

SISTEMA DE CONTROLE PID PARA AJUSTE AUTOMÁTICO DE ALTURA DE BARRAS PULVERIZADORAS

ANTONELA BITTENCOURT MAAG¹; YAN COSTA ALEGRE²; EDUARDO WALKER³

¹ Universidade Federal de Pelotas – atmaag@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – yan.alegre@ufpel.edu.br

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

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país de destaque quanto a produção agrícola e esse ramo encontra-se em pleno crescimento (CASALI, 2015). Os índices do IBGE no anos de 2019 mostraram uma produção de 1,9% superior ao ano de 2018 (IBGE, 2019). A projeção para a safra agrícola de 2021 deve trazer um novo recorde de produção estimado em 246,9 milhões de toneladas, ou seja, 10,7 milhões de toneladas a mais que no ano de 2020, o que aponta um crescimento de 4,2%. Além disso, de acordo com o IBGE, deverá haver um novo recorde de colheita de soja, estimado em 8,5% a mais que o colido no ano de 2020 (IBGE, 2021).

Vários fatores influenciam o desenvolvimento agrícola, entre eles estão as máquinas e implementos utilizados no campo para facilitar o processo de cultivo. Dentre essas máquinas encontramos os pulverizadores, responsáveis pela aplicação de defensivos e fertilizantes em diversas culturas. Esse tipo de máquina apresenta diferentes modelos, no entanto, para uso em área extensas e de plantio de cereais são principalmente encontrados os pulverizadores de arrasto e os autopropelidos. Estes pulverizadores costumam ser equipados com barras pulverizadoras de 10 à 25 metros (COSTA, 2009).

Devido a extensão das barras pulverizadoras e aos terrenos encontrados no Brasil não serem totalmente planos, essas barras estão sujeitas a danos por entrarem em contato direto com o solo ou obstáculos sobre este, gerando manutenções não previstas. Por conta da variação do nível do solo dentro de uma mesma área de plantio, os pulverizadores acabam recebendo esses desníveis e os transferindo para as barras de uma forma não compensada, gerando duas situações opostas. A primeira temos uma barra muito afastada da altura ideal de aplicação, gerando uma sobreposição na deposição do produto químico, o que implica no aumento do custo de produção, além de danos a cultivar por excesso de agrotóxico. No segundo cenário temos uma barra muito próxima à plantação, gerando falhas na aplicação de defensivos, o que ocasiona perdas no controle das pragas agrícolas.

Dessa forma, esse trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema de controle automatizado que controle e corrija de forma automática a altura das barras pulverizadoras. Para alcançar esse propósito deve-se construir um protótipo de barras pulverizadoras, via *software*, bem como desenvolver um sistema mecânico de ajuste de altura das barras juntamente com o sistema eletrônico de leitura da distância entre a barra e o solo. Todos os sistemas descritos serão testados e simulados em ambiente virtual.

2. METODOLOGIA

A partir de uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de controle de altura de barras pulverizadoras disponíveis no mercado foi possível observar os diferentes modelos e materiais utilizados para tal. Observou-se principalmente a existência de sistemas hidráulicos para o ajuste das barras pulverizadoras. Além disso, uma revisão sobre os tipos de sensores de distância permitiu a escolha do sensor de distância ultrassônico. Com o sensor escolhido, fez-se os primeiros testes para determinar a sua faixa de operação e as limitações de leitura. O sensor ultrassônico deste estudo é o modelo JSN-SR04, que possui a característica de ser à prova d'água, fator de extrema importância para situações de campo. Para o sistema de controle foi escolhido a placa de micro controlador Arduino Uno, devido a facilidade de acesso e familiaridade com a plataforma de programação.

O passo seguinte do trabalho foi iniciar o desenvolvimento do código de controle de altura das barras pulverizadoras. A Figura 1 mostra o diagrama do sistema de controle utilizado neste trabalho. O valor de referência para o sistema de controle é a altura padrão que a barra deve estar em relação ao solo. Esse valor varia conforme o tipo de cultivar em que a máquina será usada, bem como a fase de desenvolvimento da planta, devendo assim ser determinado em cada operação.

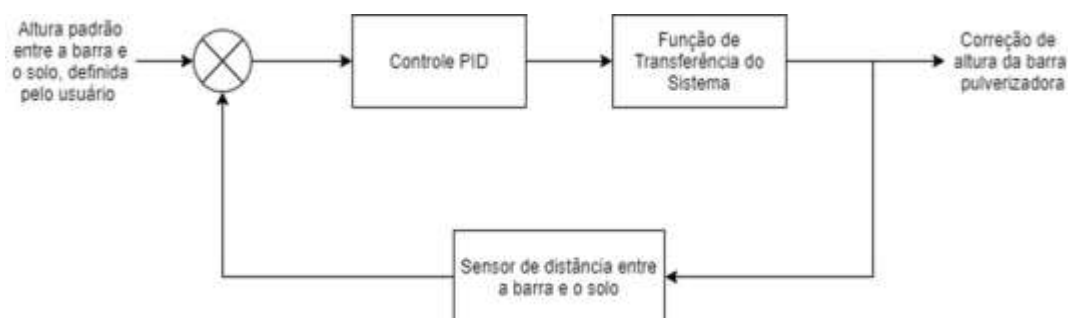


Figura 1 - Diagrama sistema de controle

A forma de controle escolhida foi o controle proporcional integral derivativo (PID). Esse tipo de controle une a correção proporcional do erro (P), a eliminação do produto do erro (I) e a redução das oscilações do sistema (D) (NOVUS, 2003). Além disso, optou-se por um sistema de controle em malha fechada e realimentada, ou seja, o sistema necessita de um sensor na saída da malha, capaz de realizar a leitura do sistema que está sofrendo o controle, e retornar essa informação para otimizar o ajuste.

Assim, a função de transferência desse estudo engloba o sistema mecânico de movimentação da barra, juntamente com o atuador elétrico que irá proporcionar o movimento das barras pulverizadoras conforme o ajuste necessário. O controle PID irá atuar sobre essa função de transferência, e logo teremos na saída a correção da altura da barra no formato do número de passos que o motor deverá se movimentar. Cada barra pulverizadora é equipada com sensores ultrassônicos que fazem a leitura constante da distância entre a barra pulverizadora e o solo, e essa informação entra no sistema de controle como realimentação do mesmo. Ou seja, essa informação é comparada com o valor de entrada da distância que a barra deve se manter em relação ao solo, e essa comparação gera um valor de erro que é colocado no sistema de controle de PID. Conforme o ajuste dos parâmetros desse controle que atua sobre a função de transferência, teremos o dado de saída para a correção da altura das barras pulverizadoras.

Paralelo ao sistema de controle, fez-se o desenvolvimento de um primeiro protótipo de barras pulverizadoras em *software*. Com esse protótipo será realizado o teste do conjunto, conectando o modelo de barras desenhado e o sistema de

controle proposto no *software Matlab*. Por fim, deverão ser feitos os ajustes, tanto no sistema mecânico quanto no código de controle, de forma a garantir um sistema totalmente otimizado e operante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as revisões bibliográficas determinou-se o tipo de sistema de controle a ser utilizado, bem como os componentes eletrônicos que melhor atendem a solução do problema descrito. Com estas definições, foram realizados teste para entender o funcionamento do sensor ultrassônico em questão, bem como suas limitações, além de conecta-lo ao motor elétrico utilizando um simples código de controle apenas para teste. Os resultados foram positivos, e mostraram que os componentes escolhidos atendem ao escopo desse trabalho.

Na sequência fez-se iniciou-se o desenvolvimento do sistema de controle PID para a correção da altura da barra de pulverização. Essa etapa ainda encontra-se em desenvolvimento e aprimoramento do sistema que foi desenhado até o momento. Temos resultados positivos, que demonstram que o controle PID consegue controlar o sistema de barras pulverizadoras, porém é necessário realizar um refinamento dos parâmetros proporcionais integrais derivativos, de forma a otimizar e evitar as oscilações do conjunto de controle.

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de ligação entre o sensor ultrassônico escolhido, o microcontrolador e o motor elétrico. No microcontrolador fica armazenado o código de controle PID, o qual é responsável por identificar e mandar a informação do número de passos necessários no motor para corrigir a altura das barras. O sensor ultrassônico realiza a leitura da distância entre a barra e o solo a cada 1 segundo. Essa informação entra no sistema de controle para ser comparada a altura ideal que a barra deve se posicionar em relação ao solo. Caso esses valores sejam diferentes, é gerado um sinal de erro que entra para o sistema de controle PID e este realiza as devidas operações, como já mencionado, para ajustar a altura da barra em relação ao solo, e mantê-la paralela a este.

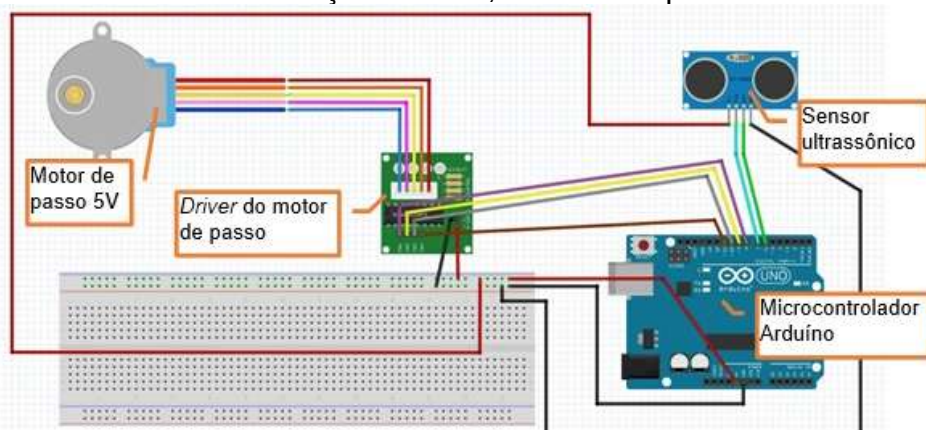


Figura 2 - Esquema de ligação dos componentes eletrônicos

O protótipo de barras pulverizadoras também encontra-se em desenvolvimento, devido a necessidade de realizar um melhor dimensionamento do sistema mecânico que estará conectado ao motor elétrico efetuando a correção da altura das barras. A Figura 3 apresenta um estudo do sistema mecânico realizado até o momento, considerando apenas um lado da barra pulverizadora, pois o outro lado será apenas espelhado. Utilizou-se a engrenagem motora com

menor número de dentes em relação a engrenagem movida para que haja um maior torque no conjunto, facilitando a movimentação do sistema, e reduzindo o tamanho do motor elétrico. Por fim, com os sistemas devidamente ajustados, realizar-se-á os testes, via *software*, do conjunto de sistema mecânico e elétrico para correção da altura das barras pulverizadoras.

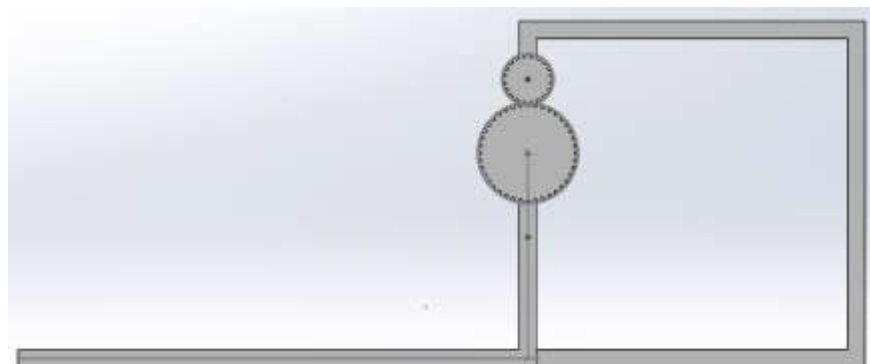


Figura 3 - Sistema mecânico de correção da altura das barras pulverizadoras

4. CONCLUSÕES

A partir das etapas já realizadas pode-se afirmar que o sensor ultrassônico, a placa micro controladora e o motor elétrico escolhido são eficientes e atendem ao escopo deste trabalho. O sistema de controle escolhido também atende aos objetivos do trabalho, no entanto ainda pode ser aprimorado. Com os próximos passos e testes em sistema mecânico simulado via *software*, essas conclusões poderão ser reafirmadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASALI, A. L. **Caracterização, avaliação e classificação dos Pulverizadores autopropeidos produzidos no Brasil**. 2015. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- COSTA, Marcos Ferreira da. **Tecnologia de Aplicação de defensivos agrícolas**. 2009. 118f. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009. Acesso em: 30 mar. 2020. Online. Disponível em: <www.ufmt.br/ca/arquivos/0c47da7a08a3ba5142333954601989a3.pdf>.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, 2021.
- NOVUS. **Controle PID Clássico**. Novus Produtos Eletrônicos Ltda. Artigo técnico, 2003. Online. Disponível em: <<https://www.novus.com.br/artigosnoticias/arquivos/ArtigoPIDBasicoNovus.pdf>>
- WERNER, V. et al. **Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.11, n.6, dez. 2007.