

## 6 Conclusões

Nesta dissertação foram estudados os controles servo-visual e *look-and-move*, buscando determinar suas vantagens e desvantagens. Estes controles foram validados através de um sistema experimental, construído especialmente para este trabalho. Uma mesa coordenada  $XY\theta$  já existente foi automatizada para posteriormente ser controlada por computador; um módulo eletrônico também foi construído de forma a funcionar com todos os controles estudados; e um *software* de controle foi desenvolvido de forma a utilizar diferentes objetos alvos.

Após os experimentos, concluiu-se que a realimentação utilizando imagens presente no controle servo-visual, garante um posicionamento preciso do experimento, diferente do controle *look-and-move*, que utiliza a imagem desejada apenas uma vez. Apesar de mais preciso, o controle servo-visual leva mais tempo para atingir o seu objetivo. Além disso, sua frequência depende inteiramente da velocidade do processamento da imagem. Apesar de muito utilizado na literatura de visão computacional, o algoritmo SIFT ainda é muito lento quando utilizado em tempo real, e por isso atrasa o posicionamento do controle servo-visual. Percebeu-se nos testes utilizando o círculo vermelho para o controle servo-visual, que é possível obter um resultado de qualidade e em tempo curto quando o processamento da imagem é feito de forma rápida. Já o controle *look-and-move*, apesar de impreciso, pode ser utilizado em casos onde a velocidade é mais importante que a precisão. Uma alternativa para casos onde o objeto alvo encontra-se muito afastado da câmera é utilizar o controle *look-and-move* a fim de aproximar rapidamente o objeto da câmera, e por fim utilizar o controle servo-visual para refinar o posicionamento.

Um dos problemas encontrados ao longo do experimento diz respeito às falsas correlações encontradas pelo algoritmo SIFT. No entanto, não era objetivo deste trabalho se aprofundar na implementação do algoritmo. Sabe-se que na literatura de visão computacional existem diversas maneiras de evitar falsas

correlações, e que podem ser incorporadas a este trabalho para futuramente aperfeiçoar os resultados.

Para os controles baseado em pose e imagem, os resultados apresentados mostraram que as técnicas são bastante parecidas, diferenciando-se apenas na variável de estado desejada. Esta escolha, no entanto, influenciou no resultado em configurações próximas de singularidade na matriz jacobiana de imagem  $J_{sp}$ . Sabendo que nestas configurações grandes variações na posição do objeto implicavam em pequenas variações na imagem, o controle baseado em imagem apresentou resultados diferentes do esperado. Experimentalmente, no entanto, percebe-se que o controle baseado em imagem é mais intuitivo para o usuário, uma vez que, para alcançar uma posição basta enviar ao sistema uma imagem referente a posição a ser alcançada, ao invés de ter que computar e enviar coordenadas específicas.

Além de aumentar a velocidade do algoritmo SIFT e remover suas falsas correlações, sugere-se para trabalhos futuros testes com objetos 3D genéricos (não necessariamente com faces planas, como no painel estudado), utilizando técnicas mais abrangentes de detecção do posicionamento de objetos no espaço. Além disso, seria de bastante utilidade testes do controle servo-visual com objetos em movimento, naturalmente possível, uma vez que a aquisição de imagens é feita continuamente durante a movimentação.

Outro trabalho proposto consiste em utilizar manipuladores industriais robóticos que possuem mais graus de liberdade que uma mesa coordenada, para seguir os objetos. Além disso, utilizando garras em sua extremidade, estes poderiam não só alcançar o objeto alvo como também manipulá-lo.