

# INDUÇÃO DE MOVIMENTO PERMANENTE EM UM SISTEMA SUB-ATUADO

**Aluna: Liana de Barros dos Santos**  
**Orientador: Hans Ingo Weber**

## Introdução

Um sistema sub-atuado é aquele que possui um número maior de graus de liberdade do que atuadores. O número total de juntas do manipulador é conhecido como grau de liberdade.

Em nosso estudo procura-se induzir um movimento de rotação com velocidade angular constante no elemento sub-atuado a partir de um movimento prescrito no componente atuador. Uma aplicação desse estudo poderia ser encontrada na geração de energia elétrica a partir do movimento oscilatório das ondas do mar.

## Objetivos

Estudar o desenvolvimento e aplicação de movimento permanente em sistema sub-atuado de dois graus de liberdade, com esse tipo de sistemas pode-se sobrepor o controle tradicional de sistemas não sub-atuados quando estes apresentarem falha, transformando-se em sistemas sub-atuados com funcionalidade igual ou muito semelhante ao original.

## Metodologia

Para geração de movimento permanente no sistema sub-atuado, já havia sido construída uma bancada anteriormente, devido a medições das grandezas mecânicas. Foi acoplado ao componente atuador um motor PWM (*pulse width modulation* ou modulação por largura de pulso) com um módulo de controle por tensão.

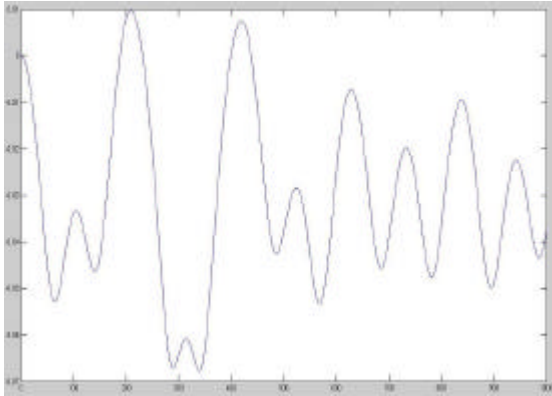
A bancada consiste em um manipulador planar, que é um sistema articulado com um ou mais graus de liberdade, quando levamos em consideração um manipulador planar, significa que sua liberdade está restrita a um plano horizontal, ou seja, se houver gravidade, esta não interferirá em seus movimentos de forma alguma., ele pode ser comparado a um pêndulo duplo, apenas alterando de vertical para horizontal.

A modelagem matemática do manipulador planar é fundamental para qualquer tipo de estudo que envolva seu comportamento dinâmico, e a sua determinação foi feita a partir das equações de Lagrange, e uma vez feita a formulação, foi possível realizar simulações numéricas via MatLab Uma vez que a dinâmica estudada não leva em consideração efeitos de atrito, a bancada foi concebida de forma a minimizar tais efeitos (por exemplo, uso de materiais leves e rolamentos de excelente qualidade).

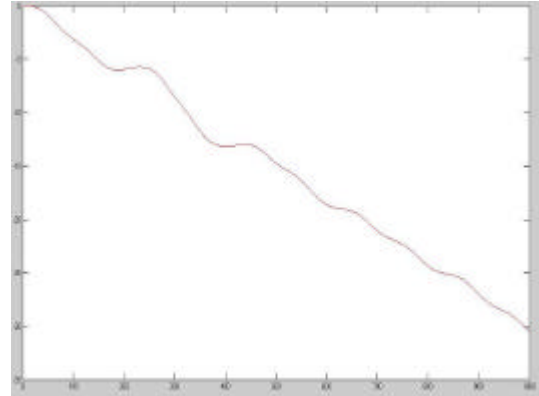
Sabendo-se, pelas simulações numéricas, que para induzir o movimento contínuo do componente sub-atuado, o movimento do componente atuador deve ser periódico, foram feitos testes que consistem na aplicação, através de um gerador de sinais, de ondas quadradas ao módulo de controle do motor, de forma a que o componente atuador descrevesse um movimento periódico, e assim observar o comportamento do componente sub-atuado. A observação do movimento do componente sub-atuado foi utilizada para validar o modelo numérico.

O controle proposto foi montado em LabVIEW, a conexão física utilizada entre o computador e o motor, é uma interface de entrada e saída de dados da *National Instruments*, esse sistema pode ser utilizado diretamente com este software *LabVIEW*.

A indução do movimento contínuo no componente sub-atuado a partir de um movimento prescrito no componente atuador revelou-se satisfatória numa certa faixa de velocidade angular, não se aplicando para grandes velocidades.



**Figura 1**  
Velocidade angular do componente atuadoXtempo



**Figura 2**  
velocidade angular do componente subtuadoXTempo

## Conclusões

As comparações feitas entre a modelagem matemática via Matlab e o equacionamento por Lagrange permitiu um melhor entendimento do comportamento dinâmico do sistema.

Pelos gráficos mostrados acima podemos ver que o movimento do componente atuador, é como o esperado, pois ele realiza um movimento periódico induzindo no componente sub-atuado uma variação constante, demonstrando que o movimento rotacional é contínuo.

Uma outra possibilidade de estudo seria um impulso inicial no componente sub-atuado e estudar o comportamento do sistema a partir desse impulso, com as mesmos sinais aplicados.

## Referências

- [1] Pazos, Fernando . **Automação de sistemas & robótica**, v.1, p. 261, 2002.
- [2] I. FANTONI, R. LOZANO. **Non linear control for underactuated mechanical systems**, Springer-Verlag London, Communications and Control Engineering Series, 2002, Book review in Automatica 38, 2002, pp 2030-2031.