



20º POSMEC

SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTRUTURA ROBÓTICA PARA REABILITAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO OMBRO

Neste trabalho é apresentada uma nova estrutura robótica paralela atuada por cabos para reabilitação/recuperação dos movimentos do ombro humano. A estrutura robótica é composta por quatro cabos que permitem a realização dos movimentos de flexão-extensão vertical, abdução-adução e flexão-extensão horizontal com diferentes limites de movimentação e velocidades. O desenvolvimento desta estrutura justifica-se pela grande quantidade de pessoas com problemas nos ombros. Estes problemas têm como principais causas o AVC (acidente vascular cerebral), poliomielite, artrose, recuperação de acidentes de trânsito, além de poder ser aplicado em movimentos fisioterápicos de recuperação em atletas olímpicos e para-olímpicos. Inicialmente são apresentados os estudos envolvendo as estruturas robóticas para reabilitação. Após é definido os movimentos do ombro, a estrutura robótica proposta e as simulações numéricas realizadas.

Autores

Wilgo MOREIRA NUNES

Rogério SALES GONÇALVES

João Carlos MENDES CARVALHO

Orientador:

João Carlos MENDES CARVALHO

A ciência da reabilitação tem mostrado que a repetição do movimento de um membro enfermo do corpo humano pode ajudar o paciente a restabelecer às funções do membro. Os robôs desenvolvidos ou adaptados para essas tarefas têm se mostrado mais eficientes em realizar essas repetições. Além disso, estes dispositivos podem ter acoplado um simulador de realidade virtual que mostra os movimentos feitos pelo paciente, além de informar a velocidade, tempo de exercício e forças aplicadas. Estes dados podem ser arquivados e depois comparados para verificar a evolução do paciente na terapia (Ceccarelli e Romdhane, 2010).

Em várias situações para a reabilitação e para procedimentos médicos são usados robôs industriais, mas nas aplicações médicas, os robôs devem apresentar outras exigências. Os robôs industriais têm estruturas rígidas, são rápidos e são fabricados para não ter interação com seres humanos durante sua atividade. Devido aos problemas para o uso de robôs industriais na área de reabilitação as estruturas paralelas atuadas por cabos são uma alternativa.

A estrutura paralela atuada por cabos consiste em uma plataforma móvel, que pode transportar um efetuador até uma base fixa. Estes dois elementos são ligados por múltiplos cabos que possuem comprimentos variáveis, Fig. 1. Um manipulador com cabo pode mover a plataforma móvel alterando os comprimentos dos cabos e evitando que os cabos fiquem sem tensão (Cannella e Ottaviano, 2008).

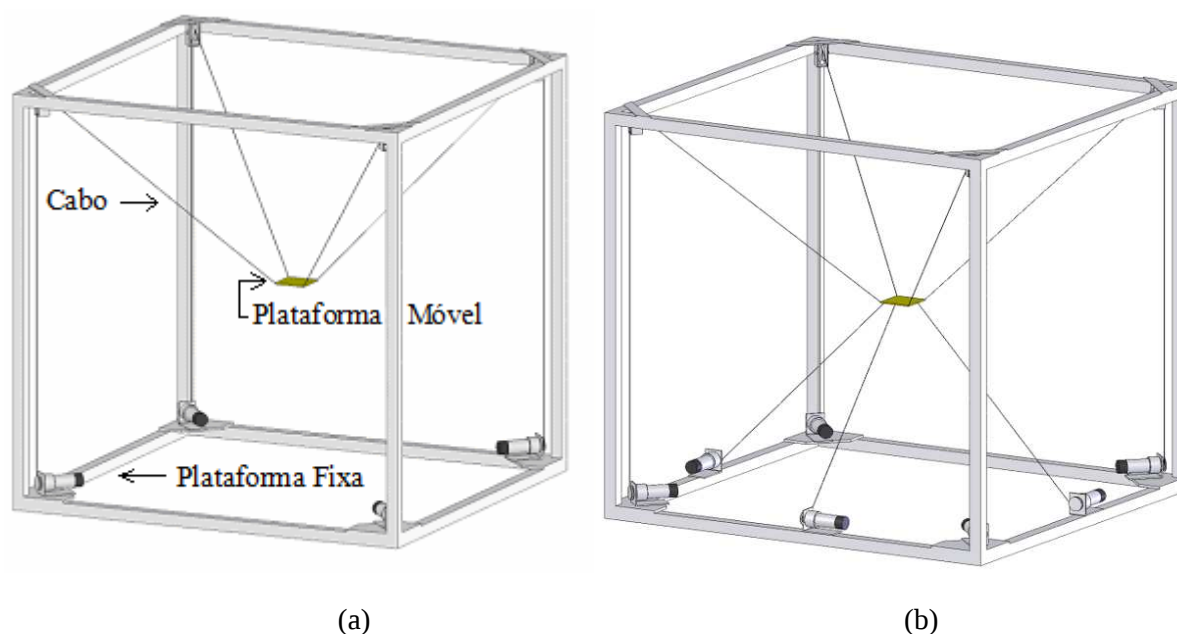


Figura 1. Tipos de manipuladores paralelos atuados por cabos. a) parcialmente restrito; b) totalmente restrito.

Estas estruturas têm características que as tornam adequadas para fins de reabilitação como: grande espaço de trabalho, podem ser adaptadas para diferentes pacientes, a estrutura mecânica é de fácil montagem e desmontagem, podem ser reconfiguradas para realizar diferentes terapias e são de fácil transporte.

Desta forma, o objetivo deste estudo é o desenvolvimento de uma estrutura robótica paralela atuada por cabos para ser aplicada nos movimentos de fisioterapia do ombro.

Os principais movimentos do ombro são: Flexão-Extensão Verticais, Flexão-Extensão Horizontais e Abdução-Adução. Os limites deste movimentos são: flexão vertical 0° a 180° ; extensão vertical de 0° a $45/50^\circ$; abdução de 0° a 180° ; adução de 180° a 0° , flexão horizontal 0° a 140° e extensão horizontal de 0° a $30/40^\circ$, Fig. 2 (Kapanji, 2000).

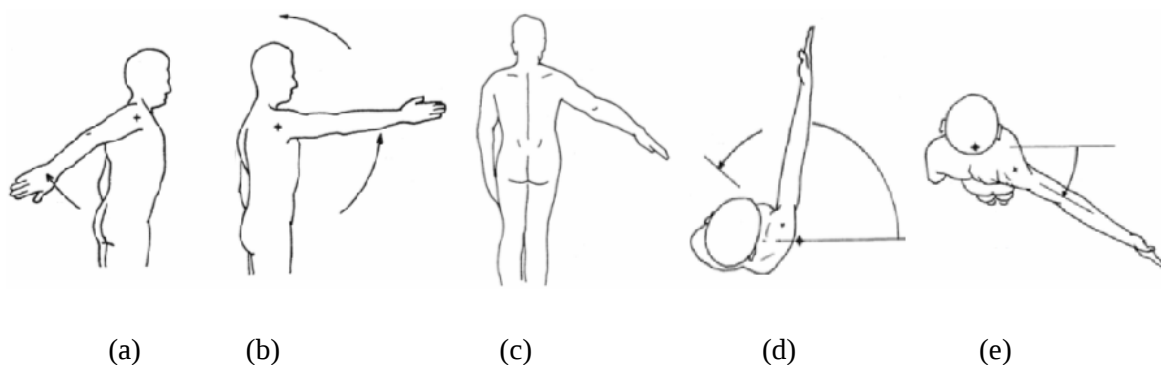


Figura 2. Movimentos do ombro. (a) Extensão vertical, (b) Flexão Vertical, (c) Abdução (d) Flexão horizontal, (e) Extensão horizontal (Kapanji, 2000).

Para realizar os movimentos de fisioterapia do ombro é proposta neste trabalho uma estrutura robótica paralela atuada por quatro cabos. A Figura 3 mostra o esquema do protótipo a ser construído, este é composto por uma estrutura formada por perfis de alumínio que permite flexibilidade de montagem (constituindo uma estrutura configurável), por quatro motores responsáveis pela movimentação da tala fixada no braço do paciente, quatro encoders para realizar o controle da estrutura, micro-computador, controladores e elementos de construção mecânica.

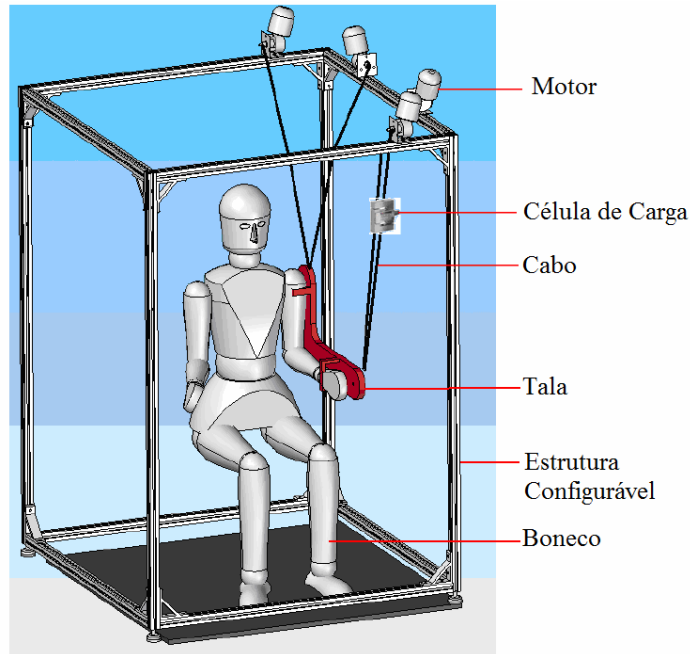


Figura 3. Esquema inicial do Protótipo para reabilitação/recuperação dos movimentos do ombro.

O modelo geométrico da estrutura robótica paralela atuada por cabos é obtida de forma semelhante ao modelo obtido para estruturas paralelas tradicionais. No modelo geométrico inverso, deseja-se o valor dos comprimentos dos cabos a partir do valor conhecido da posição e orientação do centro de gravidade da plataforma móvel (Gonçalves e Carvalho, 2010). Para determinar as forças envolvidas nos cabos, é necessário o cálculo da matriz Jacobiana da estrutura robótica. Após esse cálculo, através do princípio do trabalho virtual, chega-se no valor teórico dessas forças, que na verdade são as forças que os atuadores devem exercer nos cabos. A Equação 1 calcula as forças nos cabos F_a sendo F é a força externa aplicada e J a matriz Jacobiana.

$$F_a = \text{inv}(-J).F \quad (1)$$

A Figura 4 representa a simulação do movimento de abdução obtido a partir do modelo geométrico inverso (Gonçalves e Carvalho, 2010).

Nos gráficos da Fig. 5 são mostrados a posição do centro de gravidade da tala (posição do centro durante o tempo de movimento das três componentes cartesianas), os ângulos do movimento, o comprimento dos quatro cabos durante o movimento e as forças aplicadas pelos quatro atuadores.

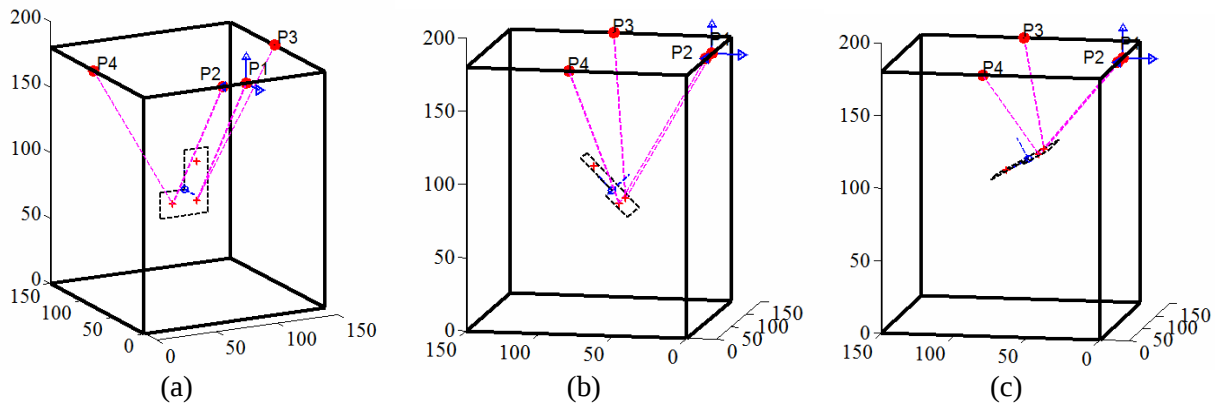


Figure 4. (a) Tala na configuração inicial; (b) Abdução de 45°; (c) Abdução de 120 graus.

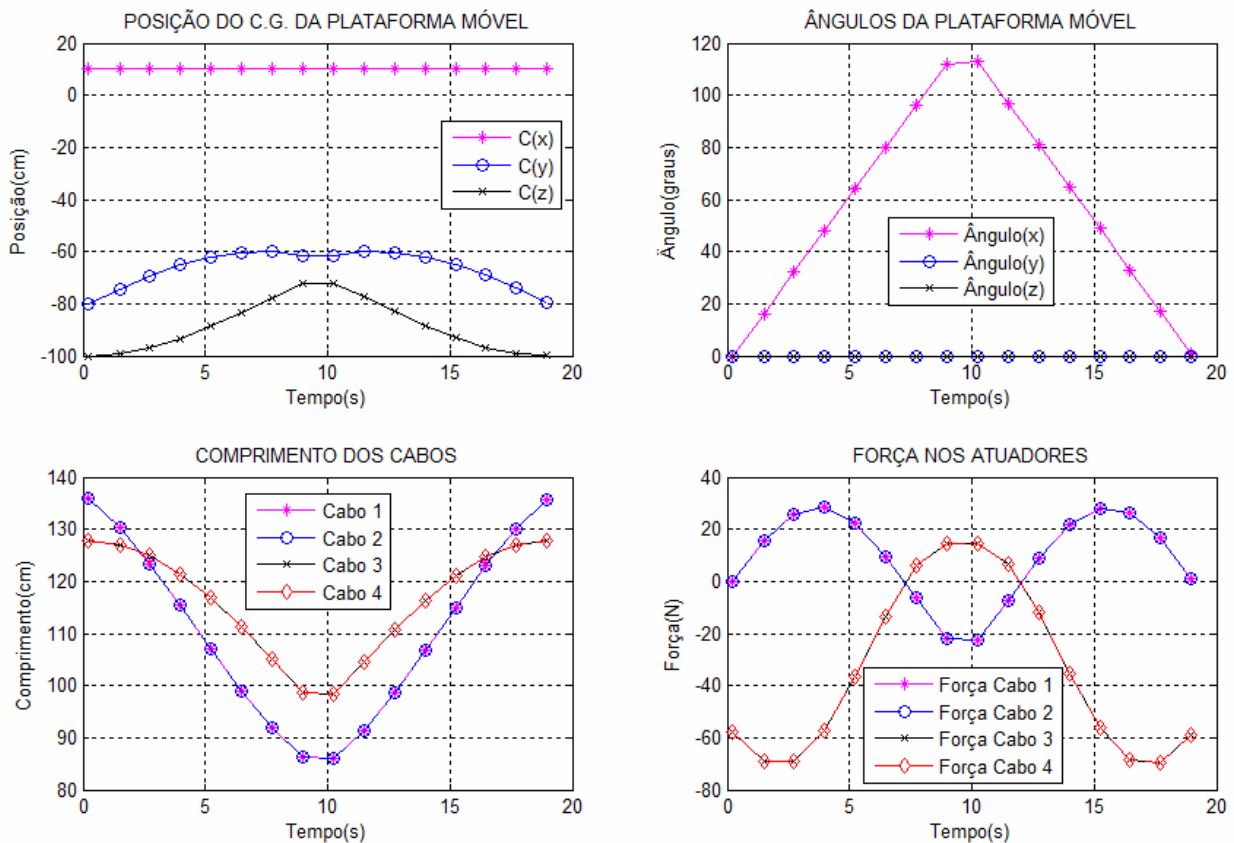


Figura 5. Gráfico do movimento de abdução-adução (0 – 120°).

Assim, neste trabalho foi apresentada a modelagem de uma nova estrutura robótica paralela atuada por cabos, em desenvolvimento no Laboratório de Automação e Robótica (LAR) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) que poderá ser utilizada nos tratamentos de reabilitação dos movimentos do ombro.

Referências

- CANNELA, G.; OTTAVIANO, E.; CASTELLI G., **A Cable-Based System for Aiding Elderly People in Sit to Stand Transfer**, The International Symposium on Multibody Systems and Mechatronics San Juan (Argentina), Paper n. 19, 2008.
- CECCARELLI, M.; ROMDHANE, L., **Design Issues for Human-Machine Platform Interface in Cable-Based Parallel Manipulators for Physiotherapy Applications**, Journal of Zhejiang University-SCIENCE A, 2010.
- GONÇALVES, R. S.; CARVALHO, J. C. M., **Desenvolvimento de uma Estrutura Robótica Paralela Atuada por Cabos para Reabilitação dos Movimentos do Ombro**, VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Campina Grande - Paraíba, 2010.
- KAPANDJI, A. I, 2000, **“Fisiologia Articular – Membro Superior”**, 5ª edição, Editorial Médica Panamericana.