

MODELAGEM E CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ MÓVEL DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO MANUFATURA ADITIVA

MODELING AND CONSTRUCTION OF A LOW-COST MOBILE ROBOT ADOPTING ADDITIVE MANUFACTURING

Vitor Fernando de Souza Gadelha¹
Sandro Azevedo da Mota²
Marcos Vinícius Souza da Costa³
Emanuel Tiago de Souza da Silva⁴
Almir Kimura Junior⁵
Moisés Pereira Bastos⁶

Resumo – *A utilização de robôs móveis está cada vez mais presente no desenvolvimento da sociedade, desde tarefas simples como serviços domésticos até as tarefas mais complexas como missões de resgate. O principal desafio de um robô móvel se dá quando o robô está inserido em um ambiente desconhecido, fazendo com que sua rota seja recalculada diversas vezes, a partir da detecção de informações do ambiente, até atingir seu objetivo final. Sendo assim, esse artigo propõe a modelagem e construção de um robô móvel de baixo custo capaz de se locomover em ambientes internos. O modelo 3D do veículo foi projetado utilizando o software Solidworks e para redução do custo de produção, suas peças foram produzidas utilizando impressão 3D. Para melhorar as conexões entre os componentes eletrônicos foi desenvolvida uma Placa de Circuito Impresso no Proteus. O robô foi montado e testado em ambientes internos, conseguindo se locomover pelo ambiente conforme o planejado no projeto.*

Palavras-chave: *Robótica Móvel. Modelagem. Impressão 3D.*

Abstract - *The use of mobile robots is increasingly present in the development of society, from simple tasks such as domestic services to more complex tasks such as rescue missions. The main challenge of a mobile robot occurs when the robot is inserted in an unknown environment, causing its route to be recalculated several times, from the detection of information from the environment, until reaching its final goal. Therefore, this article proposes the modeling and construction of a low-cost mobile robot capable of moving around indoors environments. The 3D*

¹ Bacharel em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: vitorfgadelha@gmail.com.

² Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: sam.eai18@uea.edu.br.

³ Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: mvc.eai18@uea.edu.br.

⁴ Graduando em Engenharia Elétrica (UEA). Contato: etss.eng17@uea.edu.br.

⁵ Professor do Departamento de Controle e Automação (UEA). Contato: akimura@uea.edu.br.

⁶ Professor do Departamento de Controle e Automação (UEA). Contato: mpbastos@uea.edu.br.

model of the vehicle was designed using the Solidworks software and to reduce the production cost, its parts were produced using 3D printing. To improve the connections between the electronic components, a Printed Circuit Board was developed in Proteus. The robot was assembled and tested indoors, being able to move around the environment as planned in the project.

Keywords: *Mobile Robotics. Modeling. 3D Printing.*

I. INTRODUÇÃO

A habilidade de navegar, monitorar ambientes e se locomover por ambientes é de suma importância para o desenvolvimento da sociedade. No entanto, nem sempre é possível fazer esse monitoramento em determinados locais, visto a dificuldade de acesso em determinados ambientes ou a hostilidade do ambiente ao ser humano. Sendo assim, muitas vezes se faz necessária a utilização de tecnologias como robôs móveis para solucionar esse desafio.

Matarić (2007) define robô como um sistema capaz de realizar tarefas de forma autônoma a fim de atingir determinado objetivo, podendo sentir o ambiente e responder sobre ele. Dudek e Jenkin (2010) definem a robótica móvel com uma área de pesquisa que lida com o controle de sistemas autônomos e veículos semiautônomos. A diferença da robótica móvel para outras áreas como a robótica de manipuladores convencional é a ênfase em solucionar problemas que exigem a compreensão do espaço em grande escala, ou seja, regiões do espaço onde não é possível observar de um único ponto.

Em Bouton, Grand e Benamar (2020), os autores apresentam o *design*, controle e implementação de um robô que possui rodas sob pernas e é capaz de se adaptar conforme o terreno em que está se locomovendo. Já em Sena Filho et al. (2020), é desenvolvido um robô autônomo para ambientes capaz de interpretar placas do Código de Trânsito Brasileiro. Por fim, pode-se ver em Mrozik et al. (2020), um robô móvel desenvolvido utilizando manufatura aditiva com um sistema de propulsão não convencional para locomoção no ambiente.

Neste contexto, este artigo apresenta o processo de modelagem e construção de um robô autônomo de baixo custo e pequeno porte capaz de se locomover em ambientes internos planos. O robô foi projetado utilizando o *software* Solidworks e para diminuição do custo de manufatura das peças, optou-se pela utilização de impressão 3D para a construção do mesmo.

II. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do robô, inicialmente foi feita a modelagem 3D do mesmo utilizando o *software* Solidworks. O primeiro modelo projetado consistia em um robô com o chassi aberto, comportando todas as peças na base principal, que pode ser visto na figura 1.

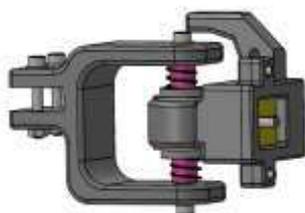
Figura 1 - Projeto do Modelo 3D do robô



Fonte: Autores, 2022.

Para fazer com que o robô pudesse se locomover mantendo a estabilidade mesmo com pequenas irregularidades no solo, foi desenvolvido um sistema de amortecimento, similar ao apresentado por Bouton, Grand e Benamar (2020), em que cada roda possui um sistema de molas, visto na figura 2, que compensa o desnível do solo sentido pelo robô. Para o controle de direção das rodas, foi desenvolvido um sistema de direção baseado no mecanismo de quatro barras que faz a transmissão de movimento do servomotor para a peça de suporte do motor de tração acoplado, conforme figura 3.

Figura 2 - Sistema de molas projetado Figura 3 - Sistema de direção projetado



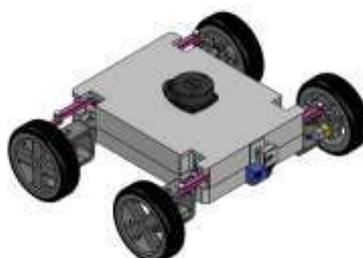
Fonte: Autores, 2022.



Fonte: Autores, 2022.

Após algumas simulações e testes, notou-se que o ideal era ter um robô fechado para melhorar a passagem de fios entre os componentes e protegê-los de qualquer tipo de dano proveniente do ambiente. Sendo assim, o chassi foi reprojeto de forma a mantê-lo fechado utilizando apenas um encaixe entre a base e a tampa do chassi, mantendo o design das outras peças, conforme figura 4.

Figura 4 - Modelo 3D final do robô



Fonte: Autores, 2022.

Para a impressão das peças optou-se por utilizar dois tipos de filamentos diferentes, sendo eles o PLA (Ácido Poliláctico) e o ABS (Acrinonitrilo-butadieno-estireno). Como o chassi do robô necessita de maior resistência, foi escolhido o filamento de ABS que possui maior resistência mecânica e térmica, trazendo maior durabilidade ao chassi. Já para o restante das peças, foi escolhido o PLA por ser um material fácil de se encontrar no mercado e pela facilidade de impressão. Os parâmetros de impressão das peças podem ser vistos na tabela 1.

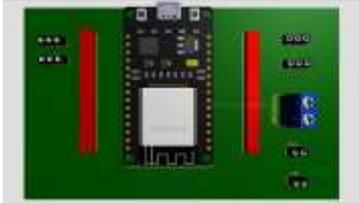
Tabela 1 - Parâmetros de impressão das peças

Parâmetro	Especificação
Preenchimento	20%
Altura de Camada	0,3mm
Velocidade de Impressão	80mm/s
Largura da Parede	0,48mm
Perímetro	4 paredes

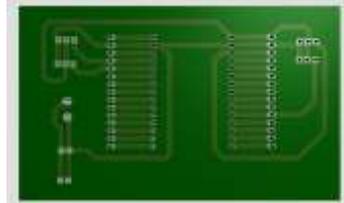
Fonte: Autores, 2022

Para facilitar a conexão dos componentes eletrônicos utilizados, foi desenvolvida uma Placa de Circuito Impresso (PCI) que funciona como um *shield* para o ESP32 e facilita a passagem dos cabos por dentro do chassi do robô. O projeto da placa foi feito utilizando o *software Proteus* e o design da placa pode ser visto nas figuras 5 e 6.

Figura 5 – Vista superior da placa projetada Figura 6 – Vista inferior da placa projetada



Fonte: Autores, 2022.



Fonte: Autores, 2022.

III. RESULTADOS

Com todas as peças do robô impressas, o robô começou a ser montado ajustando a tampa e base do chassi e o resultado pode ser visto na figura 7. Após a montagem, o protótipo apresentou 385mm de comprimento, 476mm de largura, 173,25 mm de altura e massa total de 4,3 kg. Com isso, o protótipo foi testado no solo em um piso plano pintado com tinta epóxi e conseguiu se locomover por todo o ambiente de testes.

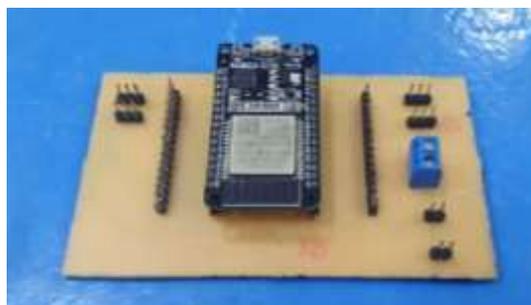
Figura 7 - Robô montado para início dos testes de locomoção



Fonte: Autores, 2022.

A placa PCI desenvolvida passou por um processo de testes de continuidade e de solda e após a validação, foi pintada utilizando uma tinta especial para proteger as trilhas. A placa produzida pode ser vista na figura 8.

Figura 8 - Placa desenvolvendo para o protótipo



Fonte: Autores, 2022.

O custo total de material consumido para a construção do protótipo pode ser visto na tabela 2. Nota-se que o maior valor na implementação do projeto é proveniente

dos componentes eletrônicos utilizados, podendo ser substituídos por outros de menor valor para diminuição de custo.

Tabela 2 - Custos principais de montagem do robô

Material	Valor
Produção das Peças	R\$ 217,80
Componentes Eletrônicos	R\$ 1457,93
Parafusos, porcas e arruelas	R\$ 93,93

Fonte: Autores, 2022.

Comparando o custo de produção a outros robôs móveis de função similar conhecidos no mercado como o Turtlebot da Clearpath Robotics e o robô educativo Robomaster S1 da DJI, o robô projetado neste artigo apresentou o menor custo, como pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3 - Custos de robôs com função similar no mercado

Robô	Valor
Turtlebot	R\$ 6139,00
Robomaster S1	R\$ 3165,00
Protótipo desenvolvido	R\$ 1769,66

Fonte: Autores, 2022.

IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a modelagem e construção de um robô móvel de baixo custo projetado para locomoção e mapeamento de ambientes internos. Os testes de locomoção do robô em ambientes internos e controlados apresentaram um bom resultado, garantindo uma boa movimentação das rodas em pisos planos e pisos levemente irregulares.

No âmbito da pesquisa, pode-se citar o estímulo ao desenvolvimento de robôs móveis e sistemas embarcados para execução de tarefas simples. Além disso, o projeto pode ser utilizado para divulgação da robótica nas universidades, a fim de buscar novos projetos e designs para robôs similares.

A fim de melhorar o funcionamento do robô, serão implementadas melhorias no mecanismo de quatro barras utilizado para direção e serão utilizados motores com maior torque para facilitar a locomoção em alguns ambientes. Além disso, serão feitos ajustes na programação do robô para torná-lo autônomo a fim de aprimorar o sistema de navegação utilizado, acrescentando novas funcionalidades ao mesmo.

Por fim, como trabalhos futuros, sugere-se a utilização de *encoders* para um melhor controle da velocidade do robô e desenvolver peças de maior resistência para dar maior robustez ao protótipo, fazendo com que ele possa se locomover por ambientes que possam apresentar maior risco a sua estrutura.

V. REFERÊNCIAS

Bouton, A., Grand, C., Benamar, F.. Design and control of a compliant wheel-on-leg rover which conforms to uneven terrain. **IEEE/ASME Transactions on Mechatronics**, 5(5), 2354–2363, 2020.

de Sena Filho, E., da Terra C. Júnior, A.A., Cordeiro, I.G.D., de Souza, J.P.G., Diniz, M.B., Avila, J.A.C., Pádua, F.L.C., Batista, N.C.. Desenvolvimento de um robô autônomo em cenário educativo. **Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Automática**, 2020.

Dudek, G. and Jenkin, M.. **Principles of Mobile Robotics**. Cambridge University Press, 2010.

Matarić, M.J.. **The Robotics Primer**. MIT Press, 2007.

Mrozik, D., Mikolajczyk, T., Moldovan, L., & Pimenov, D. Y.. Unconventional drive system of a 3D printed wheeled mobile robot. **Procedia Manufacturing** 46, 509-516, 2020.

VI. AGRADECIMENTOS

O presente artigo é decorrente do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Projeto Samsung Ocean 2.0, que conta com financiamento da Samsung, usando recursos da Lei de Informática para a Amazônia Ocidental (Lei Federal nº 8.387/1991), estando sua divulgação de acordo com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.