

ROBÔ BÍPEDE MULTIFUNCIONAL

**João Valdecir Bento¹, Leandro Costa Camargo²,
Robson F. O. Pereira³, Sebastião Vagner Aredes⁴, Luís Filipe Wiltgen Barbosa⁵**

^{1,2,5}LRA/FEAU/UNIVAP – São José dos Campos – SP

³GM do Brasil – São José dos Campos – SP

⁴LIT/INPE – São José dos Campos – SP

¹valdecir@lit.inpe.br, ²camargo.leandro@gmail.com,
³robsonsjc2003@yahoo.com.br, ⁴sv.aredes@lit.inpe.br, ⁵wiltgen@univap.br

Resumo – Este artigo apresenta o desenvolvimento e montagem de um robô bípede com joelhos, que se locomove através de articulações com apenas um grau de liberdade, dotadas somente de movimentos de flexão/extensão. Trata-se da segunda versão deste tipo de robô que apresentou bons resultados durante seu desenvolvimento na disciplina de Robótica Prática (*Projetos de Eng. Elétrica VIII*) ministrada na Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo (FEAU). Este trabalho possui um caráter multidisciplinar, envolvendo conhecimentos de mecânica, elétrica e controle. Apresenta-se aqui todo o processo construtivo deste novo protótipo do robô, com algumas menções à sua primeira versão.

Palavras-chave: Robô, bípede, servomotor, microcontrolador, estruturas mecânicas.

Área do Conhecimento: III - Engenharias

Introdução

Nos últimos anos várias empresas e pesquisadores vêm desenvolvendo máquinas e equipamentos que visam substituir o homem em algumas atividades de risco. Tais pesquisas são parte de um ramo da ciência chamada de Robótica (GROOVER, 1988).

A robótica pode ser entendida como sendo o estudo das relações entre os robôs e os objetos a serem manipulados. Atualmente o nível tecnológico alcançado pela humanidade permite iniciar o desenvolvimento de equipamentos que vêm sendo sonhados desde que o homem criou as primeiras máquinas. Isto inclui, sem dúvida alguma, os robôs (WEGNEZ, 1986).

Dentre os diversos tipos de robôs existentes, pode-se dizer que aqueles que mais se assemelham ao ser humano são de fato os que despertam mais atenção e interesse, uma vez que eles possuem os sistemas mais complexos comparados com outros robôs, são comumente chamados de Robôs Humanóides ou Bípedes (PEREIRA, 2005).

Este projeto contempla o desenvolvimento e montagem de um robô bípede construído sob modelos técnicos já existentes e que segue uma linha de pesquisa em robótica adotada no *Laboratório de Robótica e Automação (LRA)* da FEAU. Esta é a segunda versão, deste modelo de robô bípede que possui pernas mecânicas estruturalmente semelhantes às do ser humano no que diz respeito às articulações básicas de pés, joelhos e quadril. Apenas os membros inferiores foram considerados para a construção dos dois protótipos. Este é o sexto robô bípede projetado e construído na *LRA* para o desenvolvimento das

pesquisas em bípedes que vem sendo realizada há três anos. Este robô, assim como os outros, foi construído com recursos financeiros próprios e limitados. Dado esta imposição financeira, a criatividade foi muito importante na busca de soluções para todas as implementações envolvidas nas diferentes fases do projeto.

Esta nova versão do robô foi montada sob a perspectiva de melhorias de problemas ocorridos na versão anterior. Dois problemas principais compuseram a nova proposta de trabalho aqui descrita: a colocação de uma plataforma para transporte de carga dentro das limitações do robô e a definição de uma fonte de energia para torná-lo autônomo, pois a primeira versão funcionou acoplada a uma fonte de energia externa.

Além destes dois itens, outras melhorias serão implementadas no robô, como por exemplo, um microcontrolador mais versátil que permita um controle mais preciso dos movimentos e a colocação de microrolamentos nas articulações para a melhoria da eficiência dos servomotores.

Este projeto não aborda a modelagem matemática dos movimentos do robô, o que corresponderia a um problema de controle bastante avançado e que, por si só, justificaria a elaboração de um outro trabalho.

No decorrer deste artigo serão apresentadas as características construtivas do robô, bem como detalhes de seu funcionamento e alguns resultados obtidos até este momento.

Este projeto tem como objetivos atender à proposta técnica apresentada e despertar o interesse dos estudantes de engenharia pelas pesquisas e desenvolvimentos de robôs humanóides, dada a importância destes, como já mencionado anteriormente.

Aspectos Construtivos do Robô

Estrutura Mecânica do Robô Bípede

Partindo da idéia de se construir um robô bípede, foram estudadas formas diferentes para os movimentos das pernas, entre elas, o mais estudado, o robô com articulações na base e joelho (PEREIRA, 2006) descrito neste artigo.

Todas as articulações, ou seja, os joelhos, tornozelos e quadril, possuem apenas os movimentos de flexão/extensão.

A experiência adquirida com a montagem do primeiro protótipo, permitiu que uma estrutura mecânica mais robusta para dar sustentação aos movimentos do robô pudesse ser construída.

Os materiais escolhidos para a montagem deste robô estão especificados a seguir, bem como as razões de suas aplicações.

A nova versão do robô continuou com sua estrutura em alumínio por ser um material leve e resistente, principalmente nas dimensões definidas para a corrente aplicação. A Figura 1 destaca o robô com sua estrutura conforme descrita anteriormente, porém sem a plataforma que ainda será implementada.

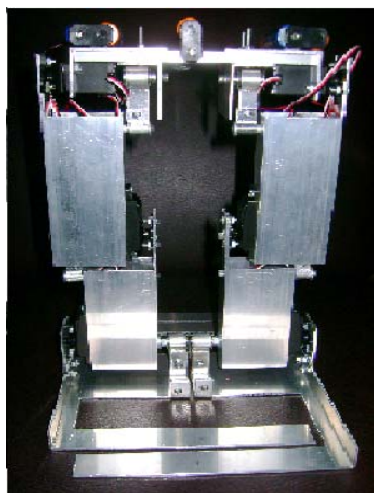


Figura 1: Fotografia da estrutura em alumínio do robô bípede

A maioria das peças foi confeccionada conforme definidas no projeto inicial, dentro dos limites de investimento e procurando-se trabalhar principalmente com materiais de fácil aquisição, muitos dos quais obtidos em sucatas de materiais nobres. Outras foram definidas após testes experimentais, onde para os diversos problemas que surgiram, foram buscadas as soluções mais adequadas. No caso do primeiro protótipo, utilizou-se até mesmo peças prontas retiradas de outras fontes e que se adaptaram perfeitamente às necessidades do projeto. Um exemplo foi o sistema com as cabeças de fim-de-curso com

roldana, que serviram como articulação para permitir o movimento do quadril, conforme pode ser visto através da Figura 2.

Na nova versão do robô, todas as articulações são compostas pelos servomotores e os microrolamentos implementados para aliviar a tensão sobre os eixos destes. As Figuras 3 e 4 mostram como foram aplicados estes microrolamentos na estrutura mecânica do robô.

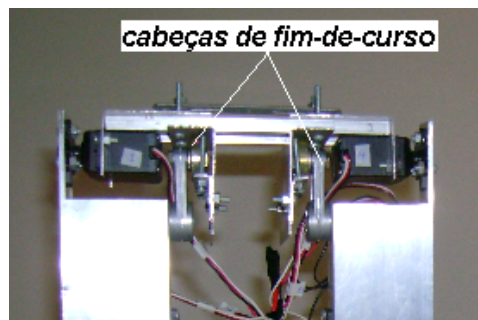


Figura 2: Fotografia do sistema de fim-de-curso utilizada na articulação do quadril do robô bípede



Figura 3: Fotografia do micro-rolamento na articulação do tornozelo do robô bípede

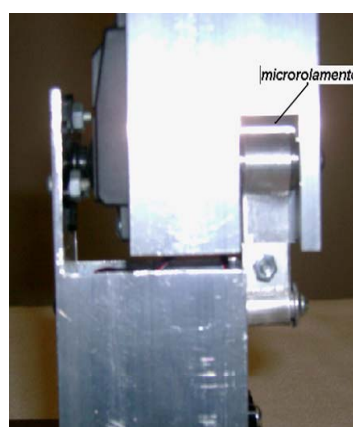


Figura 4: Fotografia do micro-rolamento na articulação do joelho do robô bípede

Na confecção de algumas peças foram utilizados equipamentos e ferramentas de oficina mecânica, como furadeira de bancada para furações gerais mais precisas, pois todas as peças são conectadas através de parafusos, uma fresadora para as furações de acondicionamento dos servomotores, serra elétrica de fita e dobradora de chapas para moldar os pés. Porém, com exceção da furação para colocação dos servomotores, todas as demais peças foram de simples confecção.

Para que a estrutura mecânica fique completa, ainda falta, até este momento, a colocação da plataforma. Para isso será necessário observar experimentalmente os movimentos do robô, até mesmo filmando-os se necessário, para que se conclua como estes influenciarão no posicionamento desta plataforma. Simulações deverão ser feitas a este respeito.

As primeiras definições construtivas desta plataforma apontam o alumínio ou o plástico como materiais a serem utilizados, pois uma das preocupações é agregar o mínimo de peso possível à estrutura do robô, que além de levar a própria plataforma, ainda carregará uma carga a ser definida.

A plataforma deverá ser montada sobre a base de alumínio acima dos dois motores do quadril e uma das opções de controle de seu posicionamento poderá ser a utilização de dois pequenos servomotores sob ela, que atuarão em conjunto com os demais a fim de mantê-la na posição desejada. Testes experimentais deverão mostrar os ajustes mecânicos necessários para manter a plataforma na melhor posição possível.

Sistema Elétrico do Robô Bípede

O sistema elétrico do robô é composto pela fonte de energia, servomotores e o circuito do microcontrolador.

Quanto aos servomotores, foram utilizados servomotores controlados por sinal *PWM* (controle por largura de pulso) que são gerados pelo do microcontrolador. Optou-se por modelos utilizados em aeromodelismo por existirem dentro deste seguimento motores de corrente contínua leves e com alta capacidade de torque. Os servomotores escolhidos para o novo robô foram os modelos *S3003* para os joelhos e quadril (mesmo modelo da versão anterior) e *S3305* para os pés, onde se verificou a necessidade de maior torque, exigindo dessa forma um motor com tal característica, ambos da marca *Futaba*.

A fonte de energia para movimentação do robô, foi definida a partir de uma ampla pesquisa, realizada para definir os tipos de baterias recarregáveis existentes e disponíveis.

Usuários de baterias têm que saber as características de cada tipo de bateria para que

possam escolher a bateria que melhor se adapta para sua aplicação.

Em função das características de funcionamento da primeira versão do robô, sendo conhecido seu perfil de consumo de corrente que chegou até ~1A, concluiu-se que as modernas baterias de *Níquel Metal Hidreto (NiMh)* seriam as mais indicadas para esta aplicação devido à sua alta densidade de carga e por serem relativamente leves. São utilizadas cinco baterias ligadas em série para que se possa atingir a tensão de 6V para alimentação dos servomotores, pois cada célula fornece 1,2V. A Figura 5 mostra a posição das baterias na estrutura do robô. Elas foram estrategicamente distribuídas de modo a evitar o desequilíbrio do robô durante seus movimentos.

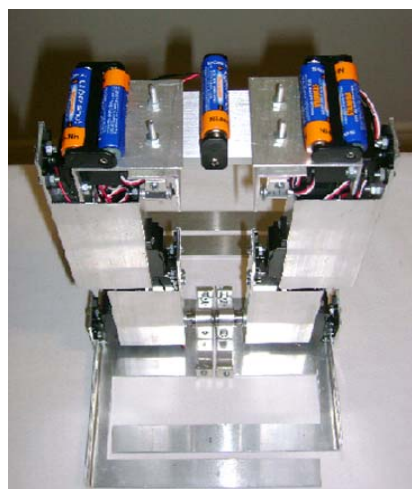


Figura 5: Fotografia com a distribuição das baterias de *NiMh* na estrutura do robô bípede

Dentre as diversas marcas de baterias, optou-se pelas baterias da *Sony*, o modelo escolhido em função da capacidade de corrente foi o modelo *NH-AA-2DB*, 2.500 mAh, 1,2 V, tipo AA.

Para a alimentação do microcontrolador, um regulador de tensão do tipo *LM317* será implementado para fornecer os 5 V necessários ao seu funcionamento.

Sistema de Controle do Robô Bípede

Para o controle dos movimentos do robô, foi identificado um outro microcontrolador da família *Basic Step*, cujo um dos membros, o *Basic Step 1*, foi utilizado no primeiro robô. O novo protótipo utilizará o *Basic step M8*. Ele foi escolhido por ter baixo custo e grande capacidade de processamento, atendendo a todos os tipos de controle, além de ser programado em *TBASiC* que é uma linguagem de programação bastante simples (NOGUEIRA, 2006). Este microcontrolador possui 22 portas configuráveis como entradas e/ou saídas, oferecendo maior flexibilidade para as novas implementações tanto

sob o ponto de vista de *hardware* como de *software*.

No caso deste projeto, serão utilizadas seis portas de saída, sendo que cada uma delas controla um servomotor. Como o projeto da plataforma ainda não está totalmente definido, há possibilidade de que o número de saídas aumente para oito se os dois servomotores previstos para controlá-la forem realmente utilizados. Outra possibilidade para este controle seria através do posicionamento mais adequado da base sobre a qual a plataforma será montada, cuja posição depende dos servomotores do próprio quadril. Simulações a serem realizadas, mostrarão a melhor opção.

Funcionamento e Resultados do Robô bípede

O princípio de funcionamento dos dois robôs está baseado na reprodução dos movimentos das articulações das pernas dos seres humanos durante a marcha. Obviamente que isto é feito de maneira bem rudimentar, se comparado à complexidade dos membros do corpo humano envolvidos em sua locomoção.

Apesar da marcha humana ter sido exaustivamente estudada, ainda não existem dados suficientes para explicar, de uma forma completa, como o homem anda (SANTANA, 2005).

Utilizando-se de uma estrutura eletromecânica dotada de articulações com apenas um grau de liberdade e somente movimentos de flexão/extensão, este robô realiza os movimentos necessários para se deslocar.

O desenvolvimento do controle destes movimentos inicia-se com testes isolados dos movimentos de cada um dos servomotores, observando-se seus limites de posicionamento. Uma posição inicial, aqui denominada de posição de descanso (*home*), é fixada para cada um deles. Ao receber o sinal de início (*start*), todos os servomotores se posicionam nesta posição. A partir daí inicia-se a programação dos movimentos para cada uma das pernas, cuja as posições dos servomotores utilizados vão sendo fixadas experimentalmente.

Após o segundo passo do robô, os movimentos se tornam seqüenciais de acordo com a programação já estabelecida, permitindo sua continuidade no andar de maneira sincronizada.

Conclusão

A colocação dos microrolamentos em todas as articulações com o objetivo inicial de aliviar o peso das estruturas sobre os eixos dos servomotores, problema que foi observado no primeiro protótipo, contribuiu muito para uma estrutura mais

consistente e com melhor alinhamento entre as partes.

As baterias de *NiMh* mostraram-se bastante eficientes para a aplicação, confirmando sua alta densidade de energia e permitindo que o robô se tornasse autônomo. Porém, em função do consumo de corrente relativamente alto, sua autonomia ficou abaixo do esperado. Com uma configuração de cinco baterias ligadas em série, foi necessária uma recarga após trinta minutos de utilização.

Novos testes experimentais com mais baterias em paralelo serão realizados com o objetivo de se aumentar à autonomia do robô, levando-se sempre em conta o problema do aumento de peso da estrutura, o que pode aumentar o risco de desequilíbrio e tombamento deste. Estes testes foram realizados com a utilização do programa e circuitos do primeiro robô, tendo em vista que o novo microcontrolador ainda não foi implementado.

Referências

- GROOVER, M. P., et. al. *Robótica: Tecnologia e Programação*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. 401p.
- WEGNEZ, L. F. *Iniciação à Robótica: Robots e Homens*. Portugal: Publicações Europa-América., 1986. 205p.
- PEREIRA, R.F.O; FREIRE, M.L.; HORAK, C.; BARBOSA, L.F.W. Desenvolvimento de um robô bípede simples e autônomo. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 10, 2005, São José dos Campos, SP. Anais. São José dos Campos: UNIVAP, 2005. 1 CD-ROM.
- PEREIRA, R.F.O; FREIRE, M.L.; BARBOSA, L.F.W. **Robô Bípede Simples e Autônomo para o Ensino de Robótica na Prática**. In: Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação, 6., 2006, Curitiba, PR. Anais. Curitiba: PUCPR, 2006. 1 CD-ROM.
- NOGUEIRA, O. *Conhecendo o Basic Step M8*. Tato Equipamentos Eletrônicos, 2006. Disponível em: <http://www.tato.ind.br/download.htm>. Acesso em : 21 fev. 2007.
- SANTANA, R. E. S. **Projeto de um robô Bípede para a reprodução da marcha humana**. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br>. Acesso em: 23 fev. 2007