

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre atuadores com novas características é importante para diversas aplicações onde os atuadores convencionais não mostram bom desempenho. As características destes materiais são, por exemplo: baixa densidade mássica (logo pouca inércia), hiper-elasticidade, capacidade de trabalhar em pequenas dimensões, capacidade de carga muitas vezes maior que seu próprio peso, além de serem materiais não-metálicos e acionados eletricamente. Novos tipos de atuadores estão em desenvolvimento baseados nestes princípios, mas para isso é preciso investigar seu funcionamento antes de projetá-los. O elastômero dielétrico que se mostra na Figura 1, um adesivo acrílico denominado VHB4905, é um dos tipos de materiais utilizados em músculos artificiais.



Figura 1: Elastômero dielétrico VHB4905.

1.1. Motivação

Atuadores de baixa densidade ajudam a desenvolver novos mecanismos e novas formas de controle. A Figura 2 mostra uma predição da evolução dos princípios de acionamento de robôs móveis, feita em 2000. Uma tendência no desenvolvimento de mecanismos é na minimização do número de partes móveis, evitando os problemas causados pelo atrito e desgaste de juntas, fazendo uso de juntas flexíveis acionadas por músculos. Novos robôs usarão novas tecnologias, e por isso é preciso estudar atuadores como os músculos artificiais.

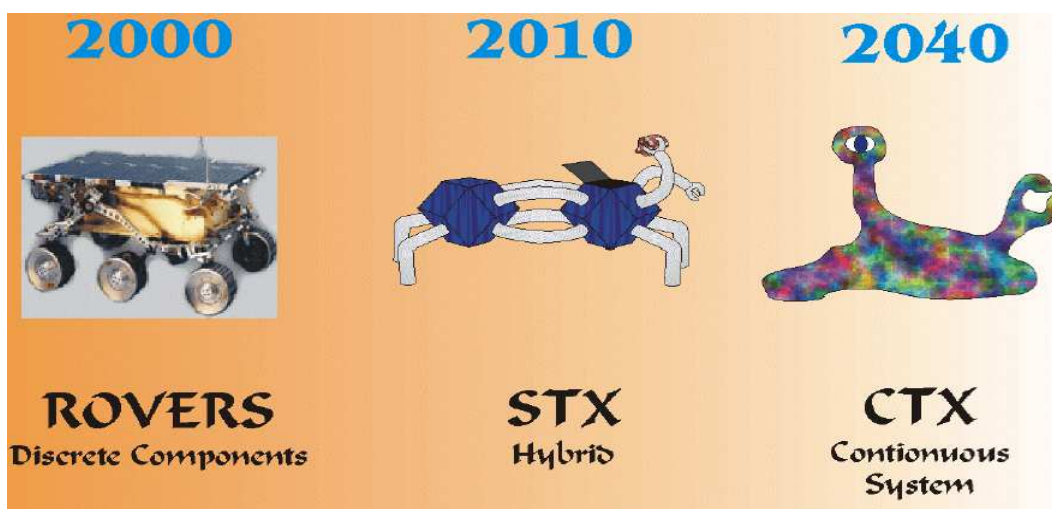


Figura 2: Evolução dos robôs (fonte: NIAC, EUA).

É necessário pesquisar o funcionamento destes polímeros em diferentes configurações, como por exemplo, ao serem utilizadas múltiplas camadas musculares para multiplicar a força exercida, e como interagem as diversas camadas.

Diversas aplicações onde o peso próprio do sistema é crítico precisam de robôs com características que os músculos artificiais oferecem. A Figura 3 mostra um veículo robótico com um manipulador baseado em atuadores binários muito leves, cujas configurações de trabalho podem ser controladas com músculos artificiais.

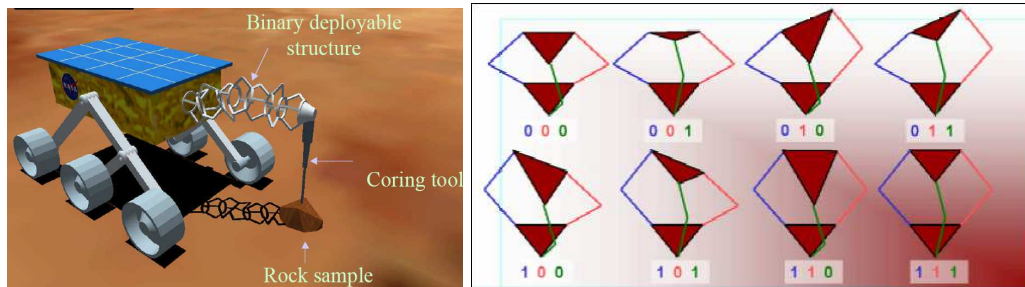


Figura 3: Atuador binário (fonte: NIAC, EUA).

O fato de o polímero poder ser fabricado em dimensões muito pequenas permite projetar pequenos sistemas robóticos. A Figura 4 mostra uma configuração cilíndrica para montar os músculos artificiais [1].

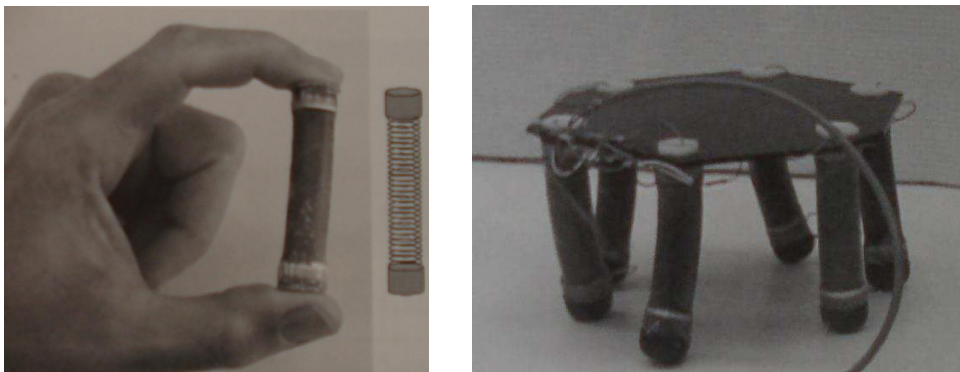


Figura 4: Aplicação dos músculos artificiais em pequenos robôs.

1.2. Objetivos do Trabalho

Os objetivos deste trabalho são:

- Desenvolver configurações espaciais de polímeros dielétricos para avaliar as vantagens e desvantagens que oferecem e a precisão de posicionamento.
- Desenvolver atuadores com configurações de múltiplas camadas, com o objetivo de obter atuadores que tenham a capacidade de proporcionar grandes forças em velocidades similares às dos sistemas de uma camada.
- Estudar o comportamento dinâmico dos sistemas descritos nos itens acima, importantes para controlar o seu acionamento.

1.3. Trabalhos anteriores

Diversas configurações de atuadores binários baseados no músculo artificial VHB4905 foram desenvolvidos por Wingert [2] no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A Figura 5a mostra o atuador de uma camada BRAID III, feito com três atuadores de armação flexível, e a Figura 5b mostra o BRAID IV, feito com três grupos de músculos em configuração em forma de diamante (losangular). Note que em todos estes atuadores apenas uma camada de músculo é utilizada em cada agrupamento.

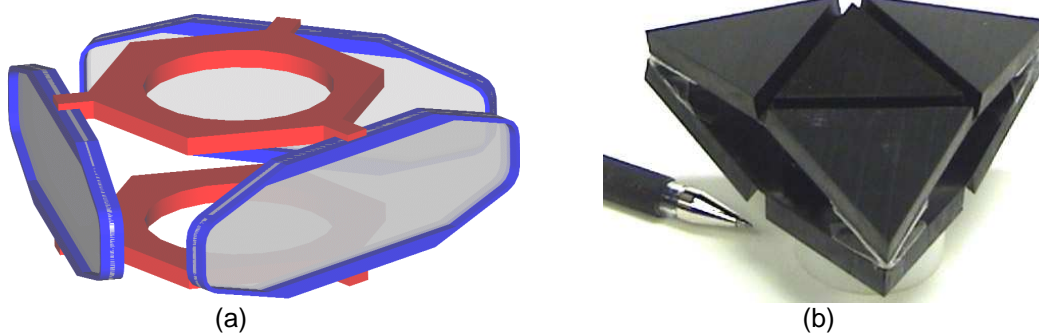


Figura 5: (a) BRAID III. (b) BRAID IV

As propriedades visco-elásticas dos músculos artificiais poliméricos são modeláveis através de simples sistemas mola-amortecedor. O modelo matemático de um atuador baseado no músculo VHB4905 foi desenvolvido em [3] na *Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro* (PUC-Rio), onde efeitos de massa, rigidez e amortecimento foram considerados para reproduzir a movimentação x-y de um disco por músculos artificiais formados pelo polímero VHB4905 e uma graxa condutora, vide Figura 6.

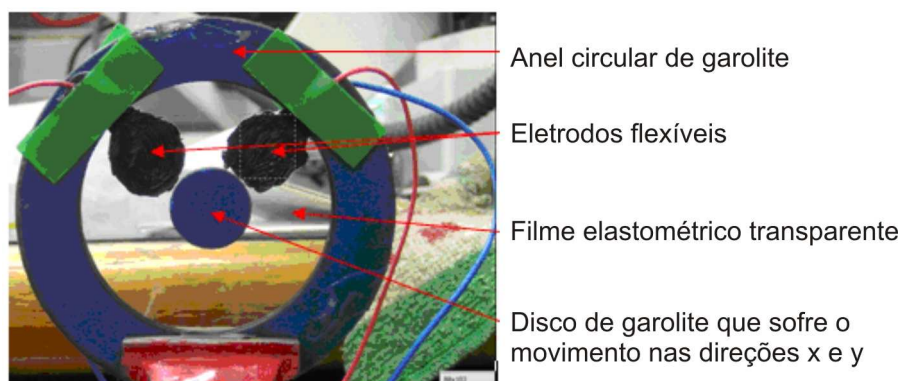


Figura 6: Atuador modelado por Bystronski.

No modelo massa-mola-amortecedor equivalente proposto por Bystronski (2005), a massa concentra não apenas aquela do disco interno, mas também a massa equivalente do conjunto polímero-graxa, vide Figura 7a. A Figura 7b corresponde ao perfil de velocidades do músculo para o cálculo de sua massa equivalente.

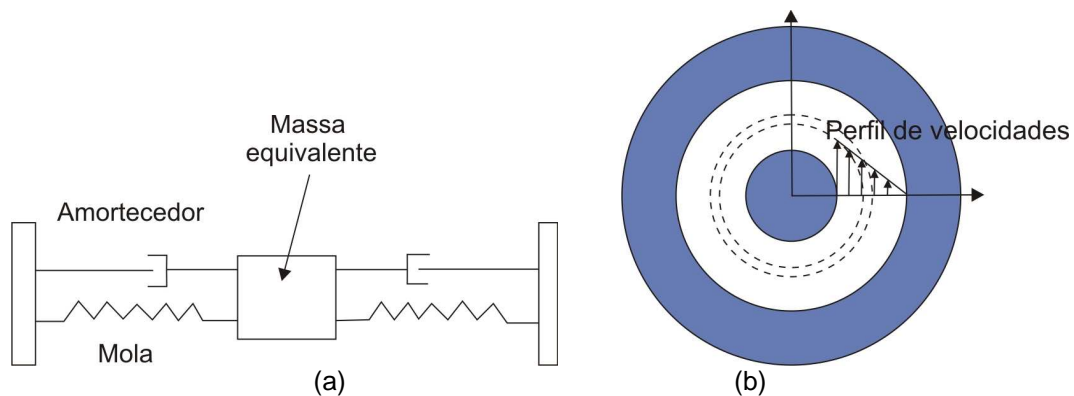


Figura 7: (a) Modelo matemático do atuador. (b) Perfil de velocidade no conjunto polímero-graxa condutora.

Os músculos implementados no trabalho acima são de efeito capacitivo, sendo acionados eletricamente. Tipicamente são requeridos milhares de volts para seu acionamento. Circuitos de amplificação de tensão de até 1000 vezes foram desenvolvidos na PUC-Rio para essa finalidade [4, 5], atingindo 10kV. As figuras 8a e 8b mostram experimentos de um músculo coberto por uma camada de graxa condutora sem tensão e com tensão de 10kV, respectivamente. A Figura 9 mostra o módulo elevador de tensão.



Figura 8: (a) Teste de moldura fixa com VHB 4910 sem tensão aplicada. (b) Teste de moldura fixa com VHB 4910 com tensão aplicada.

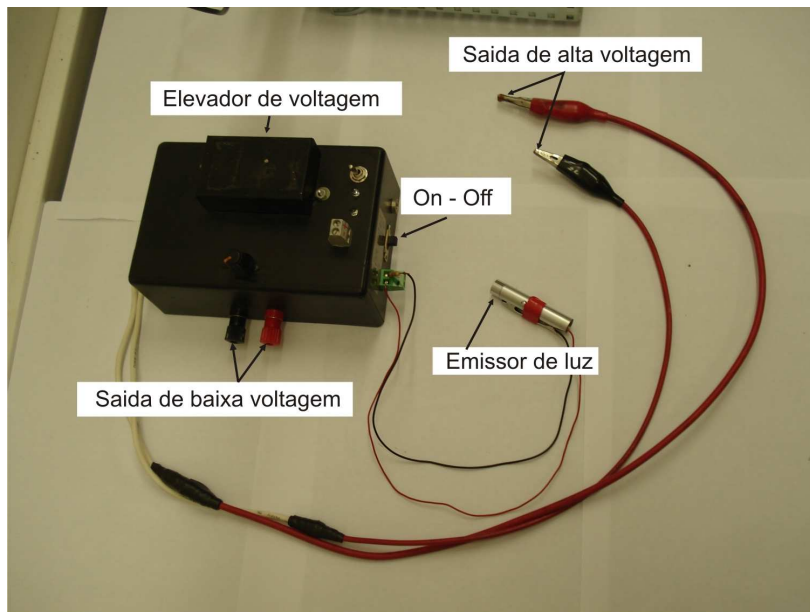


Figura 9: Modulo elevador de tensão.

1.4. Descrição do Trabalho

Este trabalho está organizado em 6 Capítulos. No Capítulo 2 descreve-se o projeto do atuador, seu desenho, construção e descreve o modelo matemático do atuador para diferentes modelos do músculo artificial. O Capítulo 3 trata sobre a solução numérica dos modelos matemáticos do atuador. O Capítulo 4 descreve o método de medição da posição e orientação do atuador utilizando visão estéreo. No Capítulo 5 faz uma descrição de como são feitas as simulações, descreve os experimentos, mostra os resultados obtidos e se detalham as técnicas de calibração do atuador. E finalmente o Capítulo 6 apresenta a discussão dos resultados, conclusões do trabalho e propostas de trabalhos futuros.