

Uma Abordagem *Maker* para Educação: Desenvolvimento de um Kit Didático Interativo com Arduino Nano

Otávio Barbosa¹, Lisandry Azuaje¹, Sírnia Freitas¹,
Vinicius Cruz¹, Samaherni Dias¹

¹Laboratório de Sistemas Embarcados (LASEM),
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Natal – RN – Brazil

otavio.barbosa.017@ufrn.edu.br

Abstract. *The teaching of programming and electronics faces the challenge that commercially available educational kits have high costs or limited structures. This work proposes the development of an educational platform based on the Arduino Nano, facilitating learning in an accessible and interactive way. The platform integrates an LCD display, LEDs, a buzzer, tactile buttons, and support for I²C communication, enabling practical experiments such as digital input and output control, PWM modulation, message display, and interaction with external devices. Additionally, it features a 3D-printed case, providing organization, portability, and protection for the components. The adopted methodology involved defining system requirements, selecting components, designing the electronic schematic, and developing the PCB using EasyEDA software, as well as modeling the case in OnShape software. The platform allows the implementation of various practical applications, such as the development of human-machine interfaces (HMI), signal generation via PWM modulation, and communication between devices via I²C.*

Resumo. *O ensino de programação e eletrônica enfrenta a dificuldade de que os kits educacionais disponíveis comercialmente possuem custos elevados ou estruturas limitada. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma educacional baseada no Arduino Nano, facilitando o aprendizado de forma acessível e interativa. A plataforma integra um display LCD, Leds, buzzer, botões tácteis e suporte à comunicação I²C, permitindo a realização de experimentos práticos, como controle de entradas e saídas digitais, modulação PWM, exibição de mensagens e interação com dispositivos externos. Além disso, conta com uma case produzida por impressão 3D, proporcionando organização, portabilidade e proteção dos componentes. A metodologia adotada envolveu a definição dos requisitos do sistema, escolha dos componentes, elaboração do esquemático eletrônico e projeto da PCB no software EasyEDA, além da modelagem da case no software OnShape. A plataforma possibilita a implementação de diversas aplicações práticas, como desenvolvimento de interfaces homem-máquina (IHM), geração de sinais via modulação PWM e comunicação entre dispositivos via I²C.*

1. Introdução

A cultura *maker* é um movimento que emergiu oficialmente em 2005 com o lançamento da revista *Maker Magazine* e, posteriormente, com evento *Maker Faire* em 2006, ambos

idealizados por Dale Dougherty. Ele foi o primeiro a utilizar o termo *maker* para descrever indivíduos interessados em criar, inventar e produzir objetos. Atualmente, essa cultura tem se estendido às instituições de ensino, que buscam inovar em suas formas de ensino, levando ao desenvolvimento da educação *maker* [Oliveira et al. 2024].

A base do movimento *maker* reside nos princípios do DIY (*Do It Yourself*), traduzido como “Faça você mesmo”. Esse termo surgiu na década de 1970 como uma proposta de incentivar as pessoas a solucionarem os seus próprios problemas. Dessa forma, a cultura *maker* propõe um ensino ativo, onde o aluno é protagonista em sua jornada de aprendizado e é incentivado a desenvolver soluções de forma independente [Carvalho 2024].

O avanço da educação *maker* levou ao desenvolvimento de espaços para criação de projetos e atividades práticas, como os FabLabs (Laboratórios de Fabricação Digital) [Carvalho 2024]. Esses espaços reúnem ferramentas que permitem o aluno expor a sua criatividade para resolver problemas. As principais tecnologias presentes nesses espaços são os computadores, impressoras 3D, componentes eletrônicos e placas de desenvolvimento, como o Arduino.

O Arduino, uma plataforma eletrônica de código aberto, se tornou a opção preferida de qualquer pessoa que trabalhe em projetos interativos de hardware e software. Arduino é uma empresa de hardware e software de código livre que fabrica placas Arduino baseadas em microcontroladores desde 2005. Portanto, uma placa Arduino é um conglomerado de microcontroladores e outros componentes necessários, como cristal, pinos de alimentação *on-board* e *bootloader*. Todos eles são necessários para a construção bem-sucedida de programas executáveis no IDE do Arduino. Com uma sintaxe simples, fácil de entender e usar, o que torna o Arduino perfeito para os tipos de pessoas que são naturalmente amantes de C, C++ simplificado, ou seja, hobistas, estudantes e entusiastas de inovações [Kondaveeti et al. 2020].

Em trabalhos como o de Pereira e Silva [2021] e o de Borges et al. [2024], pode-se ver a criação de dispositivos que permitem facilitar o ensino de assuntos da física. Nestes trabalhos, é possível analisar como o Arduino facilita o entendimento de assuntos convencionais e permite a inovação de produtos educacionais. Essas possibilidades aliadas a ampla comunidade *online* para compartilhamento de ideias é o que permite a plataforma Arduino ser utilizada pela comunidade *maker* [Kondaveeti et al. 2020].

No presente trabalho, será proposto um kit educacional utilizando o Arduino, a fim de permitir o ensino de programação e eletrônica de forma simplificada. O kit permitirá ao aluno utilizar de *display* LCD (*Liquid Crystal Display*), botões tácteis, *buzzers*, Leds e comunicação com dispositivos externos por meio do protocolo I²C (*Inter-Integrated Circuit*). O kit será composto por uma PCB (*Printed Circuit Board*) e uma *case* 3D para aprimorar o uso do projeto pelo usuário. Essa *case* também permitirá agrupar de forma organizada os componentes, juntamente da bateria para alimentação externa da plataforma.

2. Fundamentação Teórica

A educação *maker* surge como uma abordagem que incentiva os estudantes a solucionarem problemas por meio da criatividade, do raciocínio lógico e do trabalho em equipe. O desenvolvimento desse método de ensino é expandido à ambientes de desenvolvimento como laboratórios que disponibilizem as ferramentas e materiais para pesquisa

e elaboração das soluções [Carvalho 2024]. No entanto, a implementação desse método em escolas têm enfrentado desafios significativos, tais como a infraestrutura inadequada, a falta de professores capacitados e a limitação de recursos financeiros para a aquisição de materiais [Oliveira et al. 2024].

De acordo com Takács et al. [2016], a acessibilidade financeira e a facilidade de utilização são fatores determinantes para a adoção de kits educacionais. Esses materiais são importantes para a construção dos espaços FabLabs, pois permitem que os alunos ponham em prática os seus conhecimentos em programação, eletrônica e robótica, por exemplo. O Arduino Uno é uma placa de desenvolvimento famosa na comunidade *maker* devido a sua facilidade de uso e compatibilidade com diversos periféricos disponíveis no mercado. Em conjunto, com a disponibilidade de materiais de consulta e um ambiente de programação fácil de ser utilizados, muitos *makers* e hobbistas adaptaram-se ao seu uso para prototipagem das suas ideias. Além disso, as impressoras 3D também encaixam-se nesse cenário permitindo a elaboração de peças e *cases* para aprimorar a robustez dos projetos.

Uma outra placa de desenvolvimento da família Arduino é a Nano. Com dimensões reduzidas (45mm × 18mm) quando comparadas ao Uno, a placa de desenvolvimento Nano é equipada com um microcontrolador de ATmega328P, o qual possui uma CPU (*Central Processing Unit*) RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) de 8bit com arquitetura Harvard modificada, opera em 5 volts de tensão, possui 14 pino digitais de I/O (*Input/Output*) e 8 pinos de entrada analógica, memória *flash* de 32 KB, SRAM de 2 KB, EEPROM de 1KB e velocidade do *clock* de 16 MHz.

Alguns recursos utilizados no desenvolvimento de kits educacionais são a interação direta por entradas digitais, por exemplo através de botões tácteis. Também a interação visual através do uso de Leds e *display* LCD, interação sonora através do uso de *buzzers* e variados tipos de sensoriamento.

Os botões tácteis são componentes que permitem ao aluno aprender a programação de entradas digitais do microcontrolador, já com os Leds, o aluno pode escolher padrões de exibição para indicar status, mensagens ou avisos, por exemplo, ao utilizar de seus conhecimentos para controle de saídas digitais. Por último, o *buzzer* permite ao aluno pôr em prática conceitos de modulação por largura de pulso (PWM - *Pulse Width Modulation*) para controlar as notas sonoras emitidas pelo dispositivo. O uso de telas, como os *display* LCD, são utilizados para a interação visual com o usuário ao possibilitar a exibição de mensagens. Esse componente permite ao aluno desenvolver atividades para exibições de informações em telas por meio do controle de portas digitais. Além disso, esse componente possui o controle da tela de fundo, permitindo ao aluno controlar quando ligar e desligar o *display*. A plataforma também conta com o uso de protocolo de comunicação para permitir que sejam utilizados dispositivos externos, como sensores e outros microcontroladores.

Um dos diferenciais do uso de kits didáticos é sua flexibilidade quanto ao ambiente e à linguagem de programação, permitindo que o aluno utilize a ferramenta com a qual se sentir mais confortável. Além disso, sua estrutura será projetada para minimizar a complexidade da montagem de circuitos em *pront-o-boards*, eliminando a necessidade excessiva de fios e facilitando a conexão entre os componentes. Dessa forma, o foco

do aprendizado permanece na lógica de programação e na interação com os periféricos, tornando o processo mais acessível e eficiente.

3. Materiais e Métodos

Neste trabalho, é apresentado o desenvolvimento de uma plataforma de ensino para a programação baseada no Arduino Nano e que faz uso de sensores e componentes periféricos. A plataforma busca possibilitar a implementação de atividades de programação e eletrônica, como o desenvolvimento de práticas com dispositivos sonoros, botões, Leds, telas e sensores externos. Além disso, permite ao aluno se preocupar em desenvolver apenas a lógica que compõem o seu programa por meio da ferramenta de programação que achar melhor.

O intuito do projeto é fornecer uma solução que seja de fácil uso e manuseio pelo aluno, como também, deve permitir que o mesmo a utilize sem uma conexão direta ao computador. Isso é possível ao desenvolver uma placa de circuito impresso (PCB) com o microcontrolador e os componentes agrupados. Também será desenvolvida uma *case* que permite posicionar as partes do projeto de uma forma organizada e protegida contra impactos, poeira e umidade, garantindo maior durabilidade e confiabilidade do sistema. Além disso, a *case* possibilita a adição de uma bateria recarregável, facilitando o uso portátil do dispositivo.

A plataforma educacional será projetada para abordar problemas que envolvem a exibição de caracteres, padrões visuais de Leds, avisos sonoros e seleção de atividades por meio de botões. Com isso, busca-se permitir ao aluno construir projetos que abordem a elaboração de IHM (Interfaces Homem Máquina), controle de entradas e saídas digitais e criação de menus. Além disso, existe a possibilidade das práticas com protocolos de comunicação com dispositivos externos que utilizem I²C. A arquitetura proposta para a plataforma é detalhada na Figura 1.

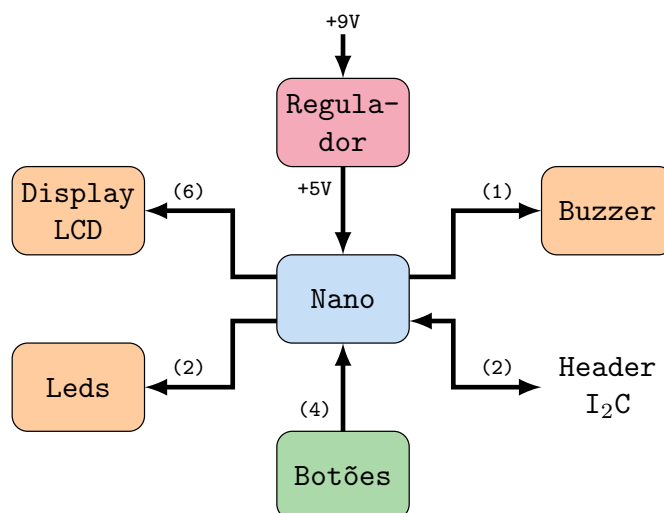


Figura 1. Arquitetura da plataforma educacional proposta

A plataforma deverá utilizar a placa Arduino Nano como elemento principal do processamento de dados, o qual será responsável por fazer o controle dos periféricos:

um *display* LCD, dois Leds, um *buzzer* e quatro botões tácteis. Para a alimentação do circuito a *case* conta com espaço para uma bateria de 9V e também uma entrada para alimentar diretamente o Arduino por meio de sua entrada USB (*Universal Serial Bus*). Como pode-se observar, a alimentação da plataforma será fornecida por dois caminhos distintos. O primeiro é através de um regulador LM7805 na própria PCB elaborada, o qual fornece 5V em sua saída a partir da tensão da bateria (9V nominal) e o segundo é a partir do regulador de 5V do Arduino Nano.

Com relação ao pinos de I/O do Arduino Nano, a plataforma proposta utilizará 15 pinos configurados para entradas ou saídas digitais. As conexões do *display* LCD com o Arduino utilizarão o modo de escrita com 4 *bits* de dados e com a luz de fundo acionada por um outro pino digital através de um transistor de junção bipolar NPN do modelo BC547. Para o modo somente de escrita o pino do *display* LCD responsável por esta função será mantido em nível lógico baixo.

Os botões tácteis possuem 4 pinos, sendo que dois de cada lado estão interconectados internamente. Neste projeto, um par de conexões é ligado ao GND, e, ao pino digital da placa, a fim de manter um resistor *pull down* no pino. Sendo o papel do resistor manter a leitura em nível lógico baixo, enquanto o botão não for pressionado. Já do outro lado está presente a conexão com os 5V para garantir a leitura de um nível lógico alto ao pressionar o botão.

As conexões para os Leds e o *buzzer* são realizadas diretamente em pinos digitais do Arduino. Para os Leds, o seu controle é baseado em um controle ON/OFF. No entanto, para o *buzzer* é preciso que o pino digital possua a funcionalidade de PWM para que seja possível controlar o nível de tensão fornecido e regular a nota sonora emitida.

Por último, para a conexão de dispositivos que utilizem da comunicação I²C serão disponibilizados *headers* que expandem as conexões de GND, SDA (*Serial Data*) e o SCL (*Serial Clock*). Como também, para controlar a alimentação da plataforma será utilizado um interruptor para ligar e desligar. Assim, todos os componentes estarão posicionados em uma *case* 3D desenvolvida para produção em impressoras 3D compatíveis com materiais do tipo PLA, ABS ou PETg, por exemplo.

4. Resultados

O presente trabalho apresenta uma plataforma educacional baseada nos princípios da cultura *maker* com a finalidade de promover o ensino de programação. Os resultados aqui apresentados dispõem dos esquemáticos eletrônicos e arquivos de produção (Gerbers) e modelo 3D da PCB, bem como, os arquivos de produção (STLs) e modelo 3D da *case*.

Para a elaboração do esquemático eletrônico da PCB utilizou-se o *software* EasyEDA, uma plataforma online e gratuita que integra as ferramentas para o desenho do circuito, bibliotecas de componentes e criação das trilhas elétricas. Além disso, o EasyEDA possui uma biblioteca de componentes apoiada pela comunidade, facilitando a procura e escolha dos produtos, e, disponibiliza as visualizações 3D e 2D da placa elaborada para facilitar a visualização do projeto.

O modelo 3D da *case* foi desenvolvido no OnShape, uma plataforma online de modelagem CAD (*Computer Aided-Design*) acessível por meio do e-mail institucional. O *software* oferece um ambiente integrado para a criação e edição de modelos tridimensi-

onais, permitindo a organização do projeto em diferentes partes e montagens. Além disso, o OnShape conta com ferramentas colaborativas, possibilitando o compartilhamento e a edição simultânea do modelo em equipe, e suporta a exportação para diversos formatos compatíveis com a impressão 3D.

4.1. Esquemáticos

O desenho do esquemático foi segmentado em cinco blocos: Controle, Alimentação, Periféricos de Entrada, Periféricos de Saída e Periféricos de Comunicação. Os blocos possuem as conexões entre os componente organizados pela ferramenta NetLabel, a fim de facilitar a visualização do circuito. Como visto na Figura 2 (a), o bloco de Controle é responsável pela centralização e gerenciamento das conexões entre os diferentes componentes do sistema pois nele está a representação do Arduino Nano e a marcação dos pinos utilizados no projeto.

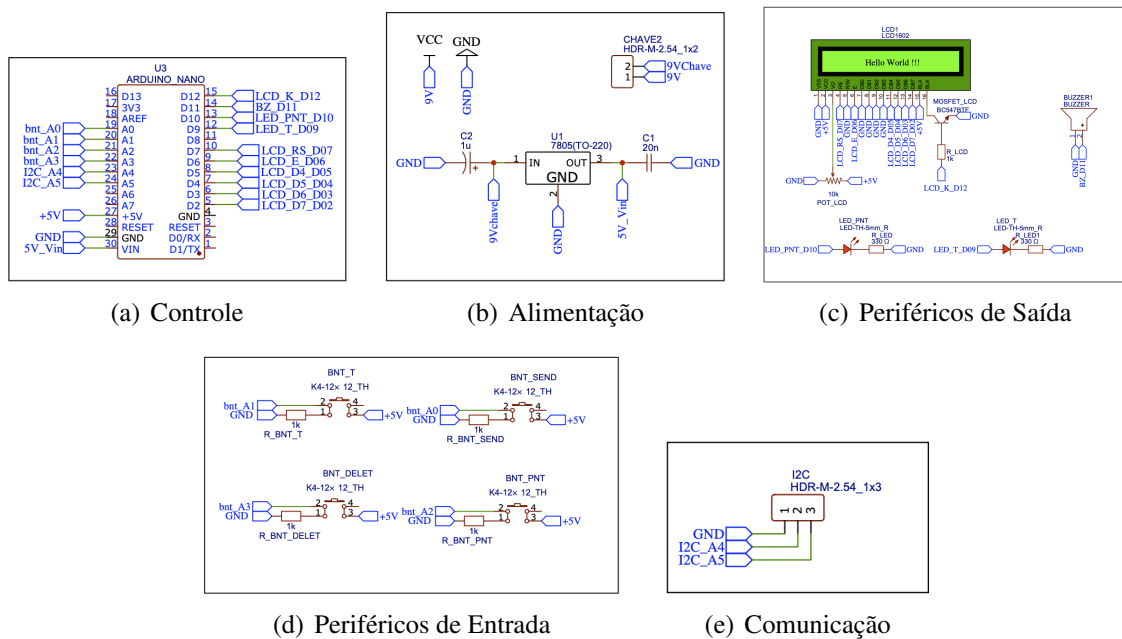


Figura 2. Esquemático do circuito elétrico dividido em blocos

O bloco de Alimentação é baseado no CI regulador de tensão LM7805, acoplado aos capacitores eletrolíticos C1 e C2 para filtrar os ruídos da entrada e estabilizar a tensão de saída, respectivamente. Como visualizado na Figura 2 (b), disponibiliza-se *headers* para a conexão com a bateria de onde vem a alimentação de 9V. Em seguida, os 5V são direcionados para a alimentação do Arduino por meio do pino Vin, representado pela marcação de mesmo nome neste bloco.

No bloco Periféricos de Saída, apresentado na Figura 2 (c), é possível visualizar a escolha do *display* LCD, Leds e *buzzer* para realizar a interação com o usuário. Os Leds são conectados aos pinos digitais do microcontrolador, em série, com resistores de 330 Ω para limitar a corrente. Já o *buzzer* é ligado diretamente ao pino digital do Arduino, mas que possua a funcionalidade de PWM para controle das notas sonoras emitidas pelo componente. Por último, o *display* LCD é configurado em *hardware* para operar no modo de 4 *bits*. O *display* também é fixado para operar em modo de escrita, pois o pino RW

(*Read/Write*) está conectado ao GND. O contraste do componente é regulado por um potenciômetro de multivoltas, enquanto, que a luz de fundo, é acionado por um transistor BC547B.

O bloco Periféricos de Entrada é composto por quatro botões tácteis conectados diretamente a quatro pinos do Arduino, como visualizado na Figura 2 (d). A configuração dos botões seguem o padrão *pull-down*, pois mantém a leitura do pino em nível lógico baixo sempre que o botão não estiver pressionado.

A comunicação entre a plataforma e dispositivos externos é realiza pelo bloco de Periféricos de Comunicação, como apresentado na Figura 2 (e). Nesse bloco, estão presentes os três conectores *header* para expandir os pinos de GND, SDA (*Serial Data*) e SCL (*Serial Clock*) do protocolo I²C. A Tabela 1 possui a lista de componentes utilizados na PCB e seus valores no mercado nacional.

Tabela 1. Lista de componentes utilizados na PCB e seus respectivos valores

Componente	Quant.	Valor	Componente	Quant.	Valor
Botão Táctil	4	R\$ 11,20	Led 3mm	2	R\$ 0,40
<i>Buzzer</i>	1	R\$ 2,40	Transistor BC547	1	R\$ 0,25
Capacitor 20 nF	1	R\$ 0,16	Trimpot 10 k Ω	1	R\$ 3,50
Capacitor 1 μ F	1	R\$ 0,20	Resistor 1 k Ω	5	R\$ 0,45
<i>Header</i> 1 \times 2	1	R\$ 0,23	Resistor 330 Ω	2	R\$ 0,18
<i>Header</i> 1 \times 3	1	R\$ 0,23	Regulador 7805	1	R\$ 2,90
Display LCD 16 \times 2	1	R\$ 18,80	Arduino Nano	1	R\$ 31,50

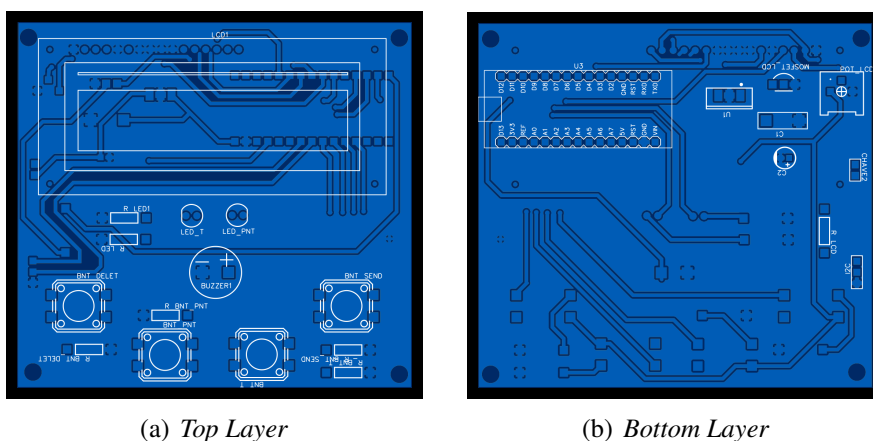
4.2. Placa de Circuito Impresso

A PCB foi projetada seguindo o modelo de protótipo utilizado pelas fabricante para agilizar a produção de placas retangulares com dimensões de até 100 x 100 mm. Essa PCB conta com 2 camadas para projeção das trilhas denominadas de *Top Layer* (Figura 3 (a)) e *Bottom Layer* (Figura 3 (b)). Além disso, as regras de *design* utilizadas foram as seguintes: largura da trilha igual ou superior a 0,254 mm; distância mínima entre trilhas igual ou superior a 0,16 mm; diâmetro de via igual ou superior a 0,610 mm; diâmetro do furo de via igual ou superior a 0,305 mm.

Como visto na Figura 4, a disposição dos componentes em cada camada buscou adequar-se a organização visual e a melhor experiência do usuário. A *Top Layer* da PCB foi projetada para agrupar os componentes de interação direta com o usuário, como o *display*, Leds, *buzzer* e os botões. Enquanto que, na *Bottom Layer*, pode-se encontrar o Arduino Nano, os componentes da fonte de alimentação e alguns periféricos de controle do *display*. Vale destacar que entre essas camadas existem as vias que permitem interligar conexões de faces distintas, permitindo a otimização do espaço e o roteamento adequado das trilhas.

4.3. Modelo 3D da Case

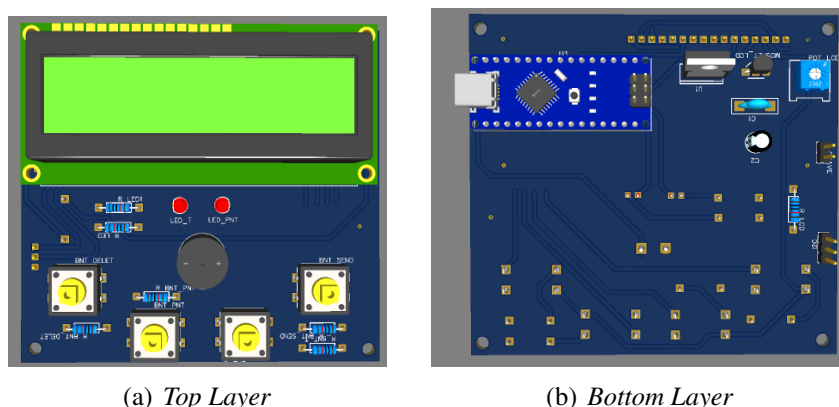
A *case* apresenta dimensões específicas de 110 x 100 x 36 mm, com uma espessura de 3 mm em suas paredes para acomodar a PCB e os componentes do projeto. Ela é estruturada



(a) Top Layer

(b) Bottom Layer

Figura 3. Layout da placa de circuito impresso



(a) Top Layer

(b) Bottom Layer

Figura 4. Modelo 3D da placa de circuito impresso

em três modelos distintos: um superior, um inferior e uma tampa dedicada à bateria. Essa estrutura modular foi projetada para facilitar a montagem e a manutenção da plataforma.

No modelo superior, visto na Figura 5 (a), existem aberturas estratégicas para acomodar o *display* LCD, os dois Leds, o *buzzer* e os quatro botões tácteis. Já, na lateral direita, tem um espaço para conectar o Arduino Nano via USB, e, na lateral esquerda, existem os espaços para o interruptor e conexão com dispositivos que utilizam a comunicação I²C. Ao observar a Figura 5 (b), é possível notar os pontos de fixação da PCB por meio dos furos fiduciais, que garantem uma montagem precisa e espaço para parafusar o modelo inferior, garantindo o fechamento seguro da *case*.

O modelo inferior da *case* é projetado com um ressalto oco para acomodar a bateria (Figuras 5 (c) e (d)), contando com uma abertura lateral esquerda para passagem dos fios de alimentação até a PCB, facilitando conexões e reduzindo riscos de danos. Na parte traseira, duas aberturas garantem o encaixe preciso da tampa da bateria, assegurando fechamento seguro. A tampa possui duas abas de encaixe no modelo inferior e um furo para parafusação, mantendo a bateria protegida. Todos os furos de fixação (tampa e componentes) têm diâmetro de 3 mm, compatíveis com parafusos comuns, simplificando a montagem e manutenção. Adicionalmente, o modelo inclui um furo para ajuste do potenciômetro de controle do contraste do *display* LCD.

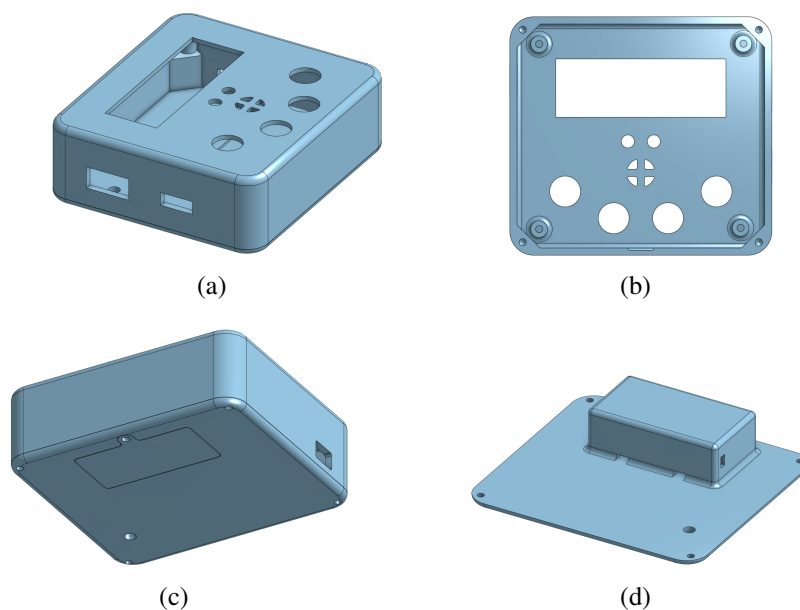


Figura 5. Modelos 3D da case

5. Conclusões

Neste trabalho, foi proposta uma plataforma educacional com o propósito de simplificar o ensino de programação e eletrônica, reduzindo a complexidade da montagem de circuitos e incentivando a experimentação prática. Para isso, desenvolveu-se um sistema compacto, baseado no Arduino Nano, que integra componentes essenciais como *display* LCD, Leds, *buzzer* e botões, permitindo a realização de atividades práticas com controle de entradas e saídas digitais, modulação PWM e comunicação via I²C. A organização e portabilidade da plataforma foi assegurada pela inclusão de uma *case* fabricada por impressão 3D. Sendo, a plataforma apresentada capaz de proporcionar um ambiente de aprendizado acessível e intuitivo. Com um custo total de aproximadamente R\$ 170,00, sendo R\$ 88,00 para a confecção da PCB, R\$ 9,00 de material para a impressão da *case* 3D e o resto do valor aplicado nos componentes eletrônicos que compõe o kit, pode-se considerar a plataforma proposta como uma boa alternativa para iniciantes no ensino de programação e eletrônica.

Além de atender às necessidades técnicas e educacionais propostas, a plataforma está alinhada aos princípios da cultura *maker*, que enfatiza o aprendizado ativo e baseado na experimentação. A estrutura projetada permite que os alunos desenvolvam habilidades essenciais, como criatividade, resolução de problemas e pensamento lógico, enquanto interagem com um ambiente acessível de prototipagem. Assim, a plataforma não apenas facilita o ensino de conceitos fundamentais de programação e eletrônica, mas também estimula a autonomia e a inovação dos estudantes.

Com base nos resultados obtidos, algumas melhorias podem ser implementadas em versões futuras da plataforma. A integração de novos sensores e módulos de comunicação expandiria as possibilidades de experimentação e aplicação do kit. Além disso, o desenvolvimento de um material didático estruturado, incluindo tutoriais e desafios progressivos, poderia fortalecer sua adoção em ambientes educacionais formais e informais.

Sendo que com essas melhorias, o projeto pode se consolidar como uma ferramenta didática ainda mais versátil, contribuindo para a disseminação do ensino de programação e eletrônica dentro da cultura *maker* e ampliando seu impacto no aprendizado prático e interativo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PROPESQ) - EDITAL N° 01/2025.

Referências

- Borges, A. L. S., Vieira, C. H. D., Pereira, G. R., e dos Reis, J. C. D. (2024). Kit experimental de física com arduino. Trabalho de conclusão de curso em técnico de nível médio em informática para internet, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.
- Carvalho, A. B. G. P. d. (2024). Fab lab e educação no brasil: as ações de disseminação da cultura maker na educação básica e no ensino superior. *Texto Livre*, 17:e52809.
- Kondaveeti, H., Kumaravelu, N., Vanambathina, S., Mathe, S., e Vappangi, S. (2020). A systematic literature review on prototyping with arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40:1–28.
- Oliveira, D. S., Taffner, M. B., Pereira, E. P., Maques, F. P., e Gomes, R. C. (2024). Cultura maker na educação: benefícios e desafios em iniciativas extracurriculares para escolas públicas. *Revista Caderno Pedagógico*, 21:1–23.
- Pereira, P. e Silva, M. (2021). Construção de um kit experimental com arduino para ensino de oscilações em tempo real. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43:1–6.
- Takács, A., Eigner, G., Kovács, L., Rudas, I., e Haidegger, T. (2016). Teacher's kit. *IEEE Robotics and Automation*, 23:30–39.