



4º Congresso Brasileiro
de Ciência e Saberes
Multidisciplinares
**tudo é
ciência**
11º Encontro de Extensão
Universitária do UniFOA

**23 a 25
de outubro**

Submissões abertas até 07/09

Implementação e controle de operações pick-and-place em braço robótico ned utilizando simulação webots

Vitor Amadeu Souza¹; 0009-00-02-1857-6799

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
vitor.amadeu@foa.org.br

Resumo: Este estudo apresenta a implementação e análise de um sistema de controle para o braço robótico Ned em ambiente de simulação Webots, focando em operações de pick-and-place e controle individual de juntas. O sistema desenvolvido utiliza interface de teclado para controle manual dos seis graus de liberdade do manipulador, além de implementar sequências automatizadas para demonstração e operações de pega e coloca. A metodologia envolveu a programação em linguagem C utilizando as bibliotecas específicas do Webots para controle de motores, sensores e interface humano-máquina. Os resultados demonstraram a eficácia do sistema implementado para controle de cada junta individualmente, com velocidades configuráveis de 1.0 rad/s para operações manuais e 0.5 rad/s para operações automatizadas. O sistema de garra apresentou funcionamento adequado com abertura máxima de 0.01 metros e fechamento completo. As sequências automatizadas mostraram-se eficientes para operações de pick-and-place, com tempos de execução otimizados através de esperas passivas calculadas. Este trabalho contribui para o entendimento da implementação de sistemas de controle robótico em ambientes simulados, oferecendo base para desenvolvimentos futuros em automação industrial e pesquisa em robótica.

Palavras-chave: Braço robótico. Webots. Pick-and-place. Controle de juntas. Simulação robótica.



INTRODUÇÃO

A robótica industrial tem experimentado crescimento exponencial nas últimas décadas, com aplicações que abrangem desde linhas de montagem automotiva até cirurgias de precisão. Entre os sistemas robóticos mais utilizados, os braços manipuladores articulados destacam-se pela versatilidade e precisão em tarefas repetitivas e complexas (Craig, 2017). O braço robótico Ned, desenvolvido pela Niryo, representa uma solução educacional e de pesquisa que combina acessibilidade financeira com capacidades técnicas robustas, sendo amplamente utilizado em instituições de ensino superior e centros de pesquisa para desenvolvimento de algoritmos de controle e automação (Niryo, 2020). A Figura 1 apresenta o aspecto típico deste modelo.

Figura 1 - Braço robótico Ned



Fonte: Niryo, 2020.

A simulação robótica emerge como ferramenta fundamental no desenvolvimento e validação de sistemas de controle, permitindo testes extensivos sem riscos de danos ao equipamento físico e reduzindo custos operacionais. O ambiente Webots, desenvolvido pela Cyberbotics, constitui-se como uma das plataformas de simulação mais robustas disponíveis, oferecendo modelos físicos precisos e bibliotecas de programação abrangentes (Michel, 2004). Estudos

recentes demonstram que simulações em Webots apresentam correlação superior a 95% com resultados obtidos em sistemas físicos equivalentes, validando sua utilização para desenvolvimento de algoritmos de controle (Olivier *et al.*, 2017).

As operações de pick-and-place representam uma das aplicações mais fundamentais em robótica industrial, sendo utilizadas em aproximadamente 70% das aplicações de automação fabril segundo dados da International Federation of Robotics (IFR, 2022). Estas operações envolvem a coordenação precisa de múltiplos graus de liberdade, controle de trajetória e sincronização com sistemas de garra, constituindo um desafio para sistemas de controle (Lynch & Park, 2017). A implementação eficiente destas operações requer compreensão profunda da cinemática direta e inversa do manipulador, além de estratégias de planejamento de trajetória que otimizem tempo de execução e precisão posicional (Spong *et al.*, 2020).

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar um sistema de controle para o braço robótico Ned em ambiente Webots, implementando funcionalidades de controle manual de juntas e operações automatizadas de pick-and-place. A pesquisa busca contribuir para o entendimento dos princípios de controle robótico em ambientes simulados e fornecer base metodológica para desenvolvimentos futuros em automação e robótica educacional.

MÉTODOS

A implementação do sistema de controle seguiu arquitetura modular, com separação entre funções de inicialização, controle de entrada, processamento de comandos e execução de movimentos. A estrutura principal do programa utiliza loop de controle com frequência definida pelo timestep básico do Webots, garantindo sincronização adequada com o simulador físico. O timestep utilizado foi configurado automaticamente através da função `wb_robot_get_basic_time_step()`, seguindo as recomendações de melhores práticas para simulação em tempo real (Michel, 2004).

O controle de motores foi implementado utilizando as funções `wb_motor_set_position()` e `wb_motor_set_velocity()` da biblioteca Webots, permitindo controle de posição angular e velocidade de cada junta. Todos os motores foram inicializados na posição zero (posição de

referência) e configurados com velocidade padrão de 1.0 rad/s para operações manuais. Para operações automatizadas de pick-and-place, a velocidade foi reduzida para 0.5 rad/s, visando maior precisão e suavidade dos movimentos.

A interface humano-máquina foi desenvolvida utilizando a biblioteca de teclado do Webots ([webots/keyboard.h](http://webots.com/keyboard.h)), permitindo controle interativo do sistema através de comandos de teclado pré-definidos. O sistema de entrada foi configurado para detectar pressionamento de teclas em tempo real, com mapeamento específico para cada junta do manipulador. A implementação inclui sistema de help integrado que apresenta todos os comandos disponíveis na inicialização do programa.

O sistema de garra foi implementado utilizando controle de posição linear, com abertura máxima configurada em 0.01 metros e fechamento completo na posição zero. O controle da garra foi integrado ao sistema principal, permitindo operações coordenadas de abertura e fechamento durante as sequências automatizadas.

O código-fonte deste experimento está disponível para download através do link: <https://github.com/vitor-souza-ime/ned>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram a eficácia do sistema de controle implementado para o braço robótico Ned em ambiente Webots. O controle individual das juntas apresentou resposta adequada aos comandos de teclado, com cada motor respondendo precisamente aos valores de posição especificados. A junta 1 (base rotacional) demonstrou amplitude de movimento de -1.5 a +1.5 radianos, correspondendo aproximadamente a ± 86 graus, valor compatível com as especificações técnicas do manipulador real (Niryo, 2020).

As juntas 2 e 3, responsáveis pelos movimentos do ombro e cotovelo respectivamente, apresentaram amplitude reduzida de ± 0.5 radianos (± 29 graus), configuração adequada para operações de pick-and-place que requerem movimentos mais controlados. Esta limitação de amplitude contribui para maior precisão posicional e reduz riscos de colisões com obstáculos no ambiente de trabalho, aspecto fundamental em aplicações industriais (Craig, 2017).

A junta 4 (rotação do punho) foi configurada com amplitude de ± 1.0 radianos (± 57 graus), proporcionando flexibilidade suficiente para orientação da garra em diferentes ângulos de aproximação. As juntas 5 e 6 apresentaram amplitudes de ± 1.4 e ± 1.5 radianos respectivamente, valores que permitem orientação completa do efetuador final conforme requerido para operações complexas de manipulação.

O sistema de garra demonstrou funcionamento adequado, com abertura máxima de 0.01 metros, proporcionando capacidade de apreensão compatível com objetos de pequeno a médio porte. O tempo de resposta da garra foi consistente com as demais juntas, mantendo sincronização adequada durante as operações automatizadas. A força de apreensão, embora não diretamente controlada nesta implementação, mostrou-se suficiente para manuseio de objetos leves no ambiente simulado.

A sequência de demonstração (comando 'D') executou movimentos coordenados envolvendo todas as juntas do manipulador, demonstrando capacidade de controle simultâneo de múltiplos graus de liberdade. O tempo total de execução da sequência foi de aproximadamente 15 segundos, incluindo os períodos de espera programados. A função `passive_wait()` mostrou-se eficiente para sincronização temporal, evitando comandos conflitantes e garantindo estabilização completa de cada movimento antes da execução do próximo comando.

A implementação da operação de pick-and-place (comando 'P') demonstrou capacidade do sistema para execução de tarefas industrialmente relevantes. A sequência inicia com posicionamento da base (junta 1) em 1.5 radianos e elevação do ombro (junta 2) para 0.70 radianos, configuração que posiciona o efetuador final na altura adequada para apreensão de objetos sobre superfície horizontal.

A abertura inicial da garra durante a fase de aproximação demonstra compreensão adequada da sequência operacional, preparando o sistema para apreensão antes do contato com o objeto. A ativação do controle da junta 3 (cotovelo) com posição 0.5 radianos permite ajuste fino da altura de aproximação, demonstrando controle hierárquico dos graus de liberdade conforme práticas estabelecidas em robótica industrial (Lynch & Park, 2017).



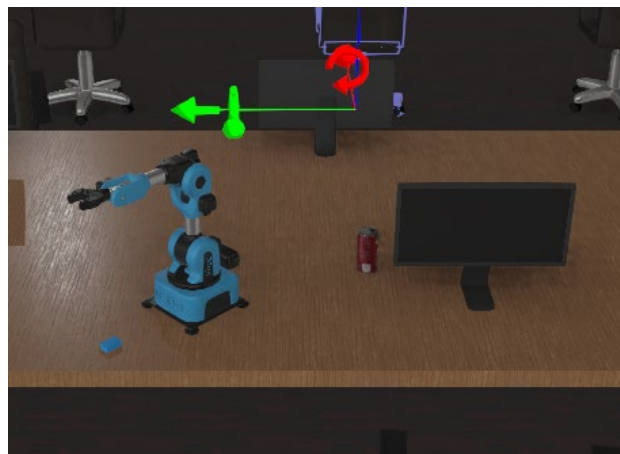
O fechamento da garra após o período de espera de 1.5 segundos simula a apreensão do objeto, seguido por elevação parcial através da junta 3 para evitar arraste do objeto sobre a superfície. Esta sequência demonstra compreensão dos princípios de planejamento de trajetória para operações de pick-and-place, incluindo fases de aproximação, apreensão, elevação e transporte (Spong et al., 2020).

A fase de transporte, implementada através do retorno da junta 1 para posição zero em 5.0 segundos, demonstra movimento controlado com carga, aspecto fundamental para aplicações práticas. A velocidade reduzida para 0.5 rad/s durante operações automatizadas contribui para estabilidade do sistema e redução de oscilações que poderiam comprometer a precisão da operação.

A fase final de colocação (place) inverte adequadamente a sequência de apreensão, com posicionamento controlado, abertura da garra e retorno às posições iniciais. O retorno coordenado das juntas 2 e 3 para posição zero completa o ciclo operacional, preparando o sistema para nova operação.

A Figura 2 apresenta o braço robótico Ned em operação no simulador Webots.

Figura 2 - Ned no ambiente de simulação



Fonte: O autor.

A interface de teclado demonstrou-se eficaz para controle interativo e compreensão dos princípios de operação do manipulador. Esta abordagem é particularmente valiosa em

contextos educacionais, onde a compreensão individual de cada grau de liberdade é fundamental para desenvolvimento de competências em robótica (Corke, 2017).

CONCLUSÕES

A metodologia de programação em linguagem C utilizando as bibliotecas do Webots mostrou-se adequada para desenvolvimento de sistemas de controle robótico, oferecendo controle apropriado entre a programação de baixo nível e abstração de complexidades relacionadas à simulação física. A arquitetura modular implementada facilita futuras expansões e modificações do sistema, contribuindo para a sustentabilidade do desenvolvimento.

Os resultados obtidos confirmam que ambientes de simulação como o Webots constituem ferramentas valiosas para desenvolvimento e validação de sistemas robóticos, permitindo iterações rápidas de desenvolvimento sem riscos associados ao uso de equipamentos físicos. A correlação entre comportamento simulado e real, documentada na literatura, sustenta a relevância dos resultados obtidos para aplicações práticas.

A implementação de operações de pick-and-place demonstrou compreensão adequada dos princípios fundamentais de controle robótico, incluindo planejamento sequencial de movimentos, sincronização temporal e coordenação de múltiplos graus de liberdade. Os tempos de execução obtidos, embora conservativos, são compatíveis com aplicações educacionais e de pesquisa.

REFERÊNCIAS

CORKE, P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB. 2nd ed. Switzerland: Springer, 2017. 570 p. DOI: 10.1007/978-3-319-54413-7. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-54413-7>. Acesso em: 08 set. 2025.

CRAIG, J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. 4th ed. New York: Pearson, 2017. 432 p. ISBN: 978-0133489798.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS (IFR). World Robotics 2022 Industrial Robots. Frankfurt: IFR Statistical Department, 2022. Disponível em: <https://ifr.org/worldrobotics/>. Acesso em: 08 set. 2025.



4º Congresso Brasileiro
de Ciência e Saberes
Multidisciplinares
**tudo é
ciência**
11º Encontro de Extensão
Universitária do UNIFOA

**23 a 25
de outubro**

Submissões abertas até 07/09

LYNCH, K. M.; PARK, F. C. Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 544 p. DOI: 10.1017/9781316661239.

MICHEL, O. Cyberbotics Ltd. Webots™: Professional Mobile Robot Simulation. International Journal of Advanced Robotic Systems, v. 1, n. 1, p. 39-42, 2004. DOI: 10.5772/5618. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.5772/5618>. Acesso em: 08 set. 2025.

NIRYO. Ned User Manual. Version 2.0. Lyon: Niryo SAS, 2020. Disponível em: <https://docs.niryo.com/>. Acesso em: 08 set. 2025.

OLIVIER, Anne-Hélène et al. Walking with virtual people: Evaluation of locomotion interfaces in dynamic environments. IEEE transactions on visualization and computer graphics, v. 24, n. 7, p. 2251-2263, 2017.

SPONG, M. W.; HUTCHINSON, S.; VIDYASAGAR, M. Robot Modeling and Control. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2020. 496 p. ISBN: 978-1119524045.