

## **OTIMIZAÇÃO UTILIZANDO EVOLUÇÃO DIFERENCIAL APLICADA EM CONTROLE PREDITIVO BASEADO EM MODELO MULTIVARIÁVEL NÃO-LINEAR**

Mariana Santos Matos Cavalca<sup>1</sup>, Victor Hugo Bueno Preuss<sup>2</sup>, José de Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Orientadora, Departamento de Engenharia Elétrica CCT-UDESC – mariana.cavalca@udesc.br.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica CCT-UDESC, bolsista PROBIC/UDESC

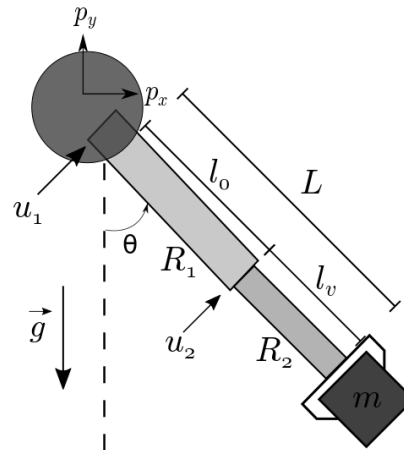
<sup>3</sup> Professor Participante do Departamento de Engenharia Elétrica CCT-UDESC – jose.oliveira@udesc.br

Palavras-chave: Evolução Diferencial. Controle Preditivo Baseado em Modelo. Controle Não-linear.

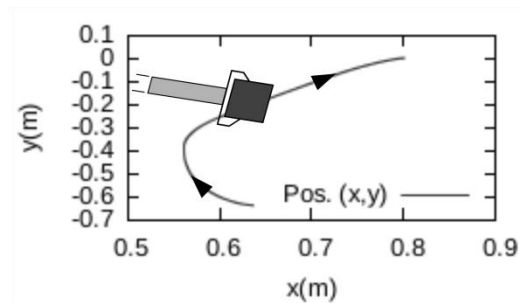
O controle preditivo baseado em modelo (*Model Predictive Control* ou MPC) é uma estratégia de controle, em que um modelo dinâmico da planta é utilizado para fazer previsões a respeito do comportamento do sistema e, a partir dessas previsões, gerar uma ação de controle que otimize o desempenho do sistema. Um problema de otimização, baseado nas previsões e em restrições da planta, deve ser resolvido a cada amostra de tempo. Técnicas de MPC utilizando modelos lineares da planta são muito populares, pois sistemas lineares são mais fáceis de trabalhar em comparação a modelos não-lineares, simplificando o desenvolvimento do controlador. Utilizando modelos lineares, a função de custo a ser otimizada a cada período de amostragem no MPC tem comportamento bem definido, convexo, e pode ser resolvida utilizando algoritmos de otimização, como o método de pontos interiores. Porém nem sempre é possível fazer o uso de modelos lineares, devido a existência de não-linearidades acentuadas ou a grande excursão do sinal ao redor do ponto de linearização. Por este motivo surgiram técnicas de controle preditivo baseado em modelo não-linear ou *Nonlinear Model Predictive Control* (NMPC).

O NMPC melhora o desempenho do sistema, por utilizar um modelo não-linear da planta, mais confiável e preciso, para fazer as previsões. O uso de um modelo não-linear na representação da planta, cria um difícil problema de otimização não-linear e não-convexo que deve ser resolvido a cada período de amostragem. O objetivo deste trabalho foi a implementação do NMPC, com o problema de otimização sendo resolvido utilizando o algoritmo Evolução Diferencial (*Differential Evolution* ou DE). DE é eficiente e demonstra propriedades de convergência interessantes na otimização de funções objetivo não-lineares e não-convexas. A utilização das duas técnicas combinadas foi chamada de DE-NMPC.

Foram feitas simulações utilizando a estratégia DE-NMPC aplicada ao modelo não-linear de um braço robótico (ver Fig. 1) com dois graus de liberdade. As variáveis de controle são o movimento radial ( $\theta$ ) e o deslocamento linear ( $L$ ). Foram realizados dois testes para demonstrar o funcionamento do controlador. O primeiro faz o braço partir de uma configuração inicial ( $\theta = \frac{\pi}{4}$ ;  $l = 1,0m$ ), para ( $\theta = \frac{\pi}{2}$ ;  $l = 0,8m$ ) e o segundo faz o braço se mover de volta à configuração inicial. A Figura 2 mostra a trajetória ótima encontrada pelo controlador no primeiro teste.



**Fig. 1** Esquema do braço robótico utilizado em simulação.



**Fig. 2** Trajetória ótima do braço definida pelo controlador.

Utilizando a estratégia DE-NMPC foi possível fazer o controle da planta de um braço robótico, não-linear, multivariável e com restrições na planta. O controlador teve êxito ao lidar com as restrições, explorando as regiões possíveis até o limite em alguns casos. O algoritmo DE é de fácil implementação e sintonização, o que é uma vantagem em aplicações reais. O custo computacional estimado para a plataforma implementada é compatível com o período de amostragem da planta e, pode ser reduzido com o uso de programação paralela na implementação do DE.