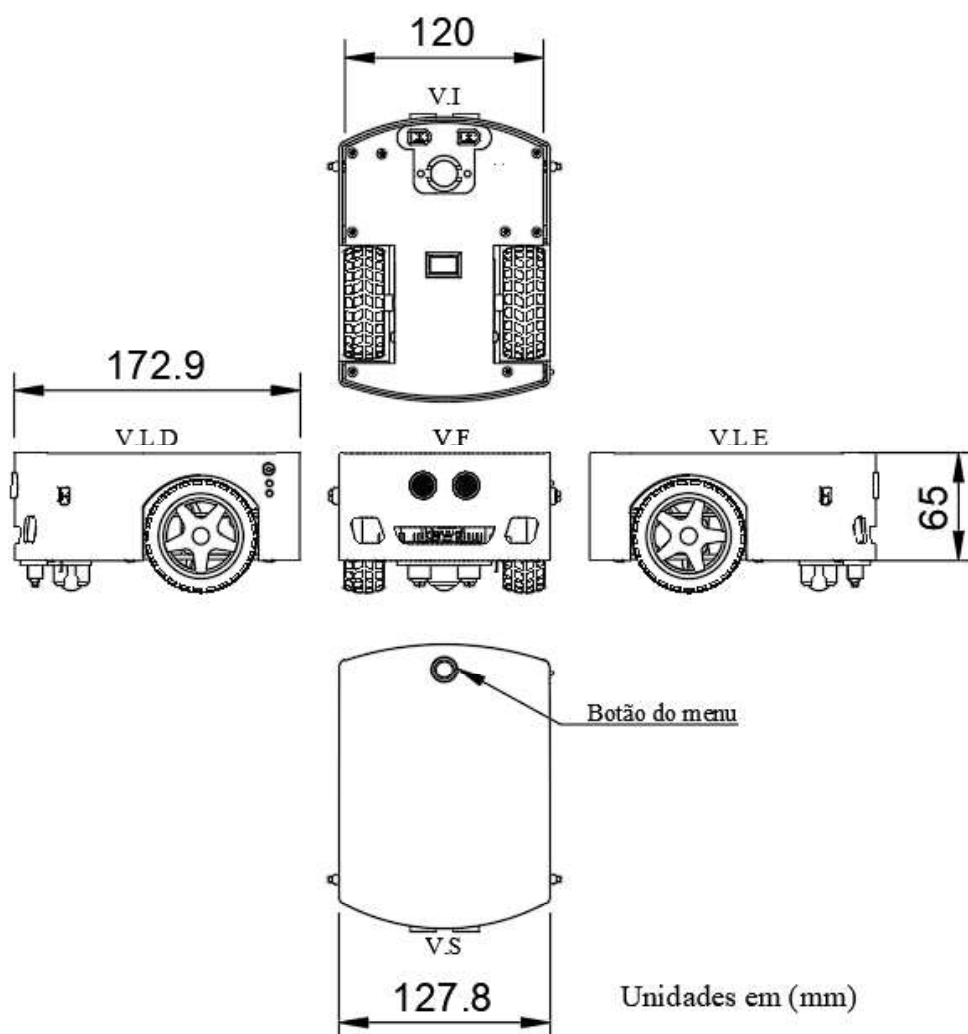
3.4. Modelagem 3D do robô TAN

O *software* de modelagem 3D descrito na Seção 2.3, possibilitou a criação de uma nova estrutura física para o Robô TAN. Diferentemente do papelão DIAS (2020), a nova estrutura será confeccionada com uso do material ABS (*Acrilonitrila Butadieno Estireno*), comumente utilizado em impressoras 3D. Essa nova estrutura proporciona maior resistência, durabilidade e precisão. Além disso, a fixação dos periféricos, como motores e sensores, é facilitada pela modelagem 3D, permitindo uma montagem mais rápida e segura.

A ideia por trás da nova estrutura do Robô TAN é baseada em requisitos específicos do projeto para permitir a fixação de uma moldura na qual as peças Tangram possam ser utilizadas. Além disso, a estrutura deve ter saídas para os sensores e conectores, de modo a permitir uma fácil conexão, interação com outros componentes eletrônicos e possuir comunicação com o usuário utilizando um botão no teto do robô, que permitirá seleção dos modos de funcionamento. A Figura 31 ilustra as vistas ortográficas do robô. O uso do primeiro diedro coloca a Vista Lateral Esquerda (V.L.E) à direita da Vista Frontal (V.F) e a Vista Lateral Direita

(V.L.D) à esquerda da Vista Frontal, seguindo o mesmo princípio para as Vistas Superior (V.S) e Inferior (V.I).

Figura 31 - Vistas Ortográficas do Robô TAN



Fonte: Autor, 2023

A área de impressão da impressora 3D modelo GTmax3D versão 2 é de 220 por 220 mm. Este fator físico influenciou nas dimensões da modelagem do robô, como ilustra a Figura 30, onde as dimensões respeitam esses limites. A Figura 32 ilustra a modelagem 3D.

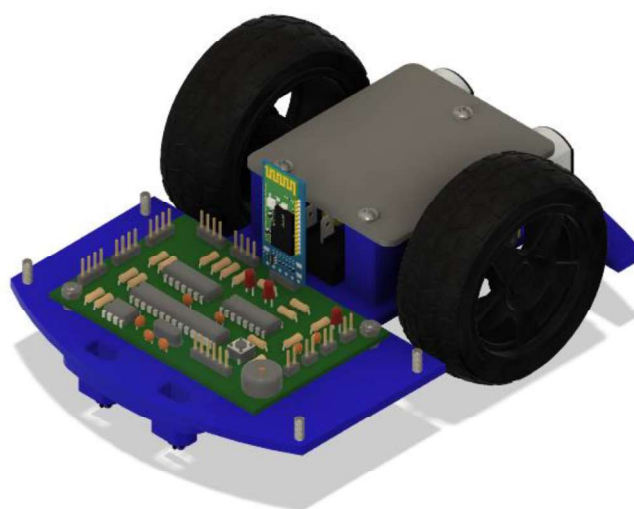
Figura 32 - Modelagem 3D do Robô TAN



Fonte: Autor, 2023

O *design* da frente do robô foi pensado para permitir a circulação de ar no seu interior, visando a dissipação de calor gerado pela ponte H. A placa de circuito impresso foi estrategicamente posicionada após a entrada de ar, para que o fluxo de ar ajude a minimizar o aquecimento do sistema. Uma tela perfurada será inserida após a impressão para evitar qualquer tipo de acesso a placa de circuito impresso. A Figura 33 ilustra a modelagem do interior do robô.

Figura 33 - Interior da modelagem do Robô TAN



Fonte: Autor, 2023

Para garantir a segurança do usuário durante a montagem e utilização do robô, as peças modeladas foram projetadas para serem fixadas com parafusos com porcas do tipo M3. Com a modelagem concluída, a Figura 34 ilustra os aspectos físicos do robô após a impressão.

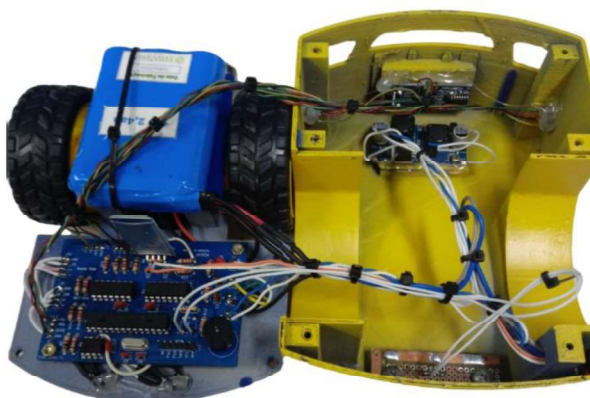
Figura 34 - Modelo impresso do Robô TAN



Fonte: Autor, 2023

A Figura 35 ilustra a montagem da placa de circuito impresso e seus componentes eletrônicos, bem como os demais periféricos descritos na Seção 2.2, do Capítulo 2.

Figura 35 - Montagem da placa de circuito impresso e periféricos na nova estrutura física do robô TAN



Fonte: Autor, 2023

O novo modelo do Robô TAN tem uma grande quantidade de componentes eletrônicos e dispositivos periféricos, mas foi projetado para caber dentro de um orçamento compatível

com os robôs vendidos no mercado. Para chegar a esse preço, foi realizado um estudo de cotação em *sites* internacionais para encontrar os melhores preços para os componentes necessários. A Tabela 1 apresenta o total de investimento necessário para a construção do robô, considerando essas cotações internacionais.

Tabela 1 – Cotação de preço dos componentes utilizados no Robô TAN

Componente	Preço(Unitário)	Quantidade(Usado)	Valor
PIC16F876A	R\$ 24,17	1	R\$24,17
Sensor TCRT5000	R\$ 4,24	4	R\$16,96
Motor Drive L293D	R\$ 4,66	1	R\$4,66
DC-DC <i>Buck Step Down</i>	R\$ 4,03	1	R\$4,03
<i>Buzzer</i> Ativo/Passivo	R\$ 5,65	1	R\$5,65
Módulo <i>Bluetooth</i> HC06	R\$ 10,20	1	R\$10,20
Sensor Ultrassônico HC-SR04	R\$ 3,45	1	R\$3,45
Amplificador Operacional LM741	R\$ 4,81	1	R\$4,81
Amplificador Operacional LM324	R\$ 3,35	1	R\$3,35
Crystal Oscilador 4 Mhz	R\$ 5,08	1	R\$5,08
Capacitor Cerâmico 100 nF	R\$ 0,11	5	R\$0,57
Resistor 1 K	R\$ 0,03	7	R\$0,18
Resistor 1,5 K	R\$ 0,03	1	R\$0,03
Resistor 2,2 K	R\$ 0,03	2	R\$0,05
Resistor 10 K	R\$ 0,03	2	R\$0,05
Resistor 220 R	R\$ 0,03	11	R\$0,29
Capacitor Cerâmico 22 pF	R\$ 0,20	2	R\$0,39
Placa de Circuito Impresso	R\$ 10,68	1	R\$10,68
<i>Push Button</i>	R\$ 0,07	1	R\$0,07
Motores DC com rodas de 68 mm	R\$ 8,53	2	R\$17,06
TOTAL			R\$111,74

Fonte: Autor, 2023

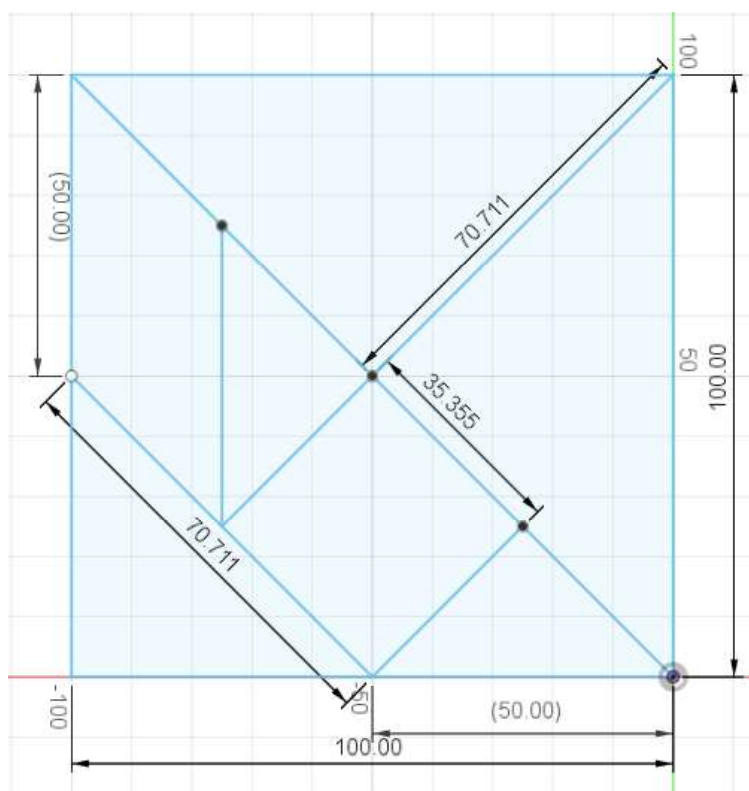
O objetivo de reduzir ainda mais o custo de aquisição dos componentes eletrônicos para o novo modelo do Robô TAN levou à preferência por adquirir a maior quantidade de peças em uma única loja, de modo a cotar o frete apenas uma vez. Assim, foi possível obter um valor de frete de R\$ 139,17 e, somando este ao valor total apresentado na Tabela 1, o custo total para a construção de um robô é de R\$ 250,91. Com essa abordagem, foi possível projetar um robô

com um orçamento compatível com os modelos vendidos no mercado, sem comprometer a qualidade e a eficiência dos componentes utilizado.

3.5. Modelagem 3D do Tangram

A modelagem 3D das peças do Tangram é um processo importante para permitir a fácil reprodução das mesmas em qualquer impressora 3D. Embora não existam regras rígidas quanto às dimensões de cada peça individual, é fundamental que a modelagem seja precisa para garantir a qualidade do jogo. Na Figura 36 é ilustrada as cotas exatas para a reprodução das peças, permitindo que qualquer pessoa possa imprimi-las de maneira fácil e eficiente.

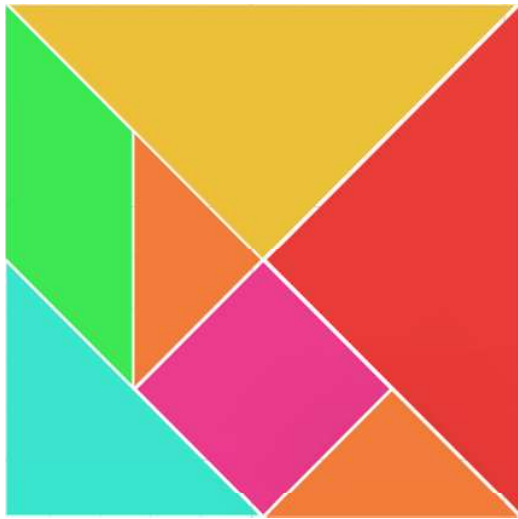
Figura 36 - Cotas das peças do Tangram para reprodução



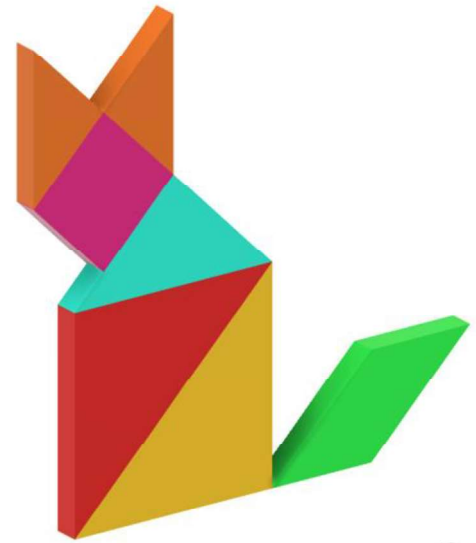
Fonte: Autor, 2023

Com base nas dimensões medidas em (mm) da Figura 36, a Figura 37(a) ilustra a modelagem de todas as peças, e a Figura 37(b) ilustra um exemplo de montagem das peças.

Figura 37 – Modelagem das peças



a) Peças modeladas

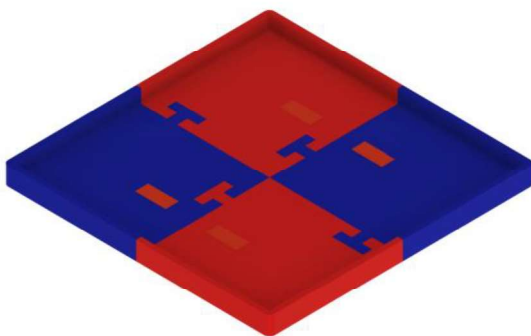


b) Montagem de um gato

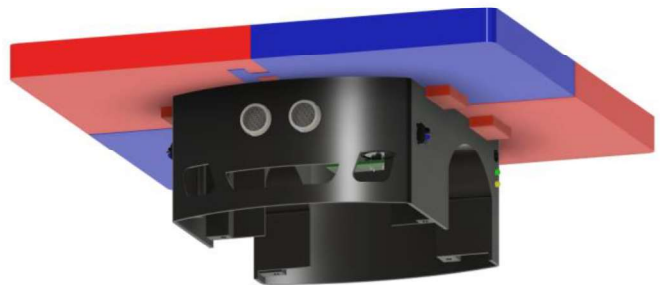
Fonte: Autor, 2023

Com o objetivo de permitir que o usuário monte diversas figuras e tenha a possibilidade de realizar esta tarefa utilizando o teto do robô, é necessário realizar a modelagem de uma base que seja capaz de encaixar perfeitamente nas extremidades laterais do robô e usando como principal apoio o teto do mesmo. A Figura 38(a) ilustra a modelagem da base e a Figura 38(b) ilustra o acoplamento em cima do robô.

Figura 38 – Base do Tangram modelado em 3D



a) Modelo da base



b) Encaixe no teto do robô

Fonte: Autor, 2023

Para que seja possível montar qualquer figura dentro da base sem que ao movimentar o robô a mesma se desfaça, as peças do Tangram foram impressas com apenas 50% de preenchimento, o que faz com que seu interior seja parcialmente oco, permitindo a inserção de ímãs de neodímio para fixação em uma chapa metálica acoplada no interior da base ilustrada na Figura 38(a). A Figura 39(a) ilustra base impressa com as peças do Tangram e a Figura 39(b) ilustra a fixação da base no teto do robô.

Figura 39 – Peças impressas na GTMax3D



a) Base com peça Tangram exemplo



b) Encaixe no teto robô

Fonte: Autor, 2023

Neste Capítulo, foram descritas todas as etapas desenvolvidas no projeto. No próximo capítulo, serão abordados os resultados e discussões da aplicação do robô TAN na fase de prototipagem e o seu produto final, utilizado nas aulas com os alunos da APAE de Pau dos Ferros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo, serão apresentados os resultados referentes aos testes práticos do robô TAN na Associação de Pais e amigos dos Excepcionais de Pau dos Ferros/RN. Inicialmente, na associação foi utilizado o protótipo do robô, conforme descrito na Seção 4.1.

4.1. Validação do protótipo

A prototipagem do Robô TAN que foi descrita no capítulo anterior, teve seu processo de validação a partir de atividades que estimulassem o aprendizado dos alunos, como a organização de palavras e a prática de letras específicas do alfabeto.

A atividade ilustrada pela Figura 40 teve como objetivo formar palavras selecionadas pelo professor. As letras necessárias para formar essas palavras são espalhadas aleatoriamente pela sala e possuem cores distintas, o que torna o exercício mais dinâmico e interativo. Com essa atividade, os alunos são desafiados a desenvolver suas habilidades de leitura, aumentar o vocabulário, melhorar a percepção de cores e aprimorar a coordenação motora fina ao manipular o robô com o uso de um aplicativo móvel.

Figura 40 - Atividade de reconhecimento de palavras e letras do alfabeto



Fonte: Autor, 2023

Após uma semana, a atividade foi repetida com algumas alterações, além de letras, a Figura 41 ilustra que foram espalhados números pelo ambiente para introduzir conceitos básicos de operações matemáticas.

Figura 41- Atividade de reconhecimento de números



Fonte: Autor, 2023

Durante a aplicação das atividades percebeu-se que eles estavam começando a ficar mais familiarizados com os comandos do robô e foi notado que eles estavam tendo um progresso significativo em seu aprendizado quando foram desafiados a formar um determinado número ao deslocar o robô. Esse acontecimento demonstra que a robótica pode ser uma ferramenta pedagógica muito útil para o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Ao observar no decorrer da tarefa as dificuldades que cada aluno apresentava o professor propôs utilizar uma única atividade de ensino, mas adaptando a forma como ela é executada para cada aluno, dessa forma é possível aumentar significativamente as chances de que eles absorvam e compreendam o conteúdo repassado. Essa abordagem personalizada pode ajudar a promover o aprendizado ativo, engajando os alunos e permitindo que eles aprendam no seu próprio ritmo, com base em suas habilidades e necessidades específicas.

A segunda tarefa tem como objetivo principal ajudar os alunos a desenvolverem habilidades de interpretação de formas geométricas e cores. Para isso, é utilizada uma abordagem prática e interativa, na qual o aluno deve utilizar o robô para chegar à forma geométrica solicitada no chão. A Figura 42 ilustra que uma vez que o aluno chega à forma

correta, são feitas perguntas sobre a forma geométrica e a cor associada, o que ajuda a reforçar a compreensão do conceito.

Figura 42 - Atividade de interpretação de formas geométricas e cores



Fonte: Autor, 2023

Ao ter um conhecimento prévio sobre as formas geométricas, os alunos podem se sentir mais confiantes a participar de outras atividades, como o Tangram. Dessa forma, a atividade da Figura 42 pode ser vista como uma base sólida para a compreensão de conceitos matemáticos mais complexos e desafiadores.

Com base na observação do protótipo, pode-se afirmar que ele se comportou de acordo com as expectativas. A comunicação *bluetooth* utilizando o aplicativo *RC Controller* disponível para *Android* no *play Store* apresentou uma velocidade satisfatória e os motores responderam de forma rápida e precisa, proporcionando uma experiência positiva para os alunos envolvidos na atividade. Esses fatores contribuíram para a dinâmica das tarefas.

Embora as funcionalidades de seguidor de linha e autônomo não tenham sido usadas nas atividades com os alunos, elas foram amplamente testadas em diversos ambientes e demonstraram um comportamento excepcionalmente eficiente. Além disso, a eficiência da bateria do protótipo também foi avaliada durante o uso diário, e o robô foi capaz de participar de eventos públicos, como a festa anual Finecap, na cidade de Pau dos Ferros/RN, por mais de 72 horas consecutivas demonstrando que o *hardware* projetado funcionou de forma eficiente.

4.2. Atividade utilizando o Tangram

Para utilizar o Tangram junto com o robô, primeiramente foi realizada uma atividade para apresentar as suas formas geométricas. A ideia central era unir os alunos em um único grupo, como ilustrado na Figura 43 e fornecer a eles diversas figuras para que pudessem escolher uma delas e montá-la usando o Tangram.

Figura 43 - Atividades utilizando o Tangram com peças impressas em 3D



Fonte: Autor, 2023

Os resultados foram bastante satisfatórios, com os alunos se engajando completamente na atividade, demonstrando um forte interesse e entusiasmo em aprender. Eles puderam ver como os conceitos matemáticos e lógicos podem ser aplicados de maneira prática e divertida, o que tornou o aprendizado muito mais interessante e envolvente, além de ter maior facilidade em manusear as peças.

Durante a realização da atividade com o jogo Tangram, a quantidade limitada de peças impressas inviabilizou a participação simultânea de todos os alunos. Entretanto, essa limitação proporcionou uma oportunidade para que os alunos trabalhassem em equipe, pois aqueles que não estavam manuseando as peças auxiliavam os colegas na montagem das figuras.

4.3. Validação do modelo impresso 3D

A terceira parte do trabalho consiste na validação do Robô TAN utilizando a sua nova estrutura física descrita na Seção 3.4, bem como validar o *layout* de circuito impresso descrito na Seção 3.3. O objetivo é aplicar novas atividades para os alunos da APAE e observar novos resultados de desempenho dos alunos utilizando o novo robô.

A primeira atividade realizada consiste em introduzir noções de espaço para os alunos. O objetivo é levar o robô até um certo local desviando de obstáculos no meio do caminho, como ilustra a Figura 44 utilizando aplicativo.

Figura 44 - Atividade com objetivo de melhorar a noção de espaço



Fonte: Autor, 2023

Foi possível observar que alguns alunos tiveram dificuldades em compreender a atividade proposta, enquanto outros tocaram no robô mas entenderam que deveria levar o robô até o local objetivo. A segunda atividade consiste na prática de instruções de comandos. O principal objetivo é levar o robô até um determinado número posto no chão e durante o percurso o aluno deverá desviar dos obstáculos apenas utilizando os sensores de colisão lateral, a Figura 45 ilustra a atividade.

Figura 45 - Atividade sobre instruções de comandos



Fonte: Autor, 2023

Na atividade ilustrada pela Figura 45 foi possível observar que os alunos também sentiram um pouco de dificuldade ao levar o robô até um determinado número e desviar dos obstáculos, pois os sensores laterais do robô não estavam com a sensibilidade adequada para a tarefa, o que dificultou para os alunos, porém, apesar das dificuldades eles conseguiram completar a atividade. Além disso, foi possível mostrar conceitos matemáticos e noções de comandos.

A terceira atividade consiste em estimular o raciocínio lógico utilizando a funcionalidade do seguidor de linha. O objetivo da atividade era pedir para que os alunos pensassem em um número, em seguida, eles deveriam pintar o número em uma folha e posteriormente eles deveriam colocar os números no chão. Utilizando uma fita isolante, os alunos devem fazer um caminho específico que leve o robô até o número que ele pensou, como ilustra a Figura 46. A prática desta atividade demonstrou-se bastante eficiente por chamar a atenção de alunos que estavam afastados das tarefas.

Figura 46 - Atividade para estimular o raciocínio utilizando o seguidor de linha



Fonte: Autor, 2023

Na atividade ilustrada pela Figura 45 alguns problemas foram observados ao utilizar o robô com a funcionalidade de seguidor de linha. O robô teve dificuldades para se locomover devido a falhas no piso, o espaço entre uma cerâmica e outra faziam com que a rodinha boba ficasse presa e não permitia que o robô realizasse curvas, e no pior dos casos o robô parava.

Um outro problema observado também está relacionado à cerâmica, pois o brilho da mesma e a cor influenciam negativamente na tomada de decisão do microcontrolador, pois os sensores IR descritos na seção 2.2.6 apresentavam falhas em determinados momentos devido ao sensor receptor não obter resposta do sensor transmissor. Dessa forma, é possível concluir que o seguidor de linha funciona melhor em superfícies de cor branca.

A quarta atividade consiste na utilização da base para o Tangram descrita na Figura 38(a). O objetivo da atividade consistia em espalhar pelo chão todas as peças do Tangram e o aluno deverá buscar as peças conforme o formato solicitado, e em seguida trazer a peça no baú acoplado em cima do robô como ilustrado na Figura 47. Em seguida, a peça deverá ser removida do baú e posta na base.

Figura 47 - Atividade de reconhecimentos de formas geométricas



Fonte: Autor, 2023

Na atividade ilustrada pela Figura 47 foi observado que os alunos já não precisavam de muita ajuda para realizar a tarefa, já possuíam bastante familiaridade com os comandos do robô, e eram poucas as dúvidas em reconhecer as formas geométricas solicitadas. Esta conclusão reafirma a importância do uso da robótica nas escolas. Apesar dos alunos possuírem mais dificuldades por serem portadoras de algum tipo de deficiência, a robótica possibilitou que a curva de aprendizagem fosse melhor a cada atividade realizada.

Durante a realização da atividade, foi notado que a base projetada para acoplar no teto do robô apresentou problemas inesperados. Embora tenha sido desenvolvida para acomodar as peças do Tangram através de ímãs de neodímio, a escolha do metal como material interno acabou aumentando consideravelmente o peso da base.

Além disso, os motores estavam configurados para 50% de *duty cycle*, o que limitou sua capacidade de transporte pois a caixa de redução dos motores não possui um bom torque. No entanto, uma nova versão do código embarcado já prevê melhorias, como a implementação de um acelerador que permitirá ao usuário ajustar diretamente o PWM dos motores. Para resolver o problema do peso excessivo da base, a próxima versão não utilizará mais o metal para fixar as peças do Tangram. Será implementado velcros, que são mais leves e executam a mesma tarefa.

4.4. Experiência do usuário

Com o objetivo de avaliar o nível de satisfação dos alunos para com o uso do robô durante as aulas, cada aluno teve a oportunidade de falar um pouco para o professor a opinião sobre utilizar o robô TAN, e o jogo Tangram durante as aulas. Os resultados puderam mostrar para o professor quais atividades mais agrada, e as que menos agradam com objetivo de reformular novas atividades que atraia a atenção de todos os alunos, além de obter informações sobre o quão satisfatório para os alunos é utilizar o robô como ferramenta de ensino.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram abordadas técnicas de modelagem 3D, *layout* de circuito impresso, software e eletrônica, com o objetivo de construir uma nova estrutura física para o Robô TAN. No entanto, o trabalho vai além da criação de um produto competitivo no mercado, tendo como uma de suas principais motivações auxiliar os professores que atuam diretamente na rede de ensino para alunos com deficiência, bem como os professores do ensino fundamental.

Com base em um estudo bibliográfico detalhado sobre como a robótica pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, foi possível validar as funcionalidades do Robô TAN, que foram testadas em conjunto com os alunos da APAE/PDF. Dessa forma, o robô foi projetado não apenas para atender às exigências do mercado, mas também para ser uma ferramenta pedagógica de grande valor para os professores e alunos.

Além disso, o jogo Tangram também foi bastante utilizado na APAE/PDF, e em conjunto com o robô demonstraram resultados satisfatórios, contribuindo para o aprendizado dos alunos, tornando as atividades aplicadas mais atrativas e de fácil compreensão dos conceitos aplicados. O *hardware* e *software* embarcado também demonstraram bons resultados realizando leitura precisa dos sensores presentes no robô, o que trouxe uma melhor experiência nas atividades realizadas com os alunos. Apesar dos pontos positivos salienta-se a necessidade de sempre buscar aprimorá-lo. Como sugestões de melhorias para o Robô TAN e novos trabalhos, tem-se:

- Realizar atualização do *layout* de circuito impresso corrigindo os erros de projeto, além de projetar os componentes em SMD para diminuir as dimensões da placa;
- Implementar novas versões do Robô TAN, como por exemplo substituir uma das três funcionalidades atuais por um braço robótico acoplado em cima do robô e possibilitar atividades para pegar objetos;
- Buscar métodos de fabricação da carcaça do robô de maneira mais rápida e em larga escala;
- Atualizar o controle de bateria para circuitos ainda mais eficientes.
- Criar um aplicativo *mobile* prioritário para o robô;
- Atualizar o módulo *Bluetooth* para o HC-05 que possibilite a comunicação do robô com o aplicativo *mobile*;

- Implementação de um *display* para mostrar informações para o usuário; quando não estiver conectado ao aplicativo;
- Realizar melhorias na sensibilidade dos sensores de colisão lateral com objetivo de aumentar a sensibilidade sem que os mesmos sofram com interferência da luz ultravioleta oriunda do sol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATA VII REUNIÃO DO COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS – CAT CORDE / SEDH / PR. [S. l.], 14 dez. 2007. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reunião_do_Comite_de_Ajudas_Técnicas.pdf. Acesso em: 21 jan. 2023.

ABRANTES, Rafael Vieira. ROBÔ TAN 2.0: UMA PROPOSTA PARA A ROBÓTICA EDUCACIONAL. 2021. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido., Pau dos Ferros, 2021.

AQUINO, Lygia Matos; FARIAS, Matheus Pires de; CRISPIM, Italo de Vasconcelos; PINTO, Vandilberto Pereira; ALMEIDA, Rômulo Nunes de Carvalho; VASCONCELOS, Francisco Herbert Lima. Proposta de um curso semipresencial de robótica educacional utilizando a plataforma Arduino. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do Ifpb, [S.L.], v. 1, n. 34, p. 48, 1 jun. 2017. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia da Paraiba. <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n34p48-54>.

AUTODESK. Exemplos. 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 29 abr. 2023.

BARBOSA, Fernando da C.; ALEXANDRE, Mário L.; ALVES, Deive B.; MENEZES, Douglas C. de; CAMPOS, Gabriel L.; NAKAMURA, Ygor S. N.; S. JUNIOR, Arlindo J. de; R. LOPES, Carlos. Robótica Educacional em Prol do Ensino de Matemática. In: ANAIS DO XXI WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 21., 2015, Uberlândia–Mg–Brazi. Anais do XXI Workshop de Informática na Escola. Uberlândia–Mg–Brazi: Cbie, 2015. p. 271-280. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/16526/16367>. Acesso em: 19 mar. 2023.

BABOS, Flávio. Sensor Ultrassônico com Arduino: Como Controlar? 2023. Disponível em: <https://flaviobabos.com.br/sensor-ultrassonico-arduino/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 30., 2007, Santos. Anais [...]. Santos: Intercom, 2007. 13 p. Tema: O impacto das novas tecnologias na sociedade: conceitos e características da sociedade da Informação e da Sociedade Digital.

CIRCUITO, Curto. Módulo Bluetooth Slave - HC06. 2023. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/modulo-bluetooth-slave-hc06.html>. Acesso em: 19 mar. 2023.

CACPNRJ. **O que é microcontrolador PIC e sua arquitetura**. 2023. Disponível em: <https://capsistema.com.br/index.php/2022/01/11/o-que-e-microcontrolador-pic-e-sua-arquitetura/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 12, n. 4, p. 2108-2121, out./dez. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21723/riaee.v12.n4.out./dez.2017.8788>>. E-ISSN: 1982-5587.

DIAS, Jorgiania Vanérica Alves. Robô TAN: Proposta de um robô para auxílio no ensino-aprendizagem. 2020. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.

EDUCAÇÃO, Assistiva Tecnologia. ATA VII REUNIÃO DO COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS – CAT CORDE / SEDH / PR. [S. 1.], 2023. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>. Acesso em: 21 jan. 2023.

EMBARCADOS. Microchip – Microcontroladores PIC de 8 bits. 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br/pic/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

ELETRÔNICA, Bau da. Microcontrolador PIC16F876A-I/SP. 2023. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-pic16f876a-i-sp.html>. Acesso em: 09 maio 2023.

EV-BATERIAS. Bateria Litio Para Fita De Led 12v 2,4ah Com Carregador. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1687937808-bateria-litio-para-fita-de-led-12v-24ah-com-carregador-_JM#position=2&search_layout=stack&type=item&tracking_id=c75fee40-577d-4f0a-bde6-8791f9ee398f. Acesso em: 20 mar. 2023.

FERNANDES, Manassés et al. Robótica educacional: Uma ferramenta para ensino de lógica de programação no ensino fundamental. In: ANAIS DO XXIV WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 7., 2018, Salvador-Ba-Brasil. Anais do XXIV Workshop de

Informática na Escola. Salvador: Cbie, 2018. p. 1-8. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/14343/14188>. Acesso em: 18 mar. 2023.

GUSE, Rosana. Como funciona um conversor de tensão DC-DC? 2022. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/como-funciona-um-conversor-de-tensao-dc-dc/#:~:text=O%20que%20é%20um%20conversor,contínua%20com%20outra%20amplitude%20diferente..> Acesso em: 09 abr. 2023.

MUNDO, Educa. Modelagem 3D e o porquê seu uso é importante no cotidiano. 2019. Disponível em: <https://www.educamundo.com.br/blog/modelagem-3d>. Acesso em: 28 mar. 2023.

PONSO, Leonardo. O QUE É TANGRAM? APRENDA E CONHEÇA 10 BENEFÍCIOS PARA O SEU FILHO. 2020. Disponível em: <https://quindim.com.br/blog/o-que-e-tangram/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ROBOTS, Universal. ROBÓTICA EDUCACIONAL: O QUE É, COMO FUNCIONA E O USO DE COBOTS NO PROCESSO. Caetano do Sul: UNIVERSAL ROBOTS BRASIL, 27 abr. 2022. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/robótica-educacional-o-que-é-como-funciona-e-o-uso-de-cobots-no-processo/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

REIS, Renata Pitta Barros. CardBot: Tecnologia Educacional Assistiva Para Inclusão de Deficientes Visuais na Robótica Educacional. 2017. 76 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SOUSA, Laureane Pereira de; MACHADO, Veruska Ribeiro. Robótica Educacional em escolas públicas. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8., 2019, Brasília – Df – Brazil. Anais do XXV Workshop de Informática na Escola. Brasília – Df – Brazil: Cbie, 2019. p. 1-5. Disponível em: <file:///D:/Felipe/UFERSA/TCC/TCC/TCC%20para%20leituras/8633-11281-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SCHOOL, Business. Robótica educacional: o que é, como funciona e importância. 2021. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/robotica-educacional/#:~:text=Robótica%20educacional%20é%20um%20método,compor%20as%20peças%20do%20robô..> Acesso em: 22 jan. 2023.

SOLUÇÕES, R.M. 5x Conversor Dc Dc Buck Boost 2 Em 1 Step Up E Down Xl6019. 2023. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3141071585-5x-conversor-dc-dc-buck-boost-2-em-1-step-up-e-down-xl6019-_JM#position=8&search_layout=grid&type=item&tracking_id=3eec2148-eeed-425f-8d55-aabf2c2a038c. Acesso em: 09 abr. 2023.

TECNOBLOG. 29% das escolas do Brasil não têm acesso à internet, segundo Datafolha. 2020. Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/2020/11/17/29-das-escolas-do-brasil-nao-tem-acesso-a-internet-segundo-datafolha/>. Acesso em: 22 jan. 2023.

THOMSEN, Adilson. Como conectar o Sensor Ultrassônico HC-SR04 ao Arduino. 2011. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

VEJA. ESTUDO #17 Robótica nas escolas: impacto pedagógico e futuro profissional Leia mais em: <https://veja.abril.com.br/insights-list/robotica-nas-escolas-impacto-pedagogico-e-futuro-profissional>. 2022. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/insights-list/robotica-nas-escolas-impacto-pedagogico-e-futuro-profissional/>. Acesso em: 22 jan. 2023.

ZILLI, Silvana do Rocio. A ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO FUNDAMENTAL: PERSPECTIVAS E PRÁTICA. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86930/224814.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 mar. 2023.