

Definição de Motor aplicado em Protótipo para Controle de Altura de Barras de Pulverização

Yan Costa Alegre¹; Antonela Bittencourt Maag²; Eduardo Walker³

¹Universidade Federal de Pelotas – yan.alegre@ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – atmaag@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – eduardowalker@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O Brasil representa um papel muito importante em âmbito mundial na agricultura, sendo uma das grandes potências mundiais em produção de alimentos, de 1995 a 2017, o valor bruto da produção dobrou, sendo que a tecnologia foi responsável por mais de 60% desse crescimento (VIEIRA FILHO, 2020). A pulverização com barras pode apresentar alguns problemas devido ao fato de serem muito extensas e o solo brasileiro apresentar desníveis, fazendo com que haja a necessidade de controlar a altura dessas barras com o auxílio de tecnologias que possibilitem a automatização desse processo (MAAG, 2020).

Dada a importância de um sistema automático para controle de altura das barras de pulverização, e com o intuito de validar a proposta, então um protótipo foi projetado e para que se possa construir este protótipo, conhecendo as massas e movimentos a serem realizados pelo mesmo é possível realizar a modelagem matemática e determinar quais forças serão necessárias para que o movimento proposto aconteça, e assim, determinar qual motor atende estas especificações. Este trabalho tem por principais objetivos desenvolver um modelo matemático que tenha como resposta o torque necessário de atuação para o controle de altura das barras de pulverização do protótipo, realizando assim, a escolha do motor e o levantamento dos parâmetros que caracterizam a resposta em energia mecânica com relação a energia elétrica aplicada ao motor em questão.

2. METODOLOGIA

Para que seja possível efetuar a escolha de um motor que atenda às necessidades de uma aplicação, primeiramente deve-se conhecer as principais exigências e condições de operação do mesmo, então considerando a aplicação em questão, é necessário que se conheça as características de movimento do protótipo da barra de pulverização. Inicialmente, duas propostas de geração de força com o motor foram analisadas, sendo uma delas utilizando um conjunto de engrenagens que proporcionaria uma redução de velocidade e um aumento de torque sendo que o eixo ficaria distante do ponto de ação do movimento, e a outra com a utilização o eixo do motor diretamente como forma de atuação no centro do eixo de movimento da barra e sem a utilização de engrenagens. Portanto, estudando o movimento da barra de pulverização definiu-se que a variação do ângulo entre a barra e sua posição de inércia necessária para a aplicação é de 0 até 60 graus. Levando em conta as forças exercidas na barra pode-se observar as duas equações a seguir resultantes do estudo de movimento da barra, sendo que a equação 1 corresponde ao caso de utilização de engrenagens e a equação 2 ao eixo do motor diretamente conectado ao da barra.

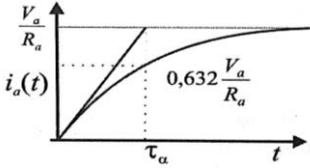
<p>Equação 1: Torque com Engrenagens</p> $T = \frac{m \cdot g \cdot D \cdot \sin(\theta)}{N}$	<p>Equação 2: Torque sem Engrenagens</p> $T = m \cdot g \cdot D \cdot \sin(\theta)$
---	---

Onde,

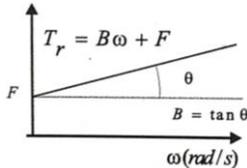
- “m” é a massa da barra
- “g” a constante gravitacional
- “D” distância até o centro de massa
- “θ” ângulo de deslocamento
- “N” é o coeficiente de redução entre engrenagens

Através dos equacionamentos expostos anteriormente então é possível estabelecer uma pesquisa de mercado de motores elétricos que atendem as necessidades da aplicação, levando em consideração o torque alcançado pelo mesmo, a velocidade, as tensões de alimentação e ainda o custo de cada topologia. Após a definição do motor escolhido e a obtenção do mesmo é muito importante que sejam levantados os parâmetros elétricos e mecânicos que caracterizam este motor, através deles é possível obter a função de transferência do motor e desta forma conhecer a resposta dele para diferentes situações, fornecendo informações muito importantes para o controle do mesmo. O levantamento de parâmetros de um motor de corrente contínua segue uma série de etapas, conforme pode-se observar a seguir nas etapas descritas por OLIVEIRA et al. (2013).

1. Determinação de Ra: Método Ohmímetro, através da medição da resistência de armadura diretamente nos terminais de armadura para diferentes posições do Rotor.
2. Determinação da Indutância de Armadura (La): O método da resposta transitória.

<p>Equação 3: Obtenção da Indutância de Armadura</p> $L_a = R_a \cdot \tau_a$	<p>Figura 1: Obtenção da Indutância de Armadura</p> 
---	--

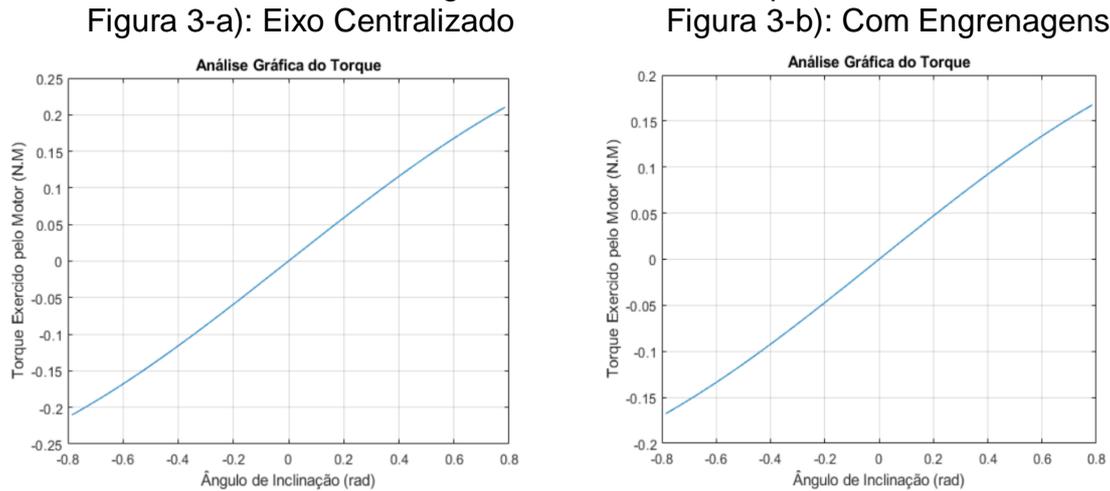
3. Determinação da constante Ke, deve ser realizada para diversos valores de corrente e velocidade.
4. Parâmetros Mecânicos: Os parâmetros mecânicos B e F podem ser determinados através do torque resistivo com relação a velocidade. O torque resistivo pode ser calculado através de:

<p>Equação 4: Obtenção dos Parâmetros Mecânicos</p> $K_e = \frac{V_a - R_a \cdot I_a}{w}$ $T_r = \frac{(V_a - R_a \cdot I_a) \cdot I_a}{w}$	<p>Figura 2: Obtenção dos Parâmetros Mecânicos</p> 
---	---

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do equacionamento matemático exposto na metodologia e definindo a massa, tamanho da barra do protótipo foi realizada a simulação matemática dos torques para diferentes ângulos para as duas situações descritas. Na figura 3 pode-se observar a representação gráfica obtida através do Software MATLAB® com a utilização da modelagem matemática para as duas topologias mecânicas.

Figura 3: Análise de Torque



Fonte: Acervo dos autores.

Conforme exposto na etapa metodológica, conhecendo os valores que caracterizam a aplicação, através da pesquisa de mercado foi possível realizar a escolha do motor, baseando-se nas especificações fornecidas pelo fabricante. O motor escolhido então foi o MG995 fabricado por TowerPro®. Optou-se pela utilização do eixo do motor de forma direta ao eixo de movimento da barra, sem a utilização de engrenagens, devido ao fato do torque apresentado pelo mesmo ser suficientemente grande. A Figura 4 mostra o motor escolhido e suas especificações técnicas que levaram a escolha do mesmo.

Figura 4: Motor Escolhido



Weight(g)	55
Torque(kg)(4.8v)	8.5
Speed(sec/60deg)	0.2

Fonte: <https://www.towerpro.com.tw/product/mg995/>

Por se tratar de um ServoMotor, foi realizado o processo de desmontagem da estrutura mecânica com o intuito de ter acesso ao motor CC e realizar a série de passos de determinação dos parâmetros, conhecendo o motor interno então foi realizada a reconstrução mecânica através do Software MATLAB SIMULINK® juntamente com a construção da função de transferência do motor.

Tabela 1: Parâmetros encontrados

Parâmetro	Valor	Unidade
Ra	2,3	Ω
La	0,0034	H
Tr	0,0775	N
Ke	0,6198	Vs/rad
Kt	0,6198	Vs/rad
B	0,01	Nms/rad
J	0,0055	Nms ² /rad

Equação 5: Função de Transferência

$$Ft = \frac{\frac{Kt}{Ra}S^2 + B \cdot \frac{Kt}{J.Ra}S}{S^2 + \left(\frac{Kt.Ke}{J.Ra} + \frac{B}{J}\right)S}$$

Na tabela 1 pode-se observar os parâmetros elétricos e mecânicos encontrados. Na equação 5 pode-se observar a função de transferência do motor elétrico escolhido como solução para execução dos movimentos do protótipo.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as proposições iniciais foram alcançadas, já que os resultados obtidos cumpriram com os objetivos principais do trabalho, mostrando a importância de uma validação prévia de forma matemática antes da construção física do protótipo. Conclui-se que devido a importância de aplicações tecnológicas em processos agrícolas o incentivo de projetos de pesquisa na área é extremamente importante, pois fomenta o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias, auxiliando no desenvolvimento do agronegócio no Brasil e o aumento da produção de alimentos mundial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia (org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: Ipea, 2020. 410 p.

OLIVEIRA, Vilma A; AGUIAR, Manoel L; VARGAS Jerson B. **Sistemas de Controle: Aulas de Laboratório**. São Carlos: EESC/USP, 2013. 309 p

MAAG, A. B; WALKER, E. **SISTEMA DE CONTROLE E AJUSTE AUTOMÁTICO DE ALTURA EM BARRAS PULVERIZADORAS**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – VI SIIPE UFPEL, Pelotas, 2020, **Anais**.

TOWER PRO. **MG995**. Especificações técnicas. Acessado em 07 ago. 2021. Online. Disponível em: <https://www.towerpro.com.tw/product/mg995/>