

TAREFAS AUTOMÁTICAS APLICADAS A UM MANIPULADOR ROBÓTICO DE 5-DOF

Felipe Rodrigues Nascimento¹, Rebeca Tourinho Lima², Marco Antônio dos Reis³

¹ Bolsista; Iniciação tecnológica – EMBRAPPII; r.nascimento.felipe@gmail.com

² Mestre; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; rebeca.lima@fieb.org.br

³ Mestre; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; marcoreis@fieb.org.br

RESUMO

Motivado pelos benefícios do uso de robôs de serviço e sua ascensão, este estudo tem como objetivo mostrar as possibilidades do uso de um manipulador robótico para tarefas automáticas. As experiências apresentadas foram conduzidas usando o manipulador robótico de código aberto PhantomX Reactor com o framework ROS e aplicações de visão computacional usando as bibliotecas OpenCV e ArUco. Essa configuração possibilitou ao robô procurar e reconhecer marcadores, usando uma câmera acoplada a ele e depois manipular objetos sob movimentos predefinidos. Os resultados demonstram que o robô é capaz de executar tarefas de maneira precisa e confiável, possibilitando o dimensionamento dessas funções em robôs industriais de intervenção visto que os conceitos são os mesmos e as funcionalidades são semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: manipulador robótico, robôs de serviço, ROS, reconhecimento de marcador

1. INTRODUÇÃO

Os manipuladores robóticos são muito úteis e usados para muitas aplicações robóticas quando é necessário manipular objetos no ambiente, como tarefas de coleta e entrega de objetos, soldagem, e pintura. Como os robôs de serviço estão cada vez mais presentes e têm um grande potencial de impacto em todos os níveis da sociedade, o uso de robôs manipuladores também está aumentando porque eles desempenham um papel muito importante na interação com seres humanos e o meio, proporcionando uma melhor experiência para os usuários e ampliando as possibilidades de como os robôs podem nos ajudar em diferentes tarefas.^{1,2,3} Este artigo apresenta os resultados da manipulação de objetos, reconhecimento de marcadores e execução automática de *poses* (a *pose* de um robô representa sua posição e orientação em um sistema de coordenadas fixo no espaço) usando o robô *PhantomX Reactor*, um manipulador robótico de 5-DoF (*degrees of freedom*) desenvolvido pela *Interbotix Labs* para fins educacionais e de pesquisa.¹

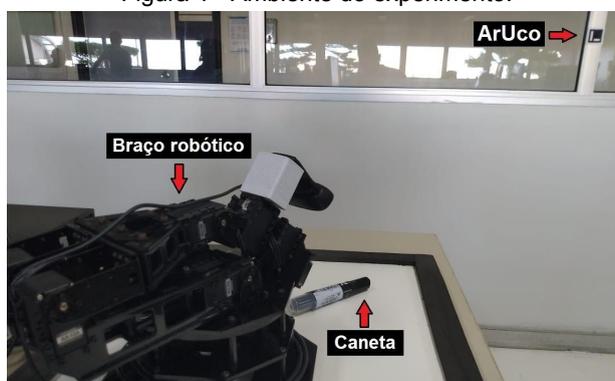
2. METODOLOGIA

O *PhantomX Reactor*, escolhido para este estudo, é pequeno, oferece agilidade, bom alcance, força considerável e ótima estrutura. E para este estudo, a única modificação necessária no *hardware* do robô foi a fixação de uma câmera por meio de uma montagem 3D projetada e impressa especialmente para ele. Para facilitar o desenvolvimento do *software* necessário para executar as tarefas foi adotado o *framework* ROS Melodic Morenia, simplificando a criação de comportamentos complexos para o manipulador robótico. Neste estudo, também foi necessário adquirir imagens da câmera acoplada, processá-las para reconhecer um marcador esperado e executar uma ação. Para tornar isso possível, a biblioteca de código aberto para visão computacional OpenCV 3.2.0 foi aplicada em conjunto com a biblioteca de marcadores ArUco. Com todos esses recursos combinados, muitas implementações com este manipulador robótico são possíveis.^{1,4,8}

Neste estudo o robô começa a procurar horizontalmente um marcador e só inicia a trajetória para segurar o objeto quando o marcador visual é reconhecido. Após segurar o objeto, ele inicia uma trajetória para soltá-lo em outra posição do espaço, e então, retorna à sua posição inicial e repete o processo. Foram desenvolvidas aplicações para fazer o reconhecimento do marcador e executar uma sequência de *poses* predefinidas, porém, outras aplicações de terceiros serviram de base para que estas funcionassem.

Como o robô é programado para executar uma sequência predefinida de *poses* para concluir as tarefas, o objeto (uma caneta) precisa estar na posição exata em que o robô está programado para segurá-lo. Portanto, é necessário preparar a configuração e o posicionamento do robô, da caneta e do marcador ArUco nos locais corretos para que a aplicação funcione corretamente. A Figura 1 apresenta a configuração do experimento, onde é possível ver o marcador ArUco de ID=1 (sua identificação dentro da biblioteca ArUco) fixado na parede de vidro. Quando o robô recebe os comandos para se mover e alcançar uma *pose*, todos os motores se movem ao mesmo tempo até atingir a *pose* solicitada. Como os motores se movem simultaneamente, a sequência de poses foi determinada com cautela para que o robô não colidisse contra si mesmo e contra os obstáculos do ambiente.

Figura 1 - Ambiente do experimento.



Fonte: Autor.

A única variável controlada nesta aplicação foi a posição angular (em radianos) dos motores. As *poses* são publicadas uma de cada vez, contendo os valores em radianos para cada motor, e continuam até que todos os motores atinjam a posição desejada, com a condição de possuir um erro menor que 0,08 rad, evitando o recebimento de solicitação para fazer mais de uma *pose* simultaneamente, mantendo uma boa precisão sem prejudicar o funcionamento da aplicação.

A autonomia é um recurso fundamental para um robô, que precisa ser preciso e confiável. Este estudo analisou se o robô pode executar as *poses* corretamente e quanto tempo é consumido para completar a tarefa. Além disso, foi avaliado se as trajetórias do robô produziram colisão com ele mesmo ou o ambiente. Também foi analisado se o robô sempre reconheceria o marcador e em quanto tempo o faria, quantas tentativas o robô precisaria para reconhecer o marcador e se ele reconheceria outros marcadores além do esperado. Também avaliou-se como a dinâmica do ambiente (movimentação de pessoas nas proximidades do marcador, por exemplo) afetaria os resultados e a precisão e estabilidade com que o robô seguraria o objeto.¹

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora o robô tenha concluído todas as tarefas em 50 tentativas, seguindo a sequência exata de *poses* e manipulando o objeto com precisão, ele mostrou alguns movimentos bruscos, principalmente assim que reconheceu a *tag* ArUco e iniciou a trajetória para segurar o objeto. Nesse momento, algumas vezes era possível observar um desequilíbrio na base do robô, indicando que essa transição de *pose* requeria mais atenção para tornar o movimento mais suave e para manter o robô estável, o que pode ser feito controlando a velocidade do robô nessa etapa, já que é a mesma durante toda a tarefa.

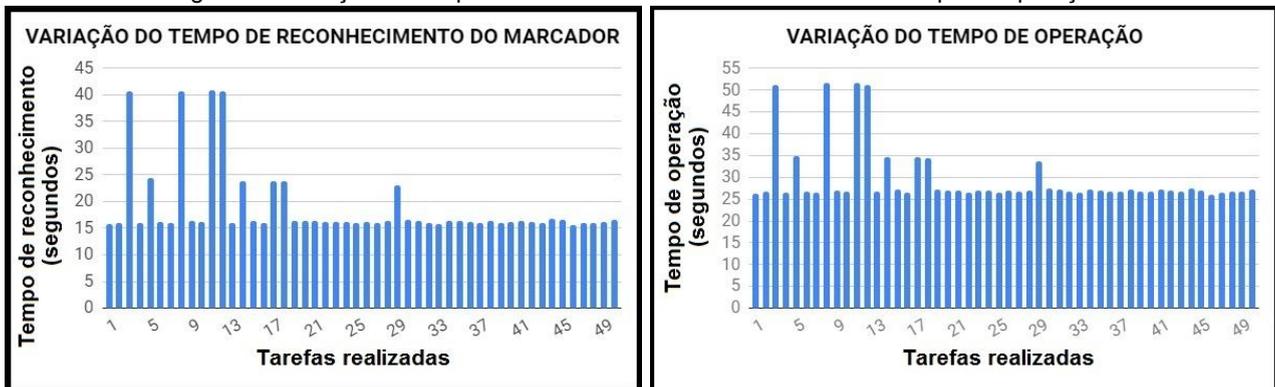
Durante a maioria das tentativas de reconhecimento, o marcador foi reconhecido à primeira vista, assim que o robô começou a procurar no seu lado esquerdo, resultando em um tempo médio de 16,17 s para concluir o processo de reconhecimento do marcador. Porém, algumas vezes o robô levou mais tempo para reconhecer o marcador. Ele procurou até o final do seu lado esquerdo e, ao retornar movendo-se para sua direita e passando pelo marcador, o reconheceu, resultando em uma média de 23,78 s. Apenas 4 vezes o robô reconheceu o marcador com uma média de 40,71 s quando precisou procurar no seu lado esquerdo uma segunda vez. Considerando todas as 50 tarefas de reconhecimento de marcador realizadas pelo robô, o tempo médio geral de reconhecimento foi de 18,9 s e essa variação nas tentativas de tarefas é apresentada na Figura 2a.

No processo de reconhecimento do marcador houve um desempenho ruim quando pessoas passaram andando atrás da parede de vidro ao lado do marcador, fazendo com que o robô não reconhecesse o marcador na primeira vez que passasse por ele, o que resultou num tempo maior de reconhecimento. Esse fato, em conjunto com o tamanho do marcador, a distância da câmera, e a velocidade do robô, podem ter levado a essa redução de precisão no processo. Percebeu-se porém que, quando não havia mudança no ambiente próximo ao marcador, o processo de reconhecimento apresentava grande precisão e agilidade. Então, é possível supor que, para obter um rápido reconhecimento, é importante posicionar o marcador de maneira que não se misture com a dinâmica do ambiente, o que significa evitar posicioná-lo muito perto de superfícies transparentes ou com padrões de cores semelhantes. É possível também aplicar técnicas de visão para lidar com tais perturbações.

Esse atraso no processo de reconhecimento que ocorreu em algumas tentativas de tarefa produziu uma variação no tempo de execução da tarefa proporcional à variação do processo de reconhecimento,

conforme apresentado na Figura 2b, impactando diretamente o tempo de execução médio de toda a tarefa, que foi de 29,54 s, sem atraso significativo nas demais fases da tarefa principal.

Figura 2 - Variação do tempo de reconhecimento do marcador e do tempo de operação.



a) Variação do tempo de reconhecimento do marcador.

b) Variação do tempo de operação.

Fonte: Autor.

Outro problema registrado no processo de reconhecimento de marcadores foi o reconhecimento recorrente de marcadores ArUco que não estavam presentes no ambiente. Houve três marcadores ArUco inesperados que foram reconhecidos, os marcadores em ID=0, ID=1022, e ID=1023. Essa falha de reconhecimento pode significar que os padrões ambientais em preto e branco podem ser muito semelhantes a esses marcadores, e o robô acabou se confundindo. Portanto, é necessário testar o reconhecimento do robô no ambiente antes de definir os IDs dos marcadores ArUco a serem usados nas aplicações, e uma solução rápida é evitar usar esses IDs de incompatibilidade em potencial para acionar rotinas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstra resultados promissores para execução automática de poses, reconhecimento de marcadores e manipulação de objetos, por ter êxito em fazer um robô manipulador completar todas as tarefas propostas, apesar de baixo desempenho no reconhecimento de marcador em poucas ocasiões, especialmente no uso de um manipulador robótico barato, se comparado à pesquisa profissional e manipuladores robóticos industriais. As tarefas executadas para o robô neste estudo são essenciais para robôs de serviço, que precisam ser autônomos, compreender e interagir com humanos e o meio ambiente. Os resultados obtidos neste estudo são os primeiros passos para desenvolver um robô de serviço que pode ajudar as pessoas em tarefas reais. E ainda como fruto deste estudo, um artigo foi submetido ao evento BRAHUR/BRASERO 2020, que ocorrerá na cidade de Salvador/BA. O trabalho futuro para melhorar essa aplicação e criar um manipulador robótico autônomo é fornecer mais inteligência para adaptar suas ações de acordo com o ambiente e a tarefa solicitada, tornando o robô apto a reconhecer os limites da sua estrutura e compreender como ela se move, e detectar obstáculos no ambiente para não executar trajetórias que possam causar colisões. Para levar sua visão para o próximo nível, um algoritmo poderia ser desenvolvido para identificação de objetos, assim, o uso de marcadores já não seria necessário.

5. REFERÊNCIAS

- ¹QUIGLEY, Morgan e GERKEY, Brian e SMART, William D. **Programming Robots with ROS: a practical introduction to the Robot Operating System**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015.
- ²WIRTZ, Jochen et al. **Brave new world: service robots in the frontline**. Emerald Publishing Limited, 2018.
- ³ROBOTICS TOMORROW. **What are service robots**. Disponível em: <https://www.roboticstomorrow.com/article/2019/02/what-are-service-robots/13161>. Acesso em: 02 de março de 2020.
- ⁴TROSSEN ROBOTICS. **PhantomX Reactor Robot Arm Kit**. Disponível em: <https://www.trossenrobotics.com/p/phantomx-ax-12-reactor-robot-arm.aspx>. Acesso em: 02 de março de 2020.
- ⁵GARRIDO-JURADO, Sergio et al. **Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion**. Pattern Recognition, vol. 47, no. 6, pp. 2280–2292, 2014.