

6

Conclusões e Sugestões

6.1.

Contribuições do Trabalho

Este trabalho contribuiu no desenvolvimento de técnicas de calibragem, sobretudo na área relacionada à calibração da base do manipulador em relação ao seu ambiente de trabalho. As técnicas abordadas são gerais a qualquer manipulador, e portanto podem beneficiar não apenas usuários do TA-40, como a PETROBRAS.

Os algoritmos presentes no capítulo de visão computacional são bem conhecidos e já utilizados em diversas aplicações, porém o algoritmo SIFT em particular é recente, sendo aplicado basicamente em reconhecimento de padrões. O uso do algoritmo SIFT na calibração do manipulador é uma contribuição substancial deste trabalho.

A junção dos algoritmos de visão computacional ao de calibração cinemática permite que o manipulador passe a ter conhecimento do seu ambiente e a atuar com menos interferência do operador. É um passo à frente em direção a uma automação completa de braços mecânicos, onde os manipuladores não necessitarão mais ter suas trajetórias programadas previamente pelo operador, mas passarão a ser criadas no momento das tarefas de acordo com as dificuldades impostas pelo ambiente.

Quanto à aplicação prática, a calibração do manipulador TA-40, este projeto teve muitas contribuições. Foram calculadas a cinemática direta, inversa e a matriz jacobiana de identificação para este manipulador em particular. Também foi desenvolvida uma metodologia para que o manipulador conheça a posição de sua base em relação aos objetos a serem manipulados.

Com base no que foi desenvolvido, passa a ser possível desenvolver um programa que permita serem feitas tarefas em um ambiente virtual. Neste programa, haveria um modelo virtual do manipulador, criado com base em sua cinemática direta, incluindo os erros. Também haveria a posição ideal dos objetos que seriam manipulados. Neste ambiente virtual seriam criadas estratégias para completar tarefas, sem a necessidade de ativar fisicamente o manipulador. A movimentação neste ambiente virtual será feita baseada na cinemática inversa, deixando ao operador apenas a tarefa de definir que objetos serão manipulados.

Também poderá ser desenvolvido um programa para a atuação real do manipulador. Este programa receberia as imagens das câmeras e mediria as posições dos objetos sobre os quais o manipulador deve atuar. Em seguida, o manipulador compara a posição real da base com a posição ideal da base, calculada *offline*. O programa seria capaz de recalcular os ângulos necessários para recriar as tarefas no ambiente real, e através do uso conjunto da cinemática inversa e da visão computacional, desenvolver sua tarefa com o mínimo de esforço humano.

Com base nas simulações, foi possível escolher parâmetros para a câmera que melhor se adequam à aplicação, e garantir que os algoritmos possuam bons resultados nas distâncias em que o manipulador atuará. Espera-se que os programas desenvolvidos por base nestes algoritmos sejam confiáveis e robustos.

6.2.

Sugestões para Trabalhos Futuros

Este projeto foi capaz de buscar algoritmos e metodologias necessárias para calibrar um manipulador serial que necessite atuar em ambientes mutáveis. Foram apresentadas também a aplicação destes algoritmos a um caso real. Porém os algoritmos foram testados em ambientes virtuais. Durante o desenvolvimento das técnicas, o TA-40 estava indisponível ao uso, e portanto não foi possível fazer testes em laboratório.

É notório que algoritmos baseados em visão computacional necessitem ser aperfeiçoados quando utilizados em imagens reais. Uma sugestão para um futuro trabalho é testar os algoritmos aqui desenvolvidos em um ambiente real. Também

é sugerida a criação de um programa completo para a atuação do manipulador por base nos algoritmos aqui apresentados.

O algoritmo de triangulação aqui utilizado teve um desempenho aceitável nas distâncias até dois metros, possuindo erros substanciais quanto maior a distância. Uma alternativa a este método que pode ser estudada é o uso de triangulação probabilística, que provavelmente apresentará resultados superiores a distâncias maiores.