

Desenvolvimento de uma plataforma modular de robótica

Development of a modular robotics platform

Eduardo José Schroeder*, Gisele Fernanda Koman Fucilini†,
Dieisson Martinelli ‡, Vivian Cremer Kalempa§

RESUMO

A robótica vem evoluindo muito nos últimos anos, e junto vem crescendo o interesse pela área, como um todo. Atualmente, acaba sendo difícil para várias escolas, em especial as públicas, fazerem a introdução ao ensino de robótica e, conseqüentemente, à programação, levando em conta a falta de investimento para atividades extracurriculares. Para resolver esses problemas, é apresentada a plataforma modular de robótica, que conta como característica ser uma plataforma aberta e de baixo custo, permitindo criar vários tipos de robôs utilizando uma mesma base. O presente artigo descreve o processo de desenvolvimento dessa plataforma, além da montagem de dois robôs utilizando os componentes desenvolvidos para verificar o funcionamento do projeto. Como resultado, pode-se observar que a plataforma atendeu as expectativas por ser modular, de baixo custo e ser *open source*. Os testes de locomoção dos robôs foram realizados com êxito, comprovando o funcionamento.

PALAVRAS-CHAVE: Plataforma Modular; Open Source; Baixo Custo.

ABSTRACT

Robotics has evolved a lot in recent years, and interest in the area as a whole has been growing. Currently, it is difficult for several schools, especially public ones, to introduce robotics teaching and, consequently, programming, taking into account the lack of investment in extracurricular activities. To solve these problems, the modular robotics platform is presented, which has the following characteristics: being an open and low-cost platform, allowing the creation of various types of robots using the same base. This article describes the development process of this platform, in addition to the assembly of two robots using the components developed to verify the functioning of the project. As a result, it can be seen that the platform met expectations as it is modular, low cost and open source. The robots' locomotion tests were carried out successfully, proving their functioning.

KEYWORDS: Modular Platform; Open Source; Low Cost.

1 INTRODUÇÃO

Desde muito tempo o ser humano tem grande interesse pela área da robótica e nas últimas décadas houve um grande avanço no desenvolvimento da robótica, tornando-se cada vez mais acessível, segundo (Revankar, 2023). Porém, pode ser complicado desenvolver um robô desde o início. Para resolver esse problema muitas empresas acabam lançando no mercado inúmeras plataformas de robôs de rodas, esteiras e de outros tipos, como demonstrado na Figura 1, onde uma pessoa pode comprar e montar o seu próprio robô.

Segundo (Balogh; Fundarek; Lipkova, 2022), um dos maiores desafios da robótica, para iniciantes, é a construção do robô, sendo bastante desafiador projetar e construir do zero. Como demonstrado por (Belpaeme *et al.*, 2018), um dos maiores problemas é a falta de modularidade dos projetos; no mercado encontram-se muitos projetos prontos, todos com uma característica em comum: são limitados a um tipo de robô.

*  UDESC, São Bento do Sul, SC, Brasil. ✉ eduardoj.schroeder@gmail.com.

†  UDESC, São Bento do Sul, SC, Brasil. ✉ gisele.fucilini@edu.udesc.br.

‡  UDESC, São Bento do Sul, SC, Brasil. ✉ dieisson.martinelli@udesc.br.

§  UDESC, São Bento do Sul, SC, Brasil. ✉ vivian.kalempa@udesc.br.

Figura 1 – Exemplo de robôs disponíveis no mercado.



Fonte: Maker Advisor, 2018.¹

Segundo (Zou *et al.*, 2022), a falta de modularidade causa outros problemas como: a falta de flexibilidade, dificuldade de manutenção, limitações na escalabilidade, maior tempo de desenvolvimento, custo potencialmente mais elevado e risco de erros no projeto.

O objetivo principal da plataforma, proposta nesse artigo, é oferecer uma solução de baixo custo, que se adapta às necessidades de diferentes projetos sem exigir a aquisição de novos modelos para cada aplicação. A modularidade é uma característica adicional que complementa o foco em economia, permitindo a integração de sensores, atuadores e outros componentes mecânicos de maneira prática. Embora a plataforma também facilite a colaboração no desenvolvimento e a personalização para diferentes aplicações, desde o ensino de robótica até projetos de pesquisa, seu diferencial está na acessibilidade econômica e na simplicidade de implementação.

Os objetivos específicos propostos para este projeto são:

- A plataforma deve ser modular, além de permitir que diferentes tipos de componentes e módulos possam ser utilizados no projeto;
- A plataforma deve permitir que qualquer pessoa possa construir, atualizar e modificar o projeto, além de compartilhar os módulos desenvolvidos e permitir que seja replicado por todos;
- A plataforma deve ter o custo baixo, além de permitir que sejam fabricadas apenas as peças que serão utilizadas e que os módulos sejam fabricados em diferentes materiais.

Este artigo aborda, na Seção 2, o estado da arte da robótica relacionado ao problema, na Seção 3, é apresentada a metodologia implementada no trabalho, na Seção 4, é apresentado o desenvolvimento do projeto, incluindo o conceito dos módulos, os componentes utilizados no projeto, a construção dos robôs, os resultados obtidos e na Seção 5, são apresentadas as considerações finais do projeto. Todos os documentos do projeto desenvolvido por este trabalho podem ser encontrados no repositório no GitHub: <https://github.com/PlataformaModularRobotica/PMR>.

2 ESTADO DA ARTE

Segundo (Takeda; Carbone; Bai, 2020) e (Revankar, 2023), o campo da robótica tem experimentado avanços significativos nas últimas décadas, como aprendizado de máquina e inteligência artificial, robótica médica, veículos autônomos e drones, entre outros. Essas tendências, de acordo com (Uggeri; Possamai, 2020), refletem a rápida evolução da robótica, desempenhando um papel cada vez mais importante em várias indústrias e campos de

¹ Disponível em: <https://makeradvisor.com/best-educational-robot-kits-kids-teens/>. Acesso em 20/11/2023.

pesquisa. Além disso, conforme (Revankar, 2023), à medida que a tecnologia continua avançando, é provável que haja ainda mais inovações em toda a área de robótica.

Porém, segundo (Ozyalcin *et al.*, 2018), ainda hoje para muitos iniciantes e leigos na área, um dos maiores desafios na robótica é a construção do primeiro robô, devido às várias dificuldades como, por exemplo, a estrutura em que o robô será construído, que para algumas pessoas é uma tarefa desafiadora.

O estudo realizado por (Ahn *et al.*, 2020) aborda o desenvolvimento de um robô quadrúpede de baixo custo e código aberto, conforme ilustrado na Figura 2. Este projeto é especialmente concebido para facilitar o ensino de robótica, proporcionando uma abordagem facilitadora no aprendizado das áreas de robótica e locomoção por meio do uso de pernas.

Figura 2 – Robô quadrúpede



Fonte: Ahn *et al.* (2020)

O estudo conduzido por (Seo; Paik; Yim, 2019) foca no desenvolvimento de sistemas modulares de robôs reconfiguráveis (MRR), apresentando o processo de criação de um robô quadrúpede modular, ilustrado na Figura 3. Este projeto é caracterizado por sua flexibilidade, versatilidade, robustez e baixo custo em comparação com sistemas robóticos convencionais.

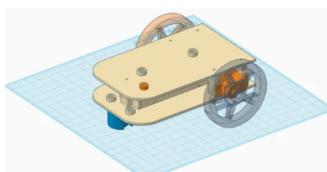
Figura 3 – Robô quadrúpede modular



Fonte: Seo, Paik e Yim (2019)

A pesquisa conduzida por (Chatzopoulos *et al.*, 2022) centra-se no desenvolvimento de um robô modular de rodas, conforme evidenciado na Figura 4. Criado para atender às necessidades educacionais de uma universidade em Atenas, o projeto foi demonstrado e testado com alunos, culminando em sua aceitação pela turma devido ao seu desempenho satisfatório.

Figura 4 – Robô modular de rodas.



Fonte: Chatzopoulos *et al.* (2022).

A pesquisa conduzida por (Srinivasa *et al.*, 2019) se dedica ao desenvolvimento de um robô de rodas acessível e de código aberto, apresentado na Figura 5, destinado ao uso tanto no ensino de robótica quanto em pesquisas correlatas. Destaca-se por ser um projeto abrangente, com suporte a uma variedade de sensores e diversas formas de controle.

Figura 5 – Robô de rodas de baixo custo e de código aberto.



Fonte: Srinivasa *et al.* (2019).

Como evidenciado, esses estudos oferecem abordagens para a robótica modular de baixo custo, entretanto, eles se concentram na modularidade de um único tipo de robô e geralmente não adotam uma abordagem de código aberto.

Como visto, uma das dificuldades é a falta de flexibilidade apresentada nesses trabalhos, já que são limitados a um único tipo de robô. Para tal, por causa da praticidade, pode-se tornar atraente o uso de uma plataforma modular de robótica, onde a mesma plataforma possa ser utilizada para uma ampla gama de aplicações, facilitando o desenvolvimento do projeto, principalmente para quem está começando na área.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada na elaboração deste trabalho iniciou-se com uma revisão bibliográfica abrangente, explorando diversos trabalhos relacionados ao desenvolvimento de plataformas robóticas. Essa análise serviu como base para a seleção dos recursos utilizados no projeto, alinhando-se à proposta de uma plataforma modular de robótica e levando em conta a aplicação sugerida para uso no ambiente acadêmico.

Na construção da plataforma, optou-se pela simplicidade como metodologia, projetando componentes modulares e de baixo custo. Essa abordagem facilita a integração e manutenção dos módulos, contribuindo para a eficiência do projeto.

A equipe projetou os módulos de forma a economizar material e garantir uma montagem resistente, utilizando parafusos. A conexão entre os módulos é facilitada pelo uso de conectores, proporcionando uma ligação simples e permitindo uma substituição rápida.

Para o controle da plataforma, adotou-se o Rosserial, possibilitando a implementação do *Robot Operating System* (ROS) em dispositivos de *hardware* e realizando a comunicação entre o microcontrolador e o computador. O uso do Rosserial permite a rápida adaptação e integração de novos módulos e componentes, oferecendo uma solução robusta e expansível que se destaca em relação a outros *frameworks* ou mecanismos de comunicação.

A equipe construiu dois robôs usando os componentes desenvolvidos para os testes da plataforma. Esses testes foram conduzidos para avaliar o funcionamento da plataforma. Durante os testes, a equipe confirmou o funcionamento da plataforma, demonstrando sua modularidade e o baixo custo investido.

4 DESENVOLVIMENTO

Esta seção trata sobre o processo de desenvolvimento do projeto, apresentando os módulos, os componentes, a construção dos robôs, o controle dos robôs, os testes da plataforma e os resultados obtidos, facilitando o entendimento do projeto e a reprodução da plataforma.

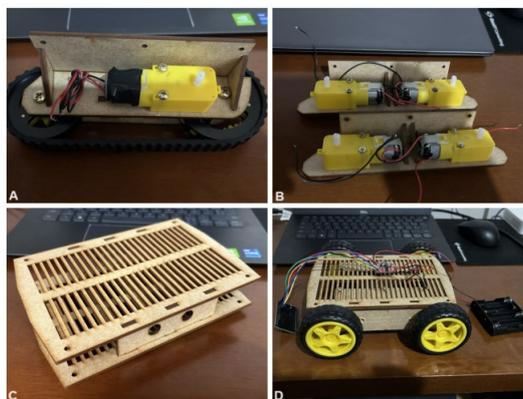
4.1 MÓDULOS

A concepção central da plataforma consiste no desenvolvimento de uma base, atuando como o núcleo essencial, conforme ilustrado na Figura 6-C. Nessa base, os componentes eletroeletrônicos são incorporados, conforme demonstrado na Figura 6-D. A partir dessa base, é possível adicionar novos módulos para expandir suas funcionalidades.

Além da base da plataforma, foram desenvolvidas duas opções de motorização, sendo uma com rodas, que pode ser observado na Figura 6-B, contando com duas rodas e dois motores por módulo e outra com esteiras, que pode ser observado na Figura 6-A, contando com o sistema de esteira e um motor para movimentar.

Todos os módulos foram projetados e construídos à mão, criando protótipos para que fossem construídas as peças finais. Para este projeto optou-se por fazer os módulos utilizando MDF de 3 mm ao invés de acrílico, devido ao custo mais baixo e a maior disponibilidade.

Figura 6 – Módulos do Robô



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A fixação dos componentes utiliza encaixes e parafusos, proporcionando maior durabilidade e estabilidade aos componentes. Para estabelecer conexões eletroeletrônicas, são empregados tanto solda quanto conectores. A solda é utilizada para os componentes eletrônicos, enquanto os conectores são empregados nos módulos.

Além dos módulos, também foram utilizados:

- Microcontrolador ESP32: componente responsável pelo controle dos motores de locomoção, emprega o Roserial, que recebe uma ordem do computador e repassa um sinal lógico para a ponte H;
- Motor DC 3-6V com caixa de redução e eixo duplo: componente usado para a locomoção dos robôs, funcionando com base na polaridade da corrente elétrica repassada pela ponte H;
- Mini ponte H dupla L298N: componente necessário para fazer o controle dos motores, onde recebe um sinal lógico e controla o movimento dos motores, com base na

polaridade da corrente elétrica;

- Suporte para 4 pilhas AA: componente que fornece energia elétrica para todo o sistema, sendo uma opção mais barata que um *powerbank*.

A comunicação entre os componentes é realizada através do uso do ROS, devido ao seu *status* como um *software* de código aberto, à sua arquitetura modular e à contribuição de uma vasta comunidade de desenvolvedores que colaboram com o ROS.

O desenvolvimento de um código em C++ foi realizado para receber as velocidades angular e linear do pacote *teleop_twist_keyboard*. Esse código cria um sistema de teleoperação utilizando o teclado do computador como *input* de dados. Além disso, é realizada a publicação de uma mensagem geométrica do tipo *Twist* no nó do ROS.

Com base nas informações repassadas via tópico, é interpretado pelo código desenvolvido, conseguindo determinar qual o sentido que o robô necessita ir, fazendo a atuação dos motores conectados à ponte H e ao microcontrolador. O código utilizado para o teste e o tutorial de instalação das funções utilizadas para o funcionamento estão disponíveis no repositório no GitHub² da plataforma.

4.2 CONSTRUÇÃO DOS ROBÔS

Após a fabricação e entrega das peças, procedeu-se à montagem do robô seguindo o projeto da plataforma modular. Todas as peças originalmente projetadas foram utilizadas, com exceção dos parafusos, dos componentes eletrônicos, das rodas e esteiras. O custo total para a construção dos dois robôs foi de 29,97 dólares³, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores dos componentes utilizados no projeto.

Componente	Quantidade	Valor total
Kit peças MDF	1	US\$ 5.05
Microcontrolador ESP32	1	US\$ 6.80
Motor DC 3-6V	6	US\$ 11.68
Ponte H	1	US\$ 0.97
Suporte de pilhas	1	US\$ 0.77
Rodas	4	US\$ 2.47
Kit esteiras	2	US\$ 2.23
Total		US\$ 29.97

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Para a montagem do robô, os componentes eletrônicos foram adicionados à base, seguido pela montagem do sistema de esteira. Após a conclusão da montagem da esteira, a mesma foi fixada na base e as conexões elétricas do robô foram realizadas.

Após os testes com o primeiro robô, que era de esteira, foram realizadas as modificações para a versão de quatro rodas, conforme demonstrado na Figura 7. Para efetuar essa modificação, foram desconectados os motores do resto da plataforma, substituindo o módulo de esteira pelo módulo de quatro rodas e refeitas as conexões elétricas, fazendo com que o robô voltasse a operar normalmente.

² <https://github.com/PlataformaModularRobotica/PMR..>

³ Referente à cotação do Dólar no dia 10/11/2023.

Figura 7 – Robô de Rodas



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

4.3 RESULTADOS

Para os testes foram desenvolvidos dois robôs diferentes utilizando a mesma base, um deles com duas esteiras e outro com quatro rodas, com o objetivo de demonstrar a modularidade do projeto e ambos utilizando a mesma eletrônica. Foram realizados os testes de locomoção dos robôs em ambientes semelhantes, como observado no vídeo disponível no Google Drive⁴.

A plataforma foi originalmente concebida e projetada para ser utilizada no ambiente acadêmico, ou seja, para uso no ensino de robótica em qualquer etapa de formação. É uma solução simples, acessível e intuitiva, que suporta dispositivos eletrônicos, como sensores, atuadores, e módulos de comunicação, além de ser compatível com sistemas como Arduino e ROS. Essa flexibilidade permite que a plataforma seja adaptada às necessidades de diferentes níveis de ensino, proporcionando uma introdução prática e amigável à robótica.

Levando em conta a simplicidade e o baixo custo do projeto, foi possível ofertar uma proposta que facilita e possibilita a implementação de aulas de robótica em escolas onde existe uma dificuldade na obtenção de equipamentos.

Além do ensino de robótica, o projeto pode ser utilizado para outras funções, por ser um projeto aberto não há limites em seu uso e reprodução. Inclusive, nada impede que o projeto seja utilizado por empresas ou lojas que fabricam e vendem *kits*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço da robótica nos últimos anos, cada vez mais pessoas acabam iniciando na área. Com esse novo público, torna-se atraente uma solução simples e de baixo custo que suporta uma ampla gama de dispositivos eletrônicos.

Para o uso no ensino de robótica, a plataforma oferece um ambiente que facilita a aprendizagem através da manipulação física de componentes, construção modular, e programação. Com suporte a sistemas como Arduino e ROS, os alunos podem interagir diretamente com o conteúdo trabalhado, programando e configurando diferentes dispositivos, o que resulta em uma experiência educacional mais envolvente e eficaz.

Conforme demonstrado no artigo, a equipe realizou o desenvolvimento da plataforma, atendendo aos objetivos inicialmente definidos e comprovando o funcionamento da plataforma, sua modularidade e o funcionamento dos robôs, os quais foram apresentados em vídeo. A equipe também compartilhou o projeto e deu início a um trabalho que, no futuro, poderá tornar-se algo maior. Será necessário tempo para permitir as interações e os novos desenvolvimentos realizados por outros contribuintes.

⁴ https://drive.google.com/drive/folders/1F_3DiNr0FQ1aMm1ZwJHk8PkYy-gGFh0U?usp=sharing.

O trabalho atendeu as expectativas e abriu novas possibilidades, podendo num futuro, ser aplicado em escolas ou universidades para auxiliar o ensino de robótica e programação, além disso, aulas dinâmicas acabam despertando um maior interesse dos alunos, podendo facilitar o entendimento da matéria pelos jovens.

Para trabalhos futuros, é recomendado realizar algumas alterações no robô, como a instalação de motores com um torque maior, um sistema de Wi-Fi mais potente que cubra uma área maior, e o desenvolvimento de novos componentes e modelos de robôs. A implementação dessas melhorias certamente ampliará as capacidades e eficiência do projeto.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

AHN, Michael *et al.* Robel: Robotics benchmarks for learning with low-cost robots, p. 1300–1313, 2020.

BALOGH, Richard; FUNDAREK, Lubomir; LIPKOVA, Michala. Open Design Meets Robotics-Customizable Educational Robot Construction System. *In: PROCEEDINGS of the International Conference on Robotics in Education (RiE)*. Cham: Springer, 2022. P. 137–149.

BELPAEME, Tony *et al.* Social robots for education: A review. **Science robotics**, American Association for the Advancement of Science, v. 3, n. 21, p. 54–59, 2018.

CHATZOPOULOS, Avraam *et al.* A novel, modular robot for educational robotics developed using action research evaluated on Technology Acceptance Model. **Education Sciences**, MDPI, v. 12, n. 4, p. 274, 2022.

OZYALCIN, Kubilay *et al.* New Design and Development of Reconfigurable-Hybrid Hexapod Robot. *In: PROCEEDINGS of the IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. Washington, DC: IEEE, 2018. P. 2583–2588.

REVANKAR, Gajanan Ullas. THE EVOLUTION OF ROBOTICS, 2023.

SEO, Jungwon; PAIK, Jamie; YIM, Mark. Modular reconfigurable robotics. **Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems**, Annual Reviews, v. 2, p. 63–88, 2019.

SRINIVASA, Siddhartha S *et al.* MuSHR: A low-cost, open-source robotic racecar for education and research. **arXiv preprint arXiv:1908.08031**, 2019.

TAKEDA, Yukio; CARBONE, Giuseppe; BAI, Shaoping. **Advances in Robotics and Mechatronics**. v. 9. Basel, Switzerland: MDPI, 2020. P. 36.

UGGERI, Sabrina Saucedo; POSSAMAI, Vinicius. O crescente uso da robótica nas indústrias. **SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA GESTÃO E EDUCAÇÃO**, v. 2, n. 1, 2020.

ZOU, Yibo *et al.* Towards robot modularity—A review of international modularity standardization for service robots. **Robotics and Autonomous Systems**, Elsevier, v. 148, p. 103943, 2022.