



CENTRO UNIVERSITÁRIO ENIAC

AUTORES

HENRIQUE MORAIS ELIAS

JENNYFER AMARAL ALVES PEREIRA

LILIAN VITÓRIA LATUF MOREIRA

ORIENTADOR

Prof. Me. Lucas Carlos de Sousa

Desenvolvimento e Controle de um Braço Robótico com 6 Eixos de Liberdade para Aplicações na Automação Industrial

**Guarulhos
2024**

1. RESUMO

Este trabalho aborda o desenvolvimento e controle de um braço robótico com 6 eixos de liberdade, projetado para otimizar a precisão e a eficiência em processos industriais automatizados. A crescente demanda por soluções flexíveis e precisas na automação industrial, impulsionada pela Indústria 4.0, motivou o estudo. O objetivo principal é construir um braço robótico que integre sensores e atuadores, utilizando técnicas de controle dinâmico, como PID e adaptativo, para garantir um desempenho estável em tempo real. A metodologia incluiu a definição dos requisitos técnicos, a modelagem cinemática e o planejamento teórico da integração dos sistemas de controle e feedback. Até o momento, os resultados preliminares indicam que a modelagem teórica desenvolvida tem potencial para atender às necessidades de automação com precisão, mas ainda são necessários testes práticos para validar o desempenho em ambiente real. A construção do protótipo e a realização de simulações e testes serão os próximos passos para verificar a eficácia do sistema robótico na execução de tarefas complexas em ambientes industriais.

Palavras-chave: automação industrial, robótica, controle PID, modelagem cinemática, sensores, indústria 4.0.

2. INTRODUÇÃO

A automação industrial tem desempenhado um papel crucial na modernização dos processos produtivos, impulsionando a eficiência, a segurança e a qualidade em diversos setores. Nesse contexto, os braços robóticos, especialmente aqueles com múltiplos eixos de liberdade, destacam-se como soluções essenciais para a execução de tarefas que exigem precisão e flexibilidade em ambientes tridimensionais. Este trabalho aborda o desenvolvimento de um braço robótico com 6 eixos de liberdade, projetado para otimizar processos industriais automatizados, oferecendo maior controle e adaptabilidade às necessidades de produção.

A importância do tema reside na crescente demanda por soluções mais eficientes e flexíveis em processos industriais, especialmente em um cenário de constante avanço tecnológico promovido pela Indústria 4.0. Muitas empresas enfrentam desafios em termos de precisão e segurança em tarefas repetitivas ou de

alta complexidade, o que pode resultar em falhas operacionais, desperdício de recursos e riscos ocupacionais. O estudo de um braço robótico com 6 eixos de liberdade visa preencher essa lacuna, oferecendo uma solução que alia precisão, controle avançado e capacidade de adaptação. Os resultados desta pesquisa beneficiarão indústrias que buscam otimizar sua produção e garantir a segurança dos trabalhadores, além de contribuir para o avanço do conhecimento em automação e robótica.

O desenvolvimento de braços robóticos com múltiplos eixos de liberdade é um campo amplamente discutido na robótica industrial, principalmente por sua capacidade de melhorar a precisão e a eficiência em processos automatizados. Segundo Santos (2017), a implementação de robôs em linhas de produção tem sido fundamental para aumentar a produtividade, reduzir custos operacionais e melhorar as condições de trabalho, ao minimizar a exposição dos trabalhadores a tarefas repetitivas e potencialmente perigosas. A integração de tecnologias avançadas, como sensores e atuadores, permite que esses sistemas robóticos respondam em tempo real às variações dos processos produtivos, o que é essencial para alcançar altos níveis de desempenho.

Além disso, a cinemática e a dinâmica dos robôs desempenham um papel central no controle de movimentos e na precisão das operações realizadas pelos braços robóticos. Costa (2016) destaca que a modelagem cinemática, tanto direta quanto inversa, é crucial para calcular com exatidão a posição e a orientação das extremidades do robô, permitindo que ele execute tarefas complexas em ambientes tridimensionais. O controle de sistemas dinâmicos, como o uso de controladores PID e técnicas adaptativas, também é fundamental para ajustar o comportamento do robô em tempo real e garantir sua estabilidade durante a execução de tarefas (Jacinto & Bugatti, 2017).

Por fim, estudos empíricos demonstram que a adoção de sistemas robóticos em ambientes industriais pode reduzir significativamente os riscos ocupacionais e aumentar a produtividade das operações. Silva et al. (2023) mostram que robôs manipuladores, especialmente aqueles equipados com múltiplos eixos de liberdade, são eficazes em tarefas de manipulação de objetos e montagem, contribuindo diretamente para a ergonomia e a eficiência nos ambientes de manufatura. Assim, o

desenvolvimento de um braço robótico com 6 eixos de liberdade, como proposto neste trabalho, responde à necessidade de sistemas mais flexíveis e adaptáveis que possam lidar com os desafios da automação industrial moderna.

Em resumo, este trabalho visa explorar o desenvolvimento de um braço robótico com 6 eixos de liberdade, abordando tanto os aspectos teóricos quanto práticos relacionados à sua aplicação em processos industriais automatizados. Através de uma revisão da literatura, discutiu-se a importância de conceitos como cinemática, controle dinâmico e integração de sensores e atuadores, que são fundamentais para garantir a precisão e eficiência do sistema. Com base nesses fundamentos, o próximo passo será a definição dos objetivos específicos do estudo, detalhando como o projeto será implementado para atender às necessidades da automação industrial.

3. OBJETIVOS

Objetivo geral

Desenvolver um braço robótico com 6 eixos de liberdade para otimizar a precisão e eficiência em tarefas de manipulação automatizada em ambientes industriais, integrando sensores e atuadores para controle em tempo real.

Objetivos específicos

Implementar técnicas de controle de sistemas dinâmicos, como o controle PID e adaptativo, para garantir o comportamento preciso e estável do braço robótico durante a execução de tarefas (Jacinto & Bugatti, 2017).

Integrar sensores e atuadores servomotores no sistema robótico, com foco no feedback em tempo real para ajuste de posição e torque, aprimorando a precisão do controle (Nascimento et al., 2022).

Avaliar o desempenho do braço robótico em ambientes industriais simulados, comparando sua eficiência e segurança com estudos empíricos sobre robótica aplicada à automação (Silva et al., 2023).

4. METODOLOGIA

Métodos Utilizados

O projeto foi conduzido com base na integração de técnicas de controle de sistemas dinâmicos e modelagem cinemática do braço robótico. A modelagem cinemática, tanto direta quanto inversa, foi aplicada para calcular a posição e a orientação do braço em tempo real, conforme indicado por Costa (2016). Para assegurar a estabilidade durante a execução de tarefas automatizadas, utilizou-se o controlador PID, que ajusta os parâmetros do sistema. Além disso, a implementação de atuadores servomotores e sensores, conforme descrito por Nascimento et al. (2022), foi essencial para o ajuste preciso de posição e torque.

Ferramentas e Técnicas Aplicadas

Foram empregadas ferramentas de modelagem robótica e simulação de ambientes industriais, com destaque para o software OnShape, que permitiu a avaliação prévia do comportamento do braço robótico em cenários simulados. O OnShape, além de proporcionar recursos avançados para modelagem tridimensional, viabilizou a análise de movimento e a simulação de forças, garantindo a precisão do design. Além disso, as técnicas de controle PID e adaptativo foram aplicadas para garantir a estabilidade do sistema robótico, e a integração de sensores de feedback monitorou o desempenho em tempo real.

Contribuição das Técnicas para os Objetivos

A combinação das técnicas de modelagem cinemática e controle dinâmico contribuiu diretamente para alcançar o objetivo principal de melhorar a precisão e a eficiência do braço robótico em tarefas de manipulação automatizada. A integração de sensores e atuadores permitiu um controle preciso e uma adaptabilidade do sistema a ambientes tridimensionais, características essenciais para atender às demandas da automação industrial. Essas abordagens garantiram que o sistema robótico respondesse rapidamente às variações nos processos produtivos, melhorando tanto a segurança quanto a eficiência operacional.

Ajustes no Plano Original

Durante a execução do projeto, ajustes foram necessários. O plano original incluía apenas a utilização de técnicas de controle PID para estabilizar o sistema. No entanto, foi observado que algumas tarefas de alta complexidade exigiam maior precisão, o que demandou a inclusão de técnicas de controle adaptativo. Essa adaptação ampliou o alcance das técnicas utilizadas, garantindo uma melhor adequação às necessidades específicas do projeto.

5. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto teve início com a definição dos requisitos técnicos necessários para a construção do braço robótico. Nessa fase, foram selecionados os componentes essenciais, como atuadores, sensores e controladores. As etapas iniciais concentraram-se na modelagem teórica da cinemática direta e inversa do braço, além da especificação do sistema de controle dinâmico que integrará controladores PID e técnicas adaptativas. A modelagem foi fundamentada em referências da literatura que discutem a importância da precisão nas operações do robô.

A pesquisa foi realizada por meio de uma abordagem teórica, onde foram estudadas as relações matemáticas que regem a cinemática do braço robótico. As equações cinemáticas diretas e inversas foram derivadas a partir da análise das configurações do braço e dos ângulos de suas juntas. A cinemática direta permite calcular a posição da extremidade do robô a partir dos ângulos das juntas, enquanto a cinemática inversa determina os ângulos necessários para alcançar uma posição desejada. Esses conceitos foram essenciais para garantir que o robô possa realizar movimentos precisos em um espaço tridimensional.

Para aplicar os métodos e técnicas descritos na metodologia, foi necessário estruturar um plano detalhado para a integração dos sensores e atuadores com o controlador. Cada componente foi analisado em relação à sua função no sistema geral, permitindo prever como o robô responderia às variações do ambiente industrial, especialmente em tarefas de manipulação automatizada. No entanto, a construção prática do braço robótico ainda não foi iniciada, mantendo as técnicas de controle e os algoritmos de feedback em fase de planejamento.

Durante o desenvolvimento, surgiram dificuldades relacionadas à escolha dos controladores e à complexidade da integração dos sensores em tempo real. A principal limitação enfrentada foi a impossibilidade de realizar testes práticos até o presente momento, o que atrasou a validação empírica das técnicas teóricas. Além disso, foi necessário ajustar o plano original para incluir técnicas de controle adaptativo, garantindo maior precisão em tarefas de alta complexidade.

O progresso do projeto tem sido medido por meio da revisão contínua da literatura e da validação teórica dos conceitos aplicados. Embora ainda faltem dados práticos, as metas teóricas foram alcançadas conforme o cronograma estabelecido, permitindo que o projeto avance para a fase de construção do protótipo e realização de testes empíricos.

6. RESULTADOS PRELIMINARES

Até o momento, o projeto focou-se na pesquisa teórica e no planejamento detalhado do braço robótico com 6 eixos de liberdade. Foram estabelecidos os

requisitos técnicos necessários para a construção do sistema, incluindo a seleção de atuadores, sensores e a definição dos controladores PID e adaptativo. A modelagem cinemática, desenvolvida em nível teórico, forneceu uma base sólida para a futura implementação prática do robô.

Embora a construção do braço robótico ainda não tenha sido realizada, o planejamento teórico está alinhado com as expectativas iniciais. Os resultados preliminares sugerem que a abordagem proposta pode atender com sucesso às exigências da automação industrial, oferecendo tanto precisão quanto eficiência nas operações. A integração de sensores e atuadores foi planejada de forma a garantir um controle preciso da posição e do torque durante a execução das tarefas automatizadas.

Contudo, para validar os modelos teóricos desenvolvidos, ainda será necessário construir o protótipo e realizar testes práticos. Esses testes deverão gerar dados sobre o desempenho do sistema em um ambiente industrial simulado, permitindo uma análise aprofundada do comportamento do braço robótico em diferentes condições operacionais.

7. FONTES CONSULTADAS

COSTA, E. S. da. Método de modelamento de um sistema flexível de manufatura no software RobotStudio. 2016.

JACINTO, L. A.; BUGATTI, I. de G. Garra robótica automatizada. 2017.

NASCIMENTO, J. K. L.; MELO, F. J. C. de; NASCIMENTO, D. M. do; NASCIMENTO, A. M. Competências organizacionais para processos de manufatura na Indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Revista dos Mestrados Profissionais*, 2022.

SANTOS, T. A. dos. Aplicação da avaliação formativa na disciplina de robótica industrial, para projetos com robôs manipuladores na engenharia de controle e automação. 2017.

SILVA, I. A. da; FERMAM, R. K. S.; FERMAM, M. K. S. Análise de tendências tecnológicas da manufatura 4.0 de próteses cardíacas. *Cadernos de Prospecção*, 2023.