

Desenvolvimento da Eletrônica, Acionamento e Estrutura Mecânica da Plataforma *Beam and Ball*

Mateus Mascarenhas¹, Lucas Molina²

¹Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe– mateushpmufs@gmail.com

²Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe– lmolina@ufs.br

Resumo- O objetivo deste trabalho é projetar e montar uma estrutura mecânica e eletrônica, juntamente com o sistema de acionamento de uma plataforma *beam and ball* para ser usada no ensino de controle e modelagem [8]. Sucessivamente essa estrutura será integrada com o sistema de sensoriamento que está sendo feito por outro aluno, no trabalho “Desenvolvimento do sistema de sensoriamento para a plataforma *beam and ball*” para assim em conjunto começar teste e identificação de sistema de controle para serem usados na plataforma.

Palavras-chave—Plataforma didática; ensino de modelagem e controle; eletrônica; acionamento; estrutura mecânica

I. Introdução

Levando em conta o setor industrial, um dos assuntos de maior interesse são os sistemas de balanço, que são encontrados nas indústrias químicas e aeroespaciais e pela sua complexidade, se torna uma tarefa difícil na área de controle. Nesse contexto, o sistema *beam and ball* (barra e bola) é um dos mais populares e importante sistemas de bancada, pois é um modelo relativamente de fácil fabricação, simulação e controle. O protótipo é constituído de uma barra e uma bola, um atuador para dar a movimentação da barra e sensores para medir posicionamento da barra e da bola. O objetivo de controle é estacionar a bola na posição desejada, mudando a trajetória da bola através de atuação indireta, feita movendo-se a barra [1].

O sistema de controle é necessário para controlar as variações do ângulo da barra, mas essa tarefa não é simples devido as características de instabilidade. Essa característica torna o sistema *beam and ball* ainda mais interessante, pois os estudos de sistemas instáveis são de grande importância e são estudados exaustivamente, mas como o perigo de levar sistemas instáveis a laboratórios de controle, o *beam and ball* é uma ótima solução, sendo instável, mas seguro e ainda de baixo custo, além da grande variedade de soluções e técnicas de controle que podem ser aplicadas no mesmo.

II. Objetivos geral

Projetar e montar a estrutura mecânica, a eletrônica e o sistema de acionamento da plataforma didática tipo *beam and ball* e posteriormente integrar ao sistema de sensoriamento desenvolvido no outro plano de trabalho. Após a integração, trabalhar em conjunto para o desenvolvimento e teste de sistemas de modelagem analítica, identificação de sistemas e controle.

III. Revisão bibliográfica

Na primeira etapa do projeto, a revisão bibliográfica, o foco foi buscar os tipos de estruturas usadas no sistema *beam and ball* (barra e bola), suas vantagens e desvantagens, para assim

determinar um projeto de estrutura eletrônica e mecânica da plataforma e especificação dos atuadores a serem utilizados.

Foram observados uma predominância em dois tipos de estruturas [2].

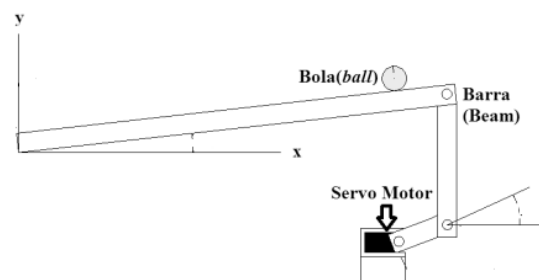


Figura 1– Esquema ball and beam com atuador na extremidade.

Na estrutura do tipo 1 (figura 1), o atuador é usado na extremidade da barra, se utilizando de um braço para ganhar maior precisão na movimentação, possibilitando assim que o limite de angulação mínima do atuador seja ajustável através do braço usado. Devido a isso a utilização de um servo motor se torna viável. Porém, por possuir muitas juntas esta estrutura está mais sujeita a folgas devido a suas estruturas mecânicas.

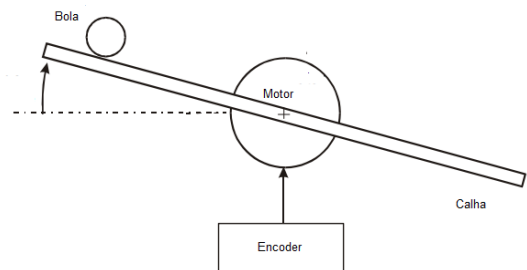


Figura 2 – Esquema ball and beam com atuador no centro.

Na estrutura do tipo 2 (figura 2), o atuador é acoplado no centro da barra, assim tendo a vantagem de não ter juntas. Dessa forma, sistemas desse tipo estão sujeitos a ter menos folgas, mas limitam os atuadores que poderão ser usados, pois exige intervalos menores de movimentação dos atuadores. Devido a essas características são utilizados em sua maioria motores DC nesse tipo de estrutura.

Conhecendo os dois principais tipos de estrutura, a revisão bibliográfica foi expandida na direção de conhecer a soluções

especificadas nos trabalhos encontrados. Em [3], apresentadas uma das primeiras estruturas bola e viga desenvolvidas e publicadas.

A estrutura tinha o comprimento da barra de 16 cm feita de alumínio, com motor DC que gira para ambos os lados limitado para 20 graus de movimento horizontal. Onde um sensor de pressão mede a posição da bola e um potenciômetro mede o ângulo da barra, onde é usado um computador com uma interface de conversão de dados para ler as duas posições.

O computador envia comandos através da interface de conversão de dados, com um amplificador de potência e um conversor de tensão para corrente. O ruído mecânico no hardware causou diferenças suficientes para inviabilizar alguns experimentos. Ele apresentou dois tipos de ruído nos sensores. Um deles foi a resolução do sensor que tem efeito apenas quando a bola está perto do limite o outro mais importante acontece que devido ao uso de um sensor de pressão quando a bola salta da barra o sensor gera valores semi aleatório.

Em [4], a estrutura feita era baseada no tipo 1. A barra utilizada foi de alumínio, presa a um bloco de madeira parafusado para suportar os lados para manter o equilíbrio e para limitar os movimentos laterais. As características da bola também foram levadas em conta, procurando obter uma bola com uma boa relação entre volume, massa, área de contato e acessibilidade, para uma melhor fricção e facilidade de controle, a bola escolhida foi a bola lacrosse que é feita de borracha maciça de 170 gramas. O sensoriamento foi escolhido por soar onde teve um erro de relação linear entre a distância e a tensão. Eles tiveram vários problemas com o sensor devido ao erro de confiabilidade dele, o mesmo foi trocado. O atuador utilizado foi um servo motor (Futaba 3305) devido ao seu amplo torque e velocidade razoáveis. Eles tiveram problemas da fricção da bola com a barra que fazia a mesma estagnar para pequenas inclinações.

Em [5], foi usado a estrutura do tipo 2. Foram usados dois sensores: um para medir o ângulo da barra e outro para a posição da bola na barra. Para o ângulo foi usado um potenciômetro anexado ao eixo do motor, e para a posição da bola foi usado um sensor por indutância magnética, com isso foi necessário usar um alumínio como matéria para construir a estrutura, pois este causa pouca interferência no sensor magnético. Mas após alguns testes foi notado que o sensor de indutância magnética apesar de parecer promissor era muito suscetível ao ruído causado pela movimentação da bola pela barra, devido a imperfeições microscópicas que tanto a bola quanto a calha tinham, e mesmo com a utilização de diversos filtros foi determinado que era inviável a utilização do sensor magnético nessa estrutura. Então foi adotado o sensoriamento por fio resistivo, onde era colocado o fio resistivo paralelo com um fio de cobre que percorria toda a barra, e era aplicado uma tensão de 5 volts aos fios e com a bola sendo metálica a tensão medida era proporcional a posição da bola na barra. No entanto o rolamento da bola causava quebras de condutividade fazendo com que aparecesse um ruído no sinal, que foi resolvido com filtros, além disso as imperfeições de alinhamento reduziam a qualidade do sinal, mas que foram compensados com derivados do sinal.

Em [6], um trabalho mais recente, uma adaptação da estrutura do tipo 1. A plataforma foi projetada usando um software 3D, onde sua calha foi feita de acrílico e a base de MDF (Fibra de Média Densidade), com um disco acoplado ao atuador e um braço acoplado o disco a calha para mover a mesma. Na parte de sensoriamento, foi usado um sensor infravermelho, que possui uma saída analógica e distância mensurável de 10 a 80 cm, o atuador foi um servomotor devido a sua facilidade de comando por qualquer microcontrolador. O maior problema encontrado foi referente ao uso de um sensor infravermelho, pois em algumas situações possuía pequenas variações dependendo da luminosidade do ambiente e coloração da bola, apresentando assim curvas não lineares de resposta, mas que foi resolvido com um programa para calibrar o sensor.

Em 2005 surgiu uma nova variante de tipo de estrutura, que se utiliza dois motores, denominada "dual motors ball & beam system" (DMBB), sistema de bola e barra de motores duplos. Esse modelo apresenta em cada extremidade um motor onde os dois motores trabalham cooperativamente para regular a posição angular da barra [7].

Este tipo de modelo ainda é muito pouco encontrado devido à dificuldade em fazer os dois motores trabalharem em cooperação, adicionando assim mais um problema à estrutura sem nenhum ganho aparente.

IV. Metodologia

A primeira atividade deste trabalho consistiu em realizar uma revisão bibliográfica acerca das estruturas usadas nas plataformas. Foi visto que a literatura que nos trabalhos apresentados não havia muita preocupação em especificar ou detalhar a construção ou estruturas usada nos projetos. Assim, para melhorias de trabalhos futuros, o foco dessa primeira etapa de construção será abordar alguma característica crítica na parte mecânica para investigar com maior detalhe o seu impacto no sistema de controle. Neste contexto, optou-se por investigar o impacto das folgas no sistema de atuação, por ser este um problema que não pode ser extinto, apenas minimizado.

Em um primeiro momento a proposta é analisar e avaliar o quanto as folgas nas estrutura afetariam o desempenho do sistema de controle do projeto e se possível, quantificar os níveis dessa interferência, observando a robustez do sistema de controle e até onde ele é capaz de estabilizar o sistema na presença de folgas na atuação. Outro problema que é amplificado com as folgas é a vibrações das estruturas causadas tanto pelo movimento da bola quanto dos atuadores [5], que já afeta significativamente alguns tipos de sensoriamento. Um desse é a linha resistiva, que será usada como um dos sensores de posição da bola e no potenciômetro que medira a inclinação da barra.

Como na literatura pouca se aborda sobre a estrutura do *beam and ball*, sobre os tipos, problemas e vantagens, esses estudos fariam com que projetos futuros tivessem dados que possibilitassem a escolha do melhor tipo de estrutura mais adequada ao objetivo procurado.

V. Considerações finais

A sequência esperada para o trabalho é continuar investigando possibilidades de estruturas, onde as folgas possam ser controladas, permitindo assim um estudo do desempenho do sistema para diferentes magnitudes de folga na atuação. Para esse requisito, a folga intrínseca do motor deve ter o menor impacto possível na inclinação final da haste, o que não foi o observado para a estrutura testada (tipo 2). Como próximo passo, pretende-se investigar essas características em uma estrutura do tipo 1, verificando se há a possibilidade de controlar e dimensionar diferentes folgas na atuação

Referências bibliográficas

- [1] Wang, Wei. "Control of a Ball and Beam System". University of Adelaide, Austrália, 2007.
- [2] Wahid, Herman. Fua'ad Rahmat, Mohd. "A study of different controller strategies for a ball and beam system". *Jurnal Teknologi*, 2009.
- [3] Benbrahim, H. et al. "Real-Time Learning: a Ball on a Beam". 1992.
- [4] Ball and Beam Control Theory Demonstrator William Wanjohi. 2005.
- [5] Lieberman, Jeff. "A Robotic Ball Balancing Beam". 2004.
- [6] Klug, Michael. "Construção e Controle de uma Plataforma Experimental Ball and Beam". 2014
- [7] Peng Yu, Hao. "Modeling and control of dual motor ball & beam system". 2011.
- [8] Sauer, Christopher. et al. "Plataforma didática para o ensino de controle". Santo Ângelo, 2017.