

## Modelamento e simulação de uma impressora 3D baseada em uma estrutura acionada por cabos.

Angelica S. Carvalho\*, Jaime H. Izuka

### Resumo

O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver o modelo e a simulação numérica de um mecanismo de posicionamento do bico extrusor baseado em um manipulador robótico acionado por cabos. Para o suporte às forças normais ao plano de movimentação do bico, utiliza-se um manipulador passivo do tipo scara com dois graus de liberdade. O modelo teórico baseia-se no trabalho de Trevisani (2010), e a implementação do modelo numérico que descreve a dinâmica deste manipulador é desenvolvido no software Simbody. Os resultados obtidos são comparados aos resultados de literatura para a validação do modelo.

### Palavras-chave:

Impressora 3D, Scara, Simulação numérica.

### Introdução

Durante o projeto foram elaborados modelos numéricos e um mecanismo de sustentação do bico extrusor de uma impressora 3D, sendo o modelo escolhido como base o *Cable-direct-driven robots* (CDDRs) e desenvolvido por Trevisani (2010). Utiliza cabos para movimentação do braço passivo que faz a sustentação do suporte do bico extrusor. Esse modelo é comumente usado na indústria e na área acadêmica por ser facilmente configurável, além de ser uma tecnologia economicamente acessível (RIECHEL, 2004). Com isso, torna-se possível otimizar o número de cabos, deixando o espaço livre para a movimentação dos componentes do sistema e utilizá-los apenas para movimentos de tração.

### Resultados e Discussão

O modelo inicialmente implementado no Simbody é descrito como um pêndulo duplo ligado aos cabos atuadores. Uma primeira simulação apresenta o movimento de rotação das barras representadas como corpos rígidos ligados através de elementos que permitem uma rotação e acoplados aos cabos, que são representados por elementos flexíveis (molas). Adicionalmente, foi inserido um amortecimento global. A configuração final, ilustrada na Figura 1, assemelha-se à apresentada por Trevisani (2010).

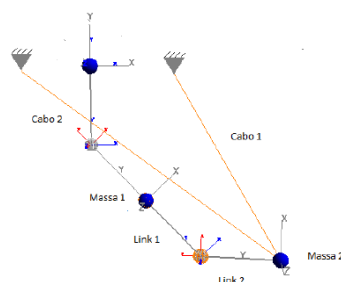


Figura 1. Configuração do suporte para o bico extrusor usado no Simbody.

Os parâmetros físicos inseridos no código computacional para testes respeitam a Tabela 1 onde  $z_i$  é comprimento do  $i$ -ésimo link do manipulador serial,  $m_i$  é a massa do  $i$ -ésimo link,  $c_i$  o coeficiente de amortecimento viscoso do  $i$ -ésimo cabo e  $k_i$  é o coeficiente de rigidez do  $i$ -ésimo cabo. Utilizando os valores dos comprimentos dos links, foi possível encontrar os valores de 1,847 m para o cabo 1 e 3,2 m para o cabo 2. A partir desses valores, atingiu-se o objetivo das primeiras fases da simulação, que era chegar mais próximo possível de um modelo real do sistema.

Tabela 1. Características físicas do CDDR.

Parâmetro	Valor	Unidade
$z_i$ ( $i = 1, 2$ )	1,0	m
$m_i$ ( $i = 1, 2$ )	1,35	kg
$c_i$ ( $i = 1, 2$ )	5	N m s
$k_i$	10	N m

### Conclusões

Através do resultado da simulação observa-se que a configuração atual do modelo assemelha-se ao movimento harmônico simples, onde o pêndulo tem uma oscilação decrescente por conta do coeficiente de amortecimento que o faz parar.

### Agradecimentos

Agradeço meu orientador, Jaime Hideo Izuka e os docentes da FCA- UNICAMP que, de alguma forma colaboraram para o desenvolvimento do projeto. Agradeço também meus familiares e amigos.

<sup>1</sup>Trevisani, A. **Underconstrained planar cable-direct-driven robots: A trajectory planning method ensuring positive and bounded cable tensions.** *Mechatronics* 2010; 113-127.

<sup>2</sup>Trevisani, A., Gallina, P., Williams II, R. L. **Cable-Direct-Driven Robot (CDDR) with Passive SCARA Support: Theory and Simulation.** *J Intell Robot Syst* (2006) 46: 73-94.

<sup>3</sup>Riechel AT, Ebert-Uphoff I. **Force feasible workspace analysis for underconstrained point-mass cable robots.** In: *Proceedings of the IEEE international conference on robotics and automation*; 2004. p. 4956-62.