

## INDUÇÃO DE MOVIMENTO PERMANENTE EM UM SISTEMA SUB-ATUADO DE DOIS GRAUS DE LIBERDADE

**Aluno: Luis Pedro Ramalho Junior**

**Orientador: Hans Ingo Weber**

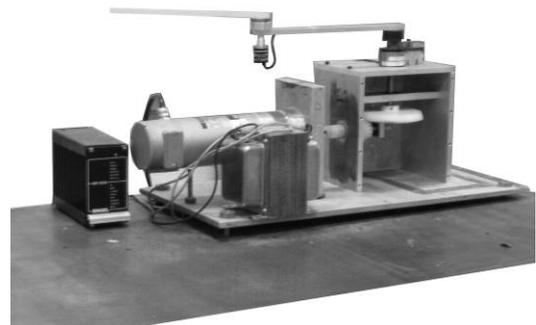
### Introdução

Em robótica, entende-se por sistema sub-atuado aquele que possui um número maior de graus de liberdade do que atuadores. Uma importante característica desses sistemas é a maior eficiência, uma vez que este tipo de sistema utiliza menos motores que o habitual.

Uma aplicação desses sistemas, ainda não muito estudada, é a da indução do movimento permanente, isto é, impor um movimento contínuo no elemento sub-atuado a partir do movimento de um componente atuador. Em nosso estudo procura-se induzir um movimento de rotação com velocidade angular constante no elemento sub-atuado a partir de um se na geração de energia elétrica a partir das ondas do mar. Neste caso, seria possível induzir um regime de rotação contínua a partir do movimento oscilatório das ondas marítimas.

### Objetivos

Continuar o estudo do comportamento de um sistema sub-atuado. O sistema sub-atuado em questão é composto de um manipulador planar com o intuito de induzir movimento permanente. Nesta fase do estudo, o objetivo principal é aprimorar o sistema, e com as novas informações adquiridas obter diagramas de bacias de atração, além de simplificar o sistema de controle. Desta forma, será possível gerar toda a combinação possível de parâmetros de simulação e comparar seus resultados com a análise experimental modificada, atualizando a validação do novo modelo numérico.



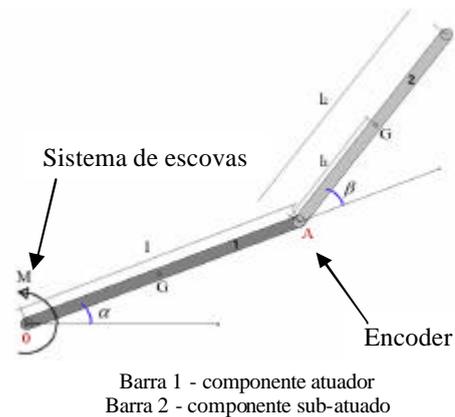
### Metodologia

Com o manipulador planar previamente já estudado introduziu-se uma nova entrada de informações, de forma a facilitar a validação de certas etapas do estudo e criar sistemas de controle mais simplificados. A determinação da dinâmica foi modificada para a introdução de novos componentes e foi realizada tanto a partir das equações de Euler quanto pelas equações de Lagrange. A determinação da dinâmica a partir das duas abordagens distintas foi realizada de forma a verificar qual modelagem seria de mais fácil implementação computacional.

Para se obter a nova entrada de informações foi necessária a adição de um novo encoder no sistema, dessa vez no elemento sub-atuado. Para que esses dados pudessem ser captados pela interface I/O, foi desenvolvido um sistema de passagem de dados por escovas. Este sistema foi escolhido por possibilitar, de forma simples, que o elemento atuador continue a possuir mais de 360° de liberdade rotacional. Teoricamente efetivo, porém, por tratar-se de um sistema com grande probabilidade de interferências e falhas encontra-se em testes de viabilidade funcional.

Com as novas equações de movimento, foi possível realizar novas simulações numéricas, utilizando a plataforma MatLab. Estas simulações não englobam a malha de controle, com o objetivo apenas de melhor entender o novo comportamento físico do manipulador.

Com as alterações já implantadas na bancada experimental foi possível iniciar as validações do novo modelo numérico. 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).



Numa segunda fase do projeto, faz-se necessário determinar a nova dinâmica inversa do sistema, de forma a obter o comportamento do elemento atuador, e assim induzir o componente sub-atuado ao movimento contínuo. Uma vez finalizada a dinâmica inversa, simula-se numericamente o sistema (plataforma MatLab). A partir desta simulação foi possível determinar o movimento prescrito do atuador de forma a induzir o movimento de rotação contínua no componente sub-atuado.

Com a introdução do novo componente, é possível realizar experimentos de controle simplificados, diminuindo a dependência da necessidade de se ajustar as equações da dinâmica a fatores influentes, tais como atrito, folgas nos componentes e atraso na resposta do motor.

Com a nova bancada experimental finalizada, foi acoplado ao componente atuador um motor PWM (*pulse width modulation*) com um módulo de controle por tensão. Sabendo-se informações técnicas do motor, foi iniciado o desenvolvimento de um sistema de controle digital, para início de estudo o controle será aplicado apenas para posicionamento do motor, e algumas simplificações e aproximações foram levadas em relação as propriedades físicas do motor.

Ajustando pólos e zeros do controle digital, já estaria finalizado o primeiro procedimento para funcionamento do controle digital do motor, necessitando ainda de fatores de correção para compensar os efeitos das engrenagens e da dinâmica atuando diretamente sobre o motor.

## Conclusões

A introdução do novo componente demonstra-se promissora para obtenção de melhores resultados, a validação do modelo numérico com os testes experimentais será simplificada, não apenas pelo componente, mas pela adição do sistema digital de controle.

Dificuldades encontradas nas tentativas de se obter as bacias de atração começam a ser superadas. Abrindo possibilidade para um entendimento melhor do sistema e futuras modificações.

## Referências

- 1 - 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.
- 2 - N. SHIROMA, H. ARAI AND K. TANIE. **Nonlinear Control of a Planar Free Link Under a Nonholonomic Constraint**, Proc. 8th International Conference on Advanced Robotics (ICAR'97), pp.103-109, 1997.