

SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DE ROBÔ MANIPULADOR COM RESTRIÇÃO DE ORIENTAÇÃO

João Gabriel da Anunciação Calmon¹; Bruno Schettini Soares Pereira²

¹ Graduando em Engenharia Elétrica; Iniciação científica; jgabrielcalmon1@hotmail.com

² Departamento de Robótica, SENAI CIMATEC; Salvador-BA; bruno.pereira@fieb.org.br

RESUMO

Os robôs manipuladores são uma possível solução para tarefas agrícolas, tais como poda e colheita de cultivos. Alguns dos desafios presentes nessa área são a variabilidade natural de iluminação, das plantações e dos cultivos em si, bem como a existência de um ambiente não estruturado para soluções robóticas. No presente trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema planejador de trajetória com restrição de orientação para deslocamento ao longo dos vértices de um retângulo no espaço. Para tanto, foi empregado o pacote moveit para ROS como solucionador de trajetória, de forma a simplificar um problema de controle de um sistema não linear e multivariável. Tais tarefas servem para fundamentação teórica de uma solução robótica integrada a ser proposta em trabalhos futuros, a fim de execução autônoma de identificação, localização e manipulação de itens agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: robô manipulador; cinemática inversa; planejamento de trajetória.

1. INTRODUÇÃO

Os robôs manipuladores têm sido utilizados como uma nova tecnologia para automatização de atividades agrícolas, tais como colheita e poda. Um dos principais desafios dessa área está na própria configuração do ambiente, o qual naturalmente apresenta características e infraestrutura não estruturados para robôs. Nesse contexto, Molaei e Ghatrehsamani¹ propuseram um sistema de poda de parreiras em ambiente simulado. Uma característica do sistema proposto é a presença de dois manipuladores sobre uma base móvel capazes de trabalhar simultaneamente em lados opostos da planta. Também, a base móvel possui uma estrutura de cobertura, bloqueando a luz solar, e iluminação artificial, o que possibilita a padronização e ajuste dos níveis de luminosidade, diminuindo assim o impacto da variação natural desta variável e consequentemente aumentando a assertividade e confiabilidade da solução proposta. Zahid et al.², por sua vez, mostram que a poda manual de macieiras requer entre 80 a 120 horas de trabalho por hectare cultivado, necessitando de mão-de-obra experiente e qualificada para tal, e representa um quinto dos custos da produção. Nesse contexto os autores propõem um robô manipulador com 6 graus de liberdade, o qual foi posto para podar um modelo virtual simplificado da copa de uma macieira.

Considerando os trabalhos desenvolvidos com robôs reais, isto é, fora do ambiente simulado, Kim et al.³ apresentaram um robô manipulador capaz de colher tomates através do corte do pedúnculo e classificá-los quanto ao grau de maturação por meio de uma rede neural artificial. Zhang et al.⁴ desenvolveram um robô para colheita com uma garra personalizada utilizando a plataforma robótica denominada *Fetch*. O diferencial da ferramenta proposta é sua capacidade de realizar o corte do pedúnculo ao mesmo tempo que segura o cultivo colhido.

Desta forma, o presente trabalho apresenta desafios iniciais necessários à solução da robótica no meio agrícola, buscando consolidar conceitos de controle do *end-effector* de um robô manipulador em uma trajetória pré-determinada no seu espaço de trabalho mantendo a orientação (ou ângulo de ataque) na ponta do equipamento. Isto posto, o trabalho está dividido da seguinte forma: a seção 2 apresenta a metodologia empregada para os testes realizados até então, a seção 3 apresenta resultados preliminares e a seção 4 por fim traz algumas conclusões do que foi realizado até então.

2. METODOLOGIA

O *end-effector* de um manipulador é algo essencial para realização da sua missão, já que a ferramenta será o atuador que realizará efetivamente a tarefa proposta, enquanto o restante da estrutura, isto é, o manipulador em si, é responsável pelo posicionamento do primeiro. Zhang et al.⁵, por exemplo, apresentaram uma revisão do estado da arte exclusivamente sobre a variedade de modelos e tecnologias empregadas nas garras robóticas, bem como um comparativo de vantagens e desvantagens entre elas.

Para realização do presente trabalho, o robô manipulador Open Manipulator Pro⁶ foi usado como base de testes, dada a disponibilidade do recurso no Centro de Competência de Robótica e Sistemas

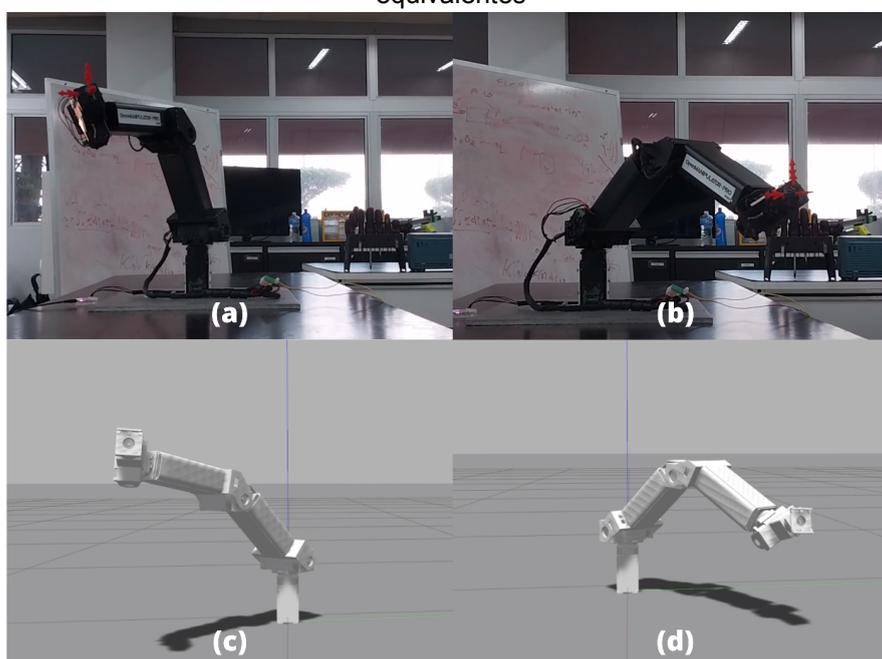
Autônomos do SENAI CIMATEC, visto que trata-se de um dispositivo de código aberto com plena capacidade de customização e acesso à informações internas, permitindo maior controle de seus atuadores internos e integração com agentes externos, tais como câmeras estéreo e garras para colheita ou corte de podas.

Quanto à parte de *software*, foi utilizado o pacote *Movelit* (2022): um solucionador de trajetória para manipuladores desenvolvido e integrado ao ROS (*Robot Operating System*), sendo um elemento necessário para simplificar problemas de controle de um sistema não linear e multivariável, simplificado este em problemas de controle de posição de juntas e, por consequência mais simples de serem sintonizados e projetados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PLANEJAMENTO DE TRAJETÓRIA

Figura 1 - Deslocamento do robô manipulador ao longo dos vértices de um retângulo. (a) e (b) apresentam o manipulador real em dois pontos distantes e (c) e (d) apresentam o robô em ambiente simulado nos pontos equivalentes



fonte: Elaboração própria

A simulação se constitui como uma etapa essencial na validação de conceitos, isso porque, desta forma é possível garantir a integridade do robô, já que movimentos danosos ao equipamento são identificados no ambiente virtual antes da realização do deslocamento em si. Adicionalmente, a efetividade de algoritmos a serem desenvolvidos podem ser realizados de forma remota, sem a necessidade de testes de bancada, melhorando a segurança dos testes e protegendo o equipamento caso algum erro grave ocorra durante o desenvolvimento.

Na primeira etapa da tarefa de movimentação do manipulador, foi considerada tão somente as coordenadas dos quatro vértices de um retângulo e percebeu-se que, a cada nova execução, a angulação do manipulador era distinta, já que a sua orientação era atribuída arbitrariamente pelo planejador de trajetória, dada a existência de inúmeras soluções válidas. Em seguida, foi realizado o mesmo trajeto utilizando uma restrição via código na fixação da orientação do *end-effector*. Dessa forma, o número de soluções possíveis foi reduzido em relação ao primeiro caso e notou-se que o manipulador necessitou realizar movimentos de compensação para manter a orientação fixa. A implicação deste fato é que as medidas máximas dos lados dos retângulos foram diminuídas, ou seja, seu intervalo de operação foi reduzido. Futuras investigações buscarão desenvolver trajetórias mais complexas e assertivas.

É possível observar nas figuras 1 (a) a 1 (d) como o *end-effector* do manipulador alcança as arestas de um retângulo e, como sua orientação se mantém constante, como era esperado. Vale destacar que uma representação dos eixos cartesianos foi acoplada ao *end-effector* para fins de referência. Nas figuras 1 (c) e 1 (d) é possível observar seu comportamento em ambiente simulado, enquanto as figuras 1 (a) e 1 (b) apresentam a mesma implementação no robô físico com resultados visivelmente similares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma visão geral de como os robôs manipuladores estão sendo utilizados como soluções para os desafios enfrentados pelo setor agrícola. Além disso, foi demonstrado como o Open Manipulator Pro pode ser empregado para se deslocar dentro do espaço de trabalho, utilizando as coordenadas dos vértices como entrada e com a restrição de manter a mesma orientação ao alcançar os pontos-alvo.

Trabalhos futuros podem realizar a integração de câmeras ao sistema para localização dos pontos-objetivo e assim acoplar um sistema de detecção de posição baseado em visão computacional com o já implementado de planejamento de trajetória e atuação, possibilitando assim uma atuação autônoma em atividades complexas de colheita e/ou poda.

5. REFERÊNCIAS

¹MOLAEI, Faezeh; GHATREHSAMANI, Shirin. Kinematic-Based Multi-Objective Design Optimization of a Grapevine Pruning Robotic Manipulator. *AgriEngineering*, 2022, 4.3: 606-625.

²ZAHID, Azlan, et al. Collision free path planning of a robotic manipulator for pruning apple trees. In: 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2020. p. 1.

³KIM, JoonYoung, et al. Tomato harvesting robotic system based on Deep-ToMaToS: Deep learning network using transformation loss for 6D pose estimation of maturity classified tomatoes with side-stem. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2022, 201: 107300.

⁴ZHANG, Tan, et al. An autonomous fruit and vegetable harvester with a low-cost gripper using a 3D sensor. *Sensors*, 2019, 20.1: 93.

⁵ZHANG, Baohua, et al. State-of-the-art robotic grippers, grasping and control strategies, as well as their applications in agricultural robots: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 177: 105694.

⁶ROBOTICS GIT. open_manipulator_p. GitHub. 2020. Disponível em: <https://github.com/ROBOTIS-GIT/open_manipulator_p>. Acesso em: 2 Dez. 2022.