# Título

SISTEMA DE CONTROLE REGULATÓRIO PARA RASTREAMENTO DE OBJETOS UTILIZANDO CÂMERA PAN-TILT

# Resumo

Este trabalho apresenta a aplicação de um controle regulatório em uma câmera pan-tilt para que o objeto rastreado seja posicionado no centro da imagem. Cada eixo da plataforma pan-tilt é tratado como um sistema independentes, onde o sinal de entrada do sistema é dado pelo deslocamento do objeto rastreado com relação ao centro da imagem da câmera e o atuador do sistema é o motor que gira este eixo. A identificação do sistema é feita através do método dos Mínimos Quadrados e o projeto do controlador em malha fechada é feito através da alocação de polos no Lugar Geométrico das Raízes.

# Palavras-chave:

Câmera Pan-Tilt; LGR; Mínimos Quadrados; Rastreamento de objetos; Controle digital.

# Introdução

A visão computacional é uma potente ferramenta para sensoriamento, fornecendo diversas informações sobre o meio físico sem a necessidade de proximidade ou contato do sensor. Aplicando visão computacional a um sistema robótico temos o que é chamado de controle servo visual (KIKUCHI, 2007) e este pode ter diversas aplicações para pesquisas de controle. Este trabalho utiliza uma câmera em uma plataforma pan-tilt, que permite a rotação da câmera em dois graus de liberdade. Algoritmos de filtragem de cores e detecção de bordas permitem determinar a posição de um objeto na imagem fornecida pela câmera.

O objetivo deste trabalho é a construção de uma plataforma pan-tilt com a capacidade de manter um objeto posicionado no centro da imagem fornecida pela câmera. Problemas como este podem ser classificados como problema de regulação (AZEVEDO, 2017). A identificação do sistema segue o método dos Mínimos Quadrados. O projeto do controlador regulatório em malha fechada é feito alocando os polos no Lugar Geométrico das Raízes, verificando a resposta ao degrau e ao distúrbio para controladores de primeira e segunda ordem. O sistema projetado apresenta resultado satisfatório para distúrbios de posição e sua construção possibilita fácil entendimento e expansão.

# Referencial Teórico

## Trabalhos Prévios baseados em servo-visão para plataformas pan-tilt

Existem diversos trabalhos relacionados a servo-visão em plataformas pan-tilt pois este sistema é uma ferramenta poderosa na robótica atual. Em suas diversas aplicações como no auxílio na movimentação de robôs humanoides (FUSCO et al., 2015) e para efeitos e técnicas de fotografia (MENDONÇA, 2014), encontramos diferentes metodologias referentes a estratégia para detecção do objeto, a estrutura da plataforma pan-tilt, a obtenção de um modelo estimado para o sistema e a estratégia para projeto do controlador.

## Detecção do Objeto

Trabalhando com o processamento de imagens coloridas temos a cor como um fator muito influente, que facilita a extração de um objeto em uma cena (Gonzalez and Woods, 1977). Na literatura encontramos diversas ferramentas que permitem a realização de tarefas relacionadas a detecção de objetos em uma imagem.

Uma maneira de realizar a detecção é através de softwares para este tipo de processamento para aplicações específicas, como o digiCamControl para fotografia (MENDONÇA, 2014). Estes normalmente necessitam de alguma câmera específica ou são softwares pagos.

Existem também softwares com pacotes de ferramentas para processamento de imagem em tempo real, como o MATLAB utilizado por Castro (2013). Este tipo de software costuma possuir diversas ferramentas para trabalhar com os dados obtidos da imagem.

Uma alternativa que está ganhando cada vez mais atenção é a utilização de bibliotecas de visão computacional. Destas bibliotecas destaca-se a OpenCV que é uma biblioteca multiplataforma livre para uso acadêmico e comercial, utilizada por Fusco et al. (2015), Ridel (2016) e Silva et al. (2014). Normalmente estas bibliotecas necessitam menos poder computacional, porém possuem menos ferramentas matemáticas para trabalhar com os dados obtidos.

## Plataforma pan-tilt

A geometria da plataforma pan-tilt não possui muitas variações dentro da literatura, visto que seu nome já descreve quais eixos possuem liberdade de rotação.

Sua estrutura mecânica é escolhida na literatura de acordo com a câmera utilizada. Para o trabalho de Mendonça (2014), utiliza-se uma estrutura de barras de alumínio pois este utiliza uma câmera DSLR em seu projeto. Já no trabalho desenvolvido por Fusco et al. (2015) uma estrutura menor e menos robusta, pois este utiliza uma webcam comercial.

O motor escolhido para este tipo de sistema são, na maioria da literatura, servo-motores, pois estes possuem baixo custo, controle de posição simples e a performance necessária para estas aplicações. Os modelos escolhidos variam de acordo com a estrutura mecânica da plataforma e peso da câmera. Para sua plataforma capaz de movimentar uma câmera DSLR, Mendonça (2014) utiliza motores do modelo HS-430BH que possui em suas especificações torque de até 5 kg.cm. Já Kikuchi (2007) utiliza uma plataforma menor para uma webcam comercial, e por isso optou por motores do modelo CS-61, com torque de até 3 kg.cm.

Mendonça (2014) utiliza a plataforma Arduino para gerar os sinais PWM necessários para posicionamento dos motores. Esta plataforma traz vantagens como baixo custo e alta disponibilidade no mercado, já que esta é muito utilizada para prototipagem. Devido a necessidade de controlar muitos servo-motores além daqueles utilizados na plataforma pan-tilt, Fusco et al. (2015) utilizam a placa MRC-3024. Esta apresenta como principal vantagem a possibilidade de controlar até 16 motores simultaneamente, porém necessita de outra plataforma de processamento que envie os comandos de movimentação.

## Obtenção de modelo