

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**SISTEMA ELETRÔNICO PARA ACIONAMENTO DE DISCO  
DOSADOR DE SEMENTES**

ANDRÉ NICIPORENCO NETO

TIAGO DOS SANTOS SILVA

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL

2019

# **SISTEMA ELETRÔNICO PARA ACIONAMENTO DE DISCO DOSADOR DE SEMENTES**

**ANDRÉ NICIPORENCO NETO  
TIAGO DOS SANTOS SILVA**

Orientador: PROF. Dr. ROBERTO CARLOS ORLANDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das  
exigências para conclusão do curso de Engenharia Agrícola.

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL**

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

N631s Niciporenco Neto, André  
SISTEMA ELETRÔNICO PARA ACIONAMENTO DE DISCO DOSADOR DE SEMENTES  
[recurso eletrônico] / André Niciporenco Neto, Tiago Dos Santos Silva. -- 2019.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: ROBERTO CARLOS ORLANDO.  
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Qualidade de plantio. 2. Dosador eletrônico. 3. Plantabilidade. I. Santos Silva, Tiago Dos. II. Orlando, Roberto Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**SISTEMA ELETRÔNICO PARA ACIONAMENTO DE DISCO DOSADOR DE  
SEMENTES**

Por

André Niciporencio Neto

Tiago dos Santos Silva

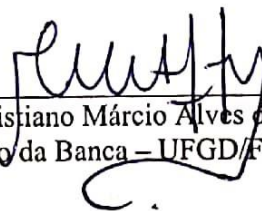
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção  
do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 21 de novembro de 2019.



---

Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza  
Membro da Banca – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Natanael Takeo Yamamoto  
Membro da Banca – UFGD/FCA

## **AGRADECIMENTOS (André Niciporengo Neto)**

Primeiramente a Deus, por me abençoar em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais Elcio e Célia, por toda educação que me deram, por sempre estarem ao meu lado me incentivando para que eu seja uma pessoa cada vez melhor e por nunca terem medido esforços para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, por fazerem parte da minha vida e proporcionarem momentos de felicidades.

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), por ter me proporcionado essa formação acadêmica.

Ao professor Dr. Roberto Carlos Orlando, por todo ensinamento, confiança e pela orientação no desenvolvimento desse trabalho.

A toda minha família, por me apoiar em todos os momentos difíceis da minha vida.

A minha namorada Sara Santana, por todo apoio e incentivo nos momentos difíceis e sempre estar ao meu lado me transmitindo alegria e amor.

Ao meu amigo Tiago, pelo companheirismo durante praticamente todo o curso e principalmente no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Paulo Maciak, pela colaboração no desenvolvimento desse trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola que me transmitiu todo o conhecimento para que me tornasse um excelente profissional.

A professora Vanderleia Schoeninger, pela orientação em pesquisas desenvolvidas durante o curso e toda confiança depositada em mim.

A todos meus amigos que estiveram ao meu lado durante essa caminhada e principalmente aos membros do grupo BDR.

## **AGRADECIMENTOS (Tiago dos Santos Silva)**

A Deus, por me permitir chegar até aqui.

Aos meus pais Eronides e Fátima, que me ensinaram o caminho dos estudos e me ajudaram na jornada até aqui.

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e a Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), por me possibilitar cursar Engenharia Agrícola.

Ao Professor Dr. Roberto Carlos Orlando, pela orientação, sugestões, conhecimentos e principalmente pela confiança na realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola em especial aos membros da banca, por contribuir com a minha formação.

A minha vó Deolinda, que não está mais conosco, mas que é minha inspiração para toda a vida.

A minha namorada, Sabrina que esteve ao meu lado em toda essa etapa.

Ao meu grande amigo Antônio, que sempre me ajudou nesta caminhada.

Aos meus tios José Pedro e Maria Ilda, que me acolheram e me ajudaram desde o início desta etapa.

Ao meu amigo André, pela parceria no desenvolvimento deste projeto.

Ao meu amigo Paulo Maciak, pela colaboração neste projeto.

Aos amigos do curso de Engenharia Agrícola, em especial aos membros do grupo BDR, pela parceria durante todo o curso.

A todos que de alguma forma me ajudaram. Meus sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

## PÁGINA

LISTA DE FIGURAS .....	vi
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Sistema plantio direto .....	3
2.2. Semeadora-adubadoras para plantio direto.....	3
.....	4
2.3. Constituição das semeadoras .....	4
2.3.1. Chassi .....	4
2.3.2. Sistema de acoplamento e transporte .....	5
2.3.3. Sistema de acionamento e transmissão .....	5
2.3.4. Mecanismos dosadores de sementes .....	6
2.4. Plantabilidade.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1. Representação conceitual do sistema proposto.....	9
3.2. Hardware.....	9
3.3. Algoritmo.....	10
3.4. Teste do sistema.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
4.1. Estrutura mecânica.....	13
4.2. Algoritmo.....	14
4.3. Testes do sistema eletrônico de acionamento do disco dosador.....	14
4.3.1. Teste com alteração na fórmula .....	16
5. CONCLUSÕES.....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
APÊNDICE A.....	21

**LISTA DE FIGURAS****PÁGINA**

FIGURA 1. Componentes de uma semeadora adubadora para plantio direto.....	4
FIGURA 2. Sistema de acionamento de transmissão.....	5
FIGURA 3. Dosador de sementes horizontal. ....	6
FIGURA 4. Sistema dosador pneumático. ....	6
FIGURA 5. Diagrama de blocos do sistema eletrônico. ....	9
FIGURA 6. Esquema de ligação do motor.....	10
FIGURA 7. Suporte do motor fixado a semeadora. ....	13
FIGURA 8. Suporte do sensor encoder. ....	13
FIGURA 9. Eixo do disco dosador usinado. ....	14
FIGURA 10. Número de furos do disco esperados e obtidos para simulação de 3 sementes por metro e diferentes velocidades. a) 3 sem/m a 3 km.h <sup>-1</sup> ; b) 3 sem/m a 4 km.h <sup>-1</sup> . ....	15
FIGURA 11. Número de furos do disco para diferentes taxas de simulação de distribuição, a) 5 sem/m; b) 8 sem/m; c) 10 sem/m; d) 14 sem/m. ....	15
FIGURA 12. Número de furos do disco esperados e obtidos para simulação com alteração na fórmula. ....	16



NICIPORENCO NETO, André; SILVA, Tiago dos Santos. Sistema eletrônico para acionamento de disco dosador de sementes. 2019. 27p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

## RESUMO

O plantio é uma das etapas mais críticas no ciclo de uma cultura podendo ocasionar enormes prejuízos quando não realizada de maneira eficiente, visando a melhor qualidade de plantio esse trabalho teve como objetivo de aperfeiçoar a distribuição de sementes de uma semeadora pneumática usando um sistema eletrônico para o controle do disco dosador. O sistema foi composto por componentes eletrônicos divididos em emissor controlador e atuador, onde o emissor tinha a função de informar ao atuador os dados de entrada para que através de equações fosse feito o controle do atuador, o algoritmo responsável pelo controle do sistema foi desenvolvido no software Arduino 1.8.8. Após os testes a campo foi observado boas eficiências para baixas velocidades de deslocamento da semeadora, porém observou-se limitações do sistema para elevadas velocidades, onde o atuador não foi capaz de desenvolver a rotação necessária do disco dosador para se obter a quantidade de sementes desejada. Os testes resultaram em dados satisfatórios em relação ao funcionamento dos mecanismos e software desenvolvidos com a limitação de rotação do motor de passo que deve passar por uma adequação para responder a velocidades de deslocamento superiores a 10 passos por segundo.

**Palavras-chave:** qualidade de plantio; dosador eletrônico; plantabilidade.

## ABSTRACT

Planting is one of the most critical stages in a crop cycle and can cause huge losses when not efficiently performed, aiming at the best planting quality. This work aimed to improve the seed distribution of a pneumatic seeder using an electronic system to the dosing disc control. The system was composed of electronic components divided into controller and actuator emitter, where the emitter had the function of informing the actuator the input data so that through equations the actuator control was made, the algorithm responsible for the system control was developed in the Arduino software 1.8.8. After field tests, good efficiencies were observed for low sower displacement speeds, but system limitations were observed for high speeds, where the actuator was not able to develop the necessary rotation of the dosing disc to obtain the desired amount of seeds. The tests resulted in satisfactory data regarding the functioning of the mechanisms and software developed with the stepping motor rotation limitation that must be adequately responsive to travel speeds greater than 10 steps per second.

**Keywords:** planting quality; electronic doser; plantability.

## 1. INTRODUÇÃO

O sucesso na operação de semeadura de uma cultura agrícola depende de uma série de fatores, que podem estar relacionados com as sementes, tipo do solo, características das máquinas, condições climáticas e o operador (BALASTREIRE, 1987). A semeadura é uma etapa que exige alto desempenho dos mecanismos, correta distribuição das sementes e máxima plantabilidade, proporcionando o estande ideal e favorecendo o desenvolvimento inicial da cultura, fase primordial para alta produtividade.

Apesar do constante aprimoramento que vemos atualmente e da importância da sua utilização, de acordo com Portella (1997), o desenvolvimento das primeiras semeadoras foi lento, pois inicialmente não representavam uma redução na mão de obra, no entanto, a economia de sementes e a maior regularidade na distribuição contribuíram para o seu desenvolvimento.

No atual mercado de máquinas agrícolas é notória a evolução que estas vêm apresentando nos últimos anos de forma a melhorar os seus mecanismos e tecnologias e assim suprir a necessidade de produção de mais alimentos. Tratando-se de semeadoras, esta evolução não poderia ser diferente já que, segundo Mialhe (2012), após a invenção de inúmeros utensílios manuais, a semeadura foi uma das primeiras operações agrícolas a ser mecanizada.

Na evolução das máquinas agrícolas para semeadura, um dos pontos chave é a plantabilidade, onde se busca a distribuição uniforme de sementes ao longo do sulco de tal forma, que o espaçamento entre as sementes seja o mais regular possível, evitando falhas e plantas duplas no estande final.

Estabelecer o estande de plantas ideal também é um dos objetivos de se aperfeiçoar as semeadoras, pois a implantação de uma cultura agrícola necessita de um alto investimento, de acordo com Balbinot Junior et al. (2015), em uma lavoura de soja os custos com sementes constituem o segundo item mais oneroso sobretudo com a utilização de variedades transgênicas, tal investimento exige um maior rendimento da cultura, economia em sementes e uma correta disposição das plantas evitando perda de plantas e o desenvolvimento de plantas irregulares.

Sendo o estande de plantas um dos fatores que influencia na produtividade, Andreoli et al. (2002) avaliaram o efeito da densidade da semeadura no estabelecimento da cultura e na produtividade de milho, com isso os autores puderam observar que, utilizando sementes com poder de germinação inferior a 90%, houveram reduções acentuadas na emergência, refletindo na produtividade. Observaram ainda que o aumento da densidade de sementes de 50 para 70 mil plantas não compensou a redução na qualidade da semente.

Com objetivo de avaliar a influência da largura das sementes na plantabilidade da cultura da soja, Rodrigues (2012) caracterizou a classificação de sementes de soja por largura a fim de

obter maior precisão na semeadura. Seu estudo demonstrou que a classificação das sementes, melhora os índices de plantabilidade e facilita a escolha dos discos dosadores.

O aperfeiçoamento em sistemas dosadores de sementes é um dos caminhos que buscam oferecer condições para uma melhor plantabilidade da cultura, contribuir para a correta disposição das sementes no estande de plantas e assim promover o rendimento esperado das culturas agrícolas perante aos altos custos de produção.

A fim de avaliar as influências dos dosadores de sementes operando a diferentes velocidades na semeadura direta da soja, Damasceno (2017) concluiu que o dosador pneumático com acionamento hidráulico e velocidade de 6 km/h apresentaram melhores resultados. Também que, o incremento da velocidade reduz os espaçamentos aceitáveis e produtividade e espaçamentos múltiplos e profundidade de semeadura não influenciaram os fatores estudados. Ainda que, os dosadores pneumáticos, operando a velocidade de 6 km/h apresentaram menor variabilidade e mais pontos dentro dos limites de controle, indicando maior qualidade de operação.

Os sistemas mecânicos de acionamentos possuem folgas em seus componentes e exigem um alto torque da roda acionadora o que pode provocar má distribuição e deslizamento excessivo da roda acionadora. Estes fatores afetam a uniformidade de distribuição, aumentam o custo de construção e exige do operador a troca de pares de rodas dentadas.

Existem muitos estudos tratando da influência dos mecanismos dosadores na plantabilidade de diversas culturas destacando problemas como plantas duplas e falhas relacionadas com o tipo de mecanismo dosador, entretanto existem poucos estudos direcionados a soluções ou proposta de melhorias nos mecanismos existente atualmente.

Diante dos problemas relacionados com a eficiência de dosadores de sementes Martins (2017), propôs a automação em uma semeadora de precisão com dois pontos principais a aplicação de taxas variáveis e o desligamento linha a linha. Sua proposta foi modificar o mecanismo de acionamento do disco dosador horizontal que era mecânico por um motor elétrico, utilizar sensores para detecção de velocidade e microcontrolador, para tanto Martins descreveu todos os componentes eletrônicos que necessitaria seu projeto, no entanto ao autor encontrou dificuldades na execução dessa tecnologia e não demonstrou resultados desse estudo.

Espera-se que o sistema facilite a calibração da semeadora e promova uma melhor distribuição de sementes no sulco, pela redução das folgas e do torque na roda. Este estudo propõe o desenvolvimento de um sistema eletrônico de acionamento de um disco dosador com sistema pneumático, acionado por motor de passo com rotação proporcional a rotação da roda de acionamento da semeadora.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Sistema plantio direto**

O advento de novas técnicas de semeadura como o sistema plantio direto (SPD) proporcionou aos agricultores uma série de vantagens quando comparado ao sistema convencional, Segundo Cavichioli (2011) a expansão deste sistema deve-se principalmente a diminuição de custos de operações a preservação das características do solo e a economia de combustível.

A necessidade de revolvimento constante do solo no sistema convencional implica em uma série de fatores que tornam a atividade de semeadura muito onerosa, maior número de operações, longo tempo de execução e, além disso, compromete a qualidade física e química do solo. A erosão, perda de solo e assoreamento foram problemas determinantes para que os agricultores buscassem novas técnicas como o plantio direto na palha para realizar a semeadura. O sistema plantio direto baseia-se na proteção constante do solo contra erosão, através de cobertura permanente do solo com culturas ou palha, e no menor revolvimento possível do solo (MADALÓZ, 2018).

### **2.2. Semeadora-adubadoras para plantio direto**

Segundo Canova (2010), as semeadoras são divididas em dois grupos: Semeadora de fluxo contínuo, caracterizada por distribuir as sementes no solo de forma contínua, utilizada para semeadura de sementes miúdas como trigo e aveia. A segunda classificação é semeadora de precisão as quais distribuem as sementes no sulco de semeadura em linha, com espaçamentos entre sementes pré-determinado de acordo com a densidade de semeadura desejada, normalmente são utilizadas na semeadura das culturas do milho, feijão e soja (SILVA, 2015).

Com algumas particularidades em relação às semeadoras de semeadura convencional as semeadoras-adubadoras de precisão para plantio direto, possibilitam a implantação da cultura eliminando a necessidade de revolvimento do solo.

As semeadoras-adubadoras de precisão para o sistema plantio direto se assemelham as utilizadas no plantio convencional segundo Salton (1998), essas receberam mecanismos adicionais que permitem o desempenho de funções específicas que não encontramos nas convencionais como corte de palha e do solo, permitindo assim a semeadora trabalhar em solos não preparados e com presença de cobertura vegetal, mantendo sua eficiência em condições de alta resistência, foi necessário o desenvolvimento de um sistema que garanta a penetração da

ferramenta de corte, possuindo mecanismos que tenham regularidade na distribuição de sementes e adubo.

Os componentes de uma semeadora-adubadora para plantio direto podem ser observados na Figura 1 abaixo, destacando-se alguns sistemas específicos destas semeadoras para plantio direto como função corte de palha e mecanismos de acionamento.

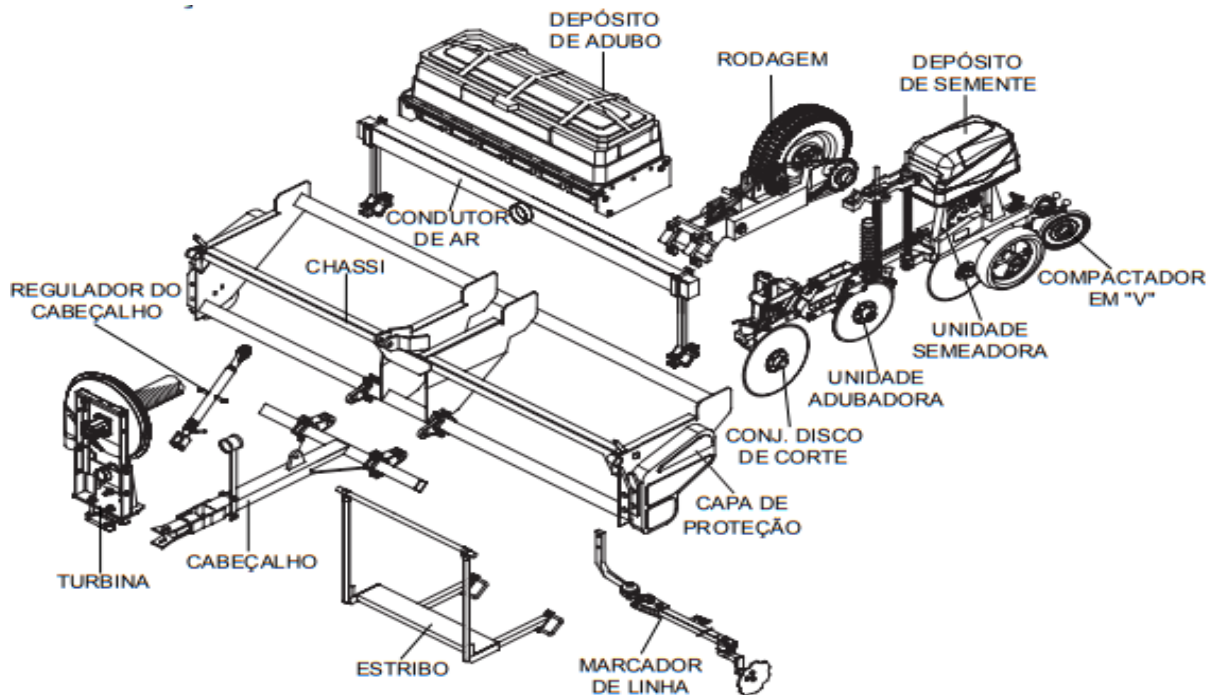


FIGURA 1. Componentes de uma semeadora adubadora para plantio direto.

Fonte: Manual de Instruções JM2680 PD. Disponível em:

<[http://www.jumil.com.br/\\_adm/assets/uploads/manual/b1af5-Man.-89.27.027-Rm-C.pdf](http://www.jumil.com.br/_adm/assets/uploads/manual/b1af5-Man.-89.27.027-Rm-C.pdf)>

### 2.3. Constituição das semeadoras

Segundo Siqueira (2007), as semeadoras são compostas por chassi, sistema de acoplamento e transporte, reservatórios para sementes e fertilizantes, sistema de acionamento e transmissão, sistemas de dosagem e distribuição de sementes e fertilizantes, unidades de semeadura, unidade de corte da vegetação, abridores de sulco para fertilizantes, abridores de sulco para sementes, sistema de aterramento do sulco e sistemas de compactação do solo sobre as sementes.

#### 2.3.1. Chassi

O chassi é o elemento estrutural básico das semeadoras construído em aço formando uma estrutura rígida sobre a qual é montada os demais componentes das semeadoras. (MIALHE, 2012).

Existem modelos de semeadoras adubadoras de precisão onde o chassi possui um sistema de paralelogramo (pantógrafo) também conhecido como mecanismo 4 barras, Siqueira (2007), explica que o sistema é composto por duas barras verticais, uma fixa e outra articulada e duas horizontais paralelas articuladas, permitindo maior flexibilidade para acompanhar as irregularidades do terreno e assegurar uma maior uniformidade de distribuição devido ao deslocamento paralelo a superfície do terreno.

### 2.3.2. Sistema de acoplamento e transporte

O sistema de acoplamento situa-se na parte frontal da semeadora e tem por finalidade interligar o chassi da semeadora a barra de tração do trator, podendo ser de arrasto, acoplada a barra de tração do trator, ou montadas, acopladas ao sistema de engate de 3 pontos.

### 2.3.3. Sistema de acionamento e transmissão

Segundo Mialhe (2012), os órgãos dosadores de sementes e fertilizantes são acionados pelas próprias rodas das semeadoras através de um conjunto de elementos de transmissão de alta complexidade composto por engrenagens, rodas dentadas, correntes, coroa e pinhão cônico, cardã, etc. Esses mecanismos transmitem a energia da roda a partir do deslocamento da máquina através do conjunto de mecanismo para o dosador de semente e fertilizantes.

Os mecanismos de acionamentos podem ser observados na Figura 2 a seguir:

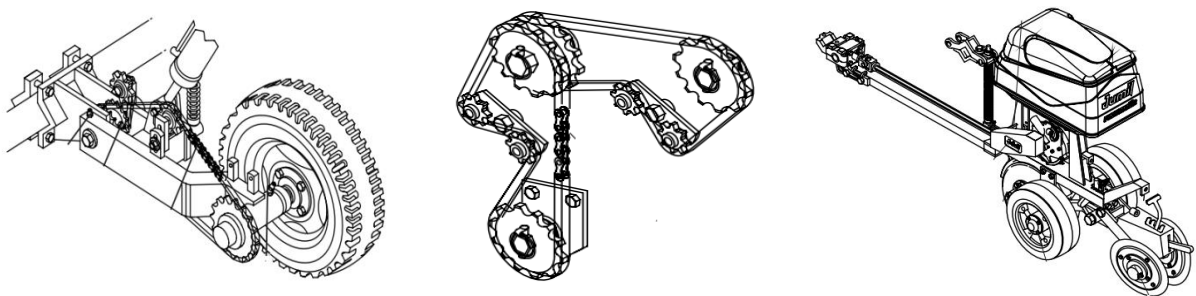


FIGURA 2. Sistema de acionamento de transmissão.

Fonte: Manual de Instruções JM2680 PD. Disponível em:  
<[http://www.jumil.com.br/\\_adm/assets/uploads/manual/b1af5-Man.-89.27.027-Rm-C.pdf](http://www.jumil.com.br/_adm/assets/uploads/manual/b1af5-Man.-89.27.027-Rm-C.pdf)>

De acordo com Balastreire (1987), o sistema de transmissão por engrenagens, corrente, cardã, necessita de uma ampla quantidade de engrenagens que permitem a mudança de relação de transmissão, e é possível alterar a quantidade de sementes e de adubo com a combinação de diferentes tamanhos de engrenagens.

### 2.3.4. Mecanismos dosadores de sementes

Existem diferentes mecanismos dosadores de sementes que acompanham as semeadoras adubadoras com a mesma finalidade de distribuir de maneira uniforme as sementes na linha de semeadura, de acordo com Reis et al., (2007) os dosadores de sementes mais utilizados são: rotor acanalado, dedo preensor, copo distribuidor, disco perfurado e dosador pneumático, sendo os dois últimos mecanismos muito utilizados nas semeadoras adubadoras de precisão na cultura da soja, milho e feijão.

Os dois modelos de sistema de distribuição de sementes mais utilizados são o mecânico de disco alveolado horizontal e o distribuidor pneumático de pressão negativa (vácuo) (MADALÓZ, 2018).

De acordo com Portella (1997), o sistema mecânico de dosagem geralmente é composto por disco alveolado no fundo interno do reservatório de sementes, como pode ser visto na Figura 3. Com o deslocamento do equipamento o disco, tendo os alvéolos preenchidos com sementes, gira e transporta as mesmas até o orifício de saída onde são desprendidas do disco e transferidas para o solo.



FIGURA 3. Dosador de sementes horizontal.

Fonte: Baldan (2019).

Já o sistema pneumático ilustrado na Figura 4, Portella (1997) define como um sistema composto por um disco perfurado onde a sucção ou pressurização através de um sistema de bomba faz com que a semente fique presa ao disco perfurado devido ao diferencial de pressão fazendo a transferência da semente até a abertura de saída onde o diferencial de pressão é eliminado e as sementes são liberadas para o solo.



FIGURA 4. Sistema dosador pneumático.

Fonte: Baldan (2019).



## 2.4. Plantabilidade

O termo plantabilidade está relacionado com a qualidade do estabelecimento de uma lavoura, Dall'agnol(2015) destaca que uma boa plantabilidade ocorre quando existe uma uniformidade de espaçamentos entre as plantas na linha de semeadura, e ausência de falhas e sementes duplas.

A correta distribuição de sementes na linha de semeadura é um fator primordial para o aumento da produtividade nas lavouras, a busca por uma melhor plantabilidade passa desde a escolha do melhor estande de plantas até a utilização de mecanismos que distribua a semente de modo a reduzir numero de falhas e plantas duplas reduzindo assim custos com sementes e outros insumos, utilizando de forma racional os insumos e conseqüentemente buscar pela eficiência no processo produtivo das culturas agrícolas.

A uniformidade de distribuição de sementes foi alvo de estudos de Bisognin (2018) que determinou o coeficiente de variação da cultura do feijoeiro (CV), parâmetro esse estritamente relacionado com a plantabilidade. O estudo mostrou que há uma redução de produtividade com o aumento do coeficiente de variação sendo que, para cada 20% no aumento do CV na distribuição das sementes há um decréscimo de 163 kg.ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos.

Em seu estudo Schmidt (2019) buscou avaliar dentre vários parâmetros a plantabilidade na cultura do milho quando o mesmo é semeado com discos de distintos tamanhos de alvéolos. De acordo com os resultados obtidos o percentual de plantas duplas aumentou significativamente quando foram utilizados discos com alvéolos superiores as dimensões das sementes, mostrando assim que existe uma limitação em desempenhar uma boa plantabilidade utilizando semeadoras de disco alveolados.

Com objetivo de comparar o desempenho de duas semeadoras, uma com sistema de distribuição de disco horizontal e outra com sistema de distribuição a vácuo, Santos Junior e Pasini (2019), mediram a eficiência dos dois sistemas de distribuição de sementes na cultura do milho e concluíram que o sistema a vácuo apresentou as maiores médias de produtividade quando comparado ao sistema de disco horizontal, demonstrando assim ser uma tecnologia eficaz no estabelecimento de um adequado estande de plantas.

Melo et al., (2013), também observou que a semeadora pneumática apresenta melhor desempenho quando comparada a semeadora mecânica destacando que o numero de espaçamentos não aceitáveis para a semeadora pneumática foi menor. Entretanto o autor observa que por se tratar de uma semeadora pneumática se esperava resultados mais satisfatórios contestando assim a eficiência do sistema pneumático de distribuição de sementes.

Os mecanismos dosadores de sementes também podem influenciar a qualidade das sementes e conseqüentemente afetarem a plantabilidade, Paludo (2019), avaliou as injurias que

a semente de soja sofre durante a operação de semeadura em diferentes mecanismos dosadores e observou que os melhores resultados de viabilidade e vigor foram utilizando dosador pneumático.

Ainda no século passado existia a ideia de substituir sistemas mecânicos por eletrônicos no disco dosador de sementes Portella et al., (1999), sugeriu a elaboração de um projeto que pudesse corrigir as falhas encontradas nos mecanismos dosadores como falha e duplas na linha de semeadura. O autor descreveu o princípio de funcionamento do sistema eletrônico sugerido e sua elaboração com os componentes eletrônicos da época, porém não esclareceu a viabilidade técnica do funcionamento tão pouco a validação de tal tecnologia no que diz respeito a melhoria dos índices de plantabilidade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado no Laboratório de Máquinas e Implementos Agrícolas da Faculdade de Ciência Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados-MS.

O motor foi acoplado no eixo do disco dosador e fixado no suporte, o sensor de velocidade foi acoplado no eixo da roda da semeadora e a alimentação do sistema é feita a partir da bateria do trator.

#### 3.1. Representação conceitual do sistema proposto

O sistema eletrônico de acionamento do disco dosador pneumático proposto em substituição do mecanismo de acionamento mecânico da semeadora, visa proporcionar facilidade de calibração e uma melhor precisão na distribuição das sementes. Para tanto, está estruturado conforme o layout da Figura 5.

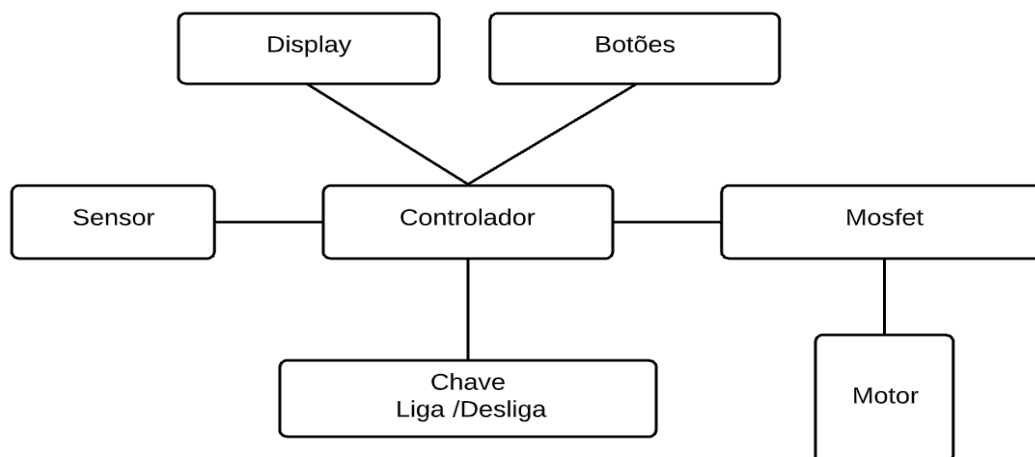


FIGURA 5. Diagrama de blocos do sistema eletrônico.

#### 3.2. Hardware

O componente de controle do hardware utilizado no trabalho foi o Arduino modelo mega 2560. O mesmo tem como finalidade receber e processar todos os dados de entrada fornecidos pelos elementos sensores (chave e sensor óptico), processar e efetuar o controle do atuador (motor de passo) responsável pelo acionamento do disco dosador.

Os componentes do sistema proposto estão descritos abaixo:

- 1- Sensor óptico: com capacidade para 200 pulsos por volta, foi montado solidário ao eixo da roda acionadora do dosador de sementes da semeadora, permitindo determinar a velocidade por meio de pulsos elétricos.
  - 2- Botoeiras: elas são fixadas em uma caixa ao alcance do operador e são utilizadas para que seja selecionado o número de sementes por metro, número de furos do disco do dosador e o raio da roda da semeadora.
  - 3- Display 16x2: fixada em uma caixa juntamente com as botoeiras tem como finalidade mostrar ao operador todas as variáveis de entrada.
  - 4- Chave liga/desliga: ela é fixada em um ponto da semeadora de modo que ao ser levantada a semeadora para a realização das manobras, todo o sistema seja desligado, assim não haverá a necessidade de fazer o desligamento manual. Ao retornar a semeadora à posição de plantio, o sistema é ligado novamente.
  - 5- Módulo A4988: como o controlador (Arduíno) trabalha com uma corrente máxima inferior a solicitada pelo motor de passo, é necessária a utilização deste módulo para que essa corrente não seja fornecida diretamente pelo controlador.
  - 6- Motor de passo: Modelo 4SHG-032, é acoplado ao eixo de acionamento do disco dosador.
- Na Figura 6 é representado o esquema de ligação do sistema.

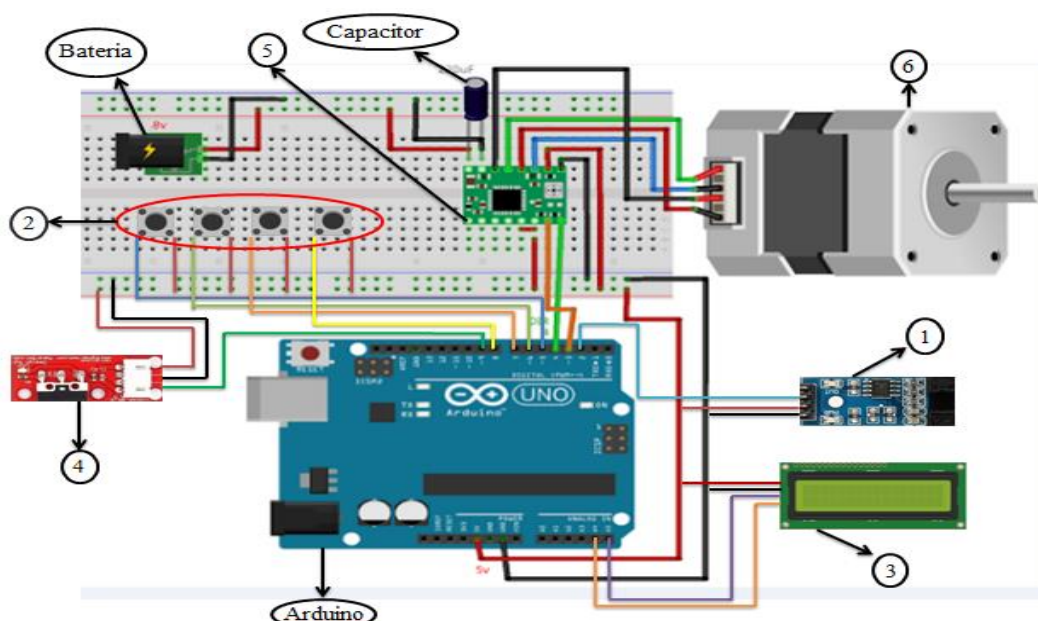


FIGURA 6. Esquema de ligação do motor.

Fonte: adaptado de Fernando K

### 3.3. Algoritmo

O algoritmo foi desenvolvido na linguagem C++ no programa Arduino 1.8.8, o qual, com base nos sinais do sensor óptico, é capaz de determinar a velocidade de deslocamento da semeadora. Assim, em função da velocidade de deslocamento e nos dados fornecidos pelo

usuário, o algoritmo determina a rotação do motor, e conseqüentemente do dosador, que seja capaz de atender o número de plantas por metro solicitado pelo usuário.

Para o cálculo da velocidade do motor foi utilizado uma equação que considera a quantidade de pulsos lidos no sensor óptico por tempo, furos do disco de semente e passos do motor, quantidade de semente por metro escolhida e o raio da roda. Com esses parâmetros pré-determinados e leitura simultânea da velocidade é possível usando equação 1, determinar o número de passos do motor, resultando em uma distribuição de sementes, conforme pré-estabelecido.

$$\text{Vel} = \frac{\text{Dr} \times \text{Ns} \times \text{Np} \times \text{Pulsos}}{\text{Nf} \times \text{Fe}} \quad (1)$$

em que,

Vel - velocidade do motor, passo s<sup>-1</sup>;

Dr - diâmetro da roda, m;

Np - número de passos do motor;

Fe - furos do encoder;

Ns - número de sementes, sem m<sup>-1</sup>;

Nf - número de furos do disco dosador;

Pulsos - número de pulsos emitido pelo sensor, pulsos s<sup>-1</sup>.

O algoritmo foi programado para que faça a leitura do número de pulsos a cada 1 segundo para determinar a velocidade de deslocamento da semeadora e, assim fazer a correção na velocidade do motor de passo solidário ao disco dosador. Nas manobras de cabeceira ou toda vez que a semeadora for suspensa a chave liga/desliga é acionada e a leitura do sensor da roda é interrompida evitando a contagem de pulsos nas manobras. Neste caso o motor é desligado, mas suas bobinas são mantidas energizadas para que o disco dosador não continue rodando com o efeito da inércia ocasionando o desperdício de sementes.

A leitura das botoeiras foi executada a cada loop do controlador para verificar se uma nova taxa de sementes não foi solicitada. Após o fornecimento da dimensão do rodado da semeadora e da quantidade de furos do disco dosador o operador apenas selecionará a quantidade de semente que deseja por metro, já que o raio do rodado e o disco dosador continuaram o mesmo durante o plantio.

### 3.4. Teste do sistema

Os testes foram feitos em uma semeadora pneumática, na qual foram acopladas o motor e o sensor de pulso. O motor foi acoplado ao eixo do disco dosador e o sensor de pulso ao eixo da roda.

Para cada taxa de semente foram feitas quatro repetições de maneira que, para cada rotação da roda esperou-se que um determinado número de furos do disco passe por um ponto de referência. Considerou-se que cada furo representa uma semente lançada pelo disco dosador.

Para movimentar a roda, ela foi suspensa e acionada manualmente para cada taxa de semente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estrutura mecânica

Para fixar os componentes à semeadora foram desenhados em CAD 3D alguns suportes mecânicos necessários a fixação do motor de passo. Para a fixação do motor procurou-se construir um suporte que não demandasse alterações na estrutura da semeadora, para isso, utilizou-se pontos de fixação já existente na semeadora. Na Figura 7 é mostrado o suporte do motor fixado ao chassi da semeadora.

Para a confecção da peça foram tomadas medidas na semeadora de forma a facilitar a fixação do novo sistema na estrutura de suporte existente e o correto alinhamento do eixo do motor com o eixo do dosador.

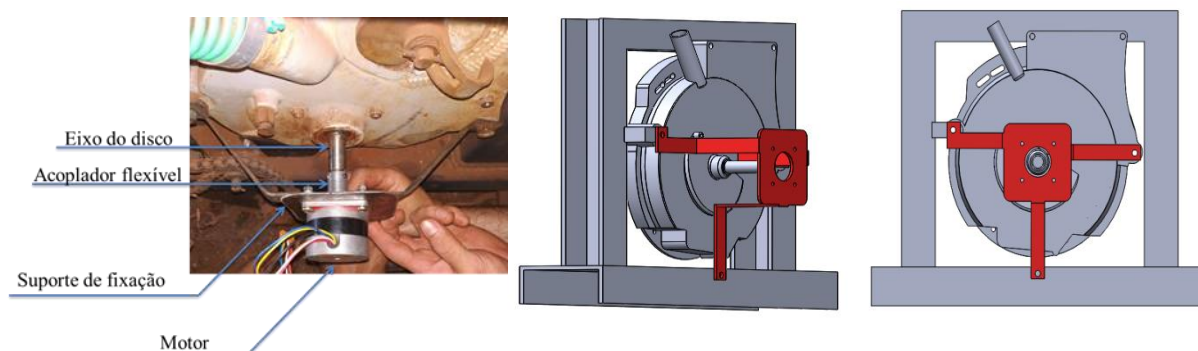


FIGURA 7. Suporte do motor fixado a semeadora.

Foi construído um suporte para fixação do sensor óptico capaz de proteger este componente eletrônico das intempéries, garantindo a durabilidade do sistema. O suporte foi produzido em uma impressora 3D. A Figura 8 mostra o desenho em 3D desse suporte.

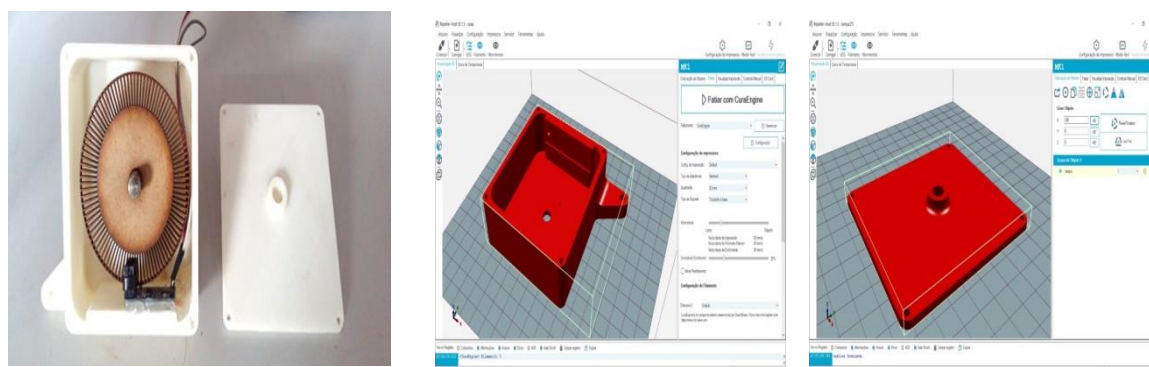


FIGURA 8. Suporte do sensor encoder.

A ligação do eixo do motor ao eixo do disco dosador foi feita por meio de um acoplador elástico com o objetivo de tornar o acionamento suave e, compensar pequenos desalinhamentos. Para realizar a junção fez-se necessário a usinagem da ponta do eixo de acionamento do disco dosador e do elemento elástico. O travamento da ligação foi feita com parafusos. Na Figura 9 é mostrado o desenho do eixo de acionamento do disco dosador.

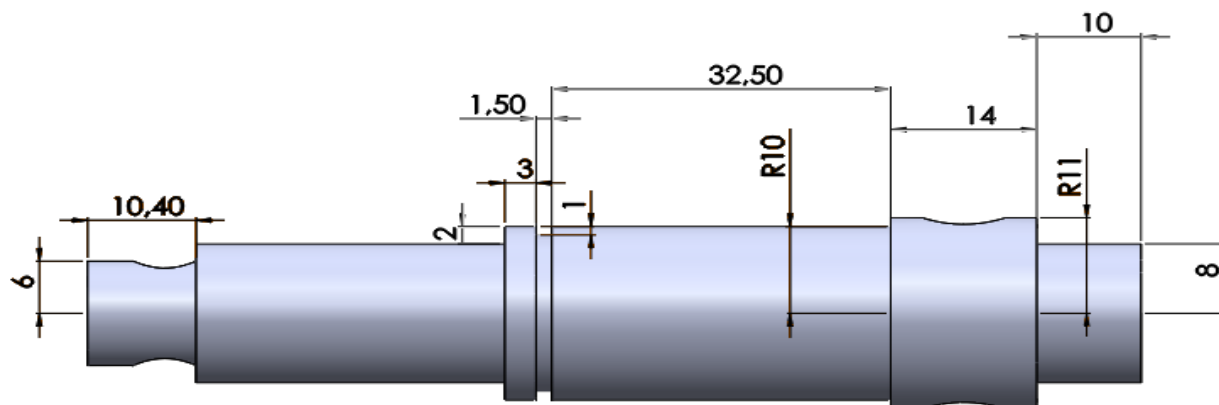


FIGURA 9. Eixo do disco dosador usinado.

## 4.2. Algoritmo

O desenvolvimento de um algoritmo permitiu o controle do motor de passo, chave de desligamento e leitura da velocidade e, além disso, facilitou a comunicação do usuário com o sistema por meio de um menu que permite alterar número de semente por metro, número de furos do disco e raio da roda da semeadora. O algoritmo devidamente comentado encontra-se no apêndice A.

## 4.3. Testes do sistema eletrônico de acionamento do disco dosador

Com os testes realizados a campo foram obtidos dados que se encontram na Figura 10. Os gráficos mostram o resultado obtido no teste com diferentes números de sementes por metro e destaca os valores esperados para uma volta no pneu da semeadora que equivale a 2,010 metros.



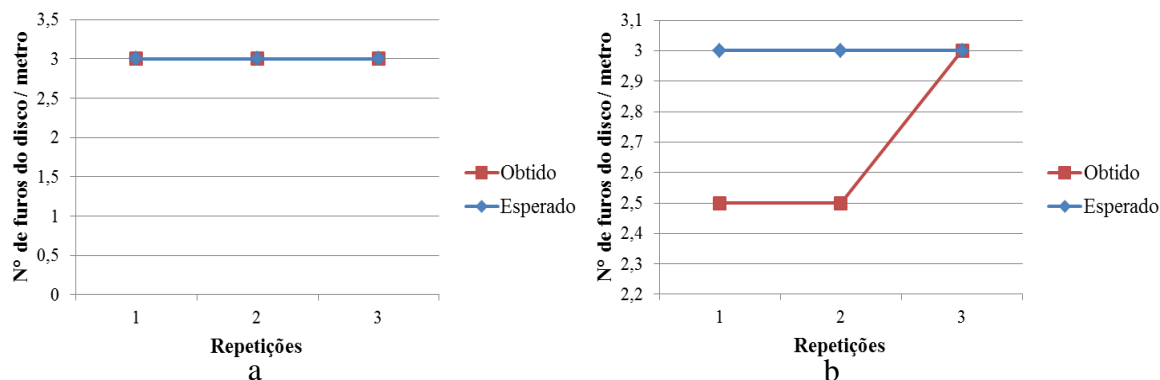


FIGURA 10. Número de furos do disco esperados e obtidos para simulação de 3 sementes por metro e diferentes velocidades. a) 3 sem/m a 3 km.h<sup>-1</sup>; b) 3 sem/m a 4 km.h<sup>-1</sup>.

Avaliando as respostas do motor com relação à velocidade de deslocamento verificou-se que o sistema foi capaz de prover o número necessário de sementes apenas para a taxa de 3 sementes por metro a uma velocidade de aproximadamente 3 km.h<sup>-1</sup> (Figura 10). Observou-se que o resultado obtido no teste coincide com os esperados de acordo com os cálculos. Quando a velocidade passa para aproximadamente 4 km.h<sup>-1</sup>, para qualquer taxa de sementes por metro, o sistema não conseguiu prover o número de sementes necessárias, conforme observado na Figura 11.

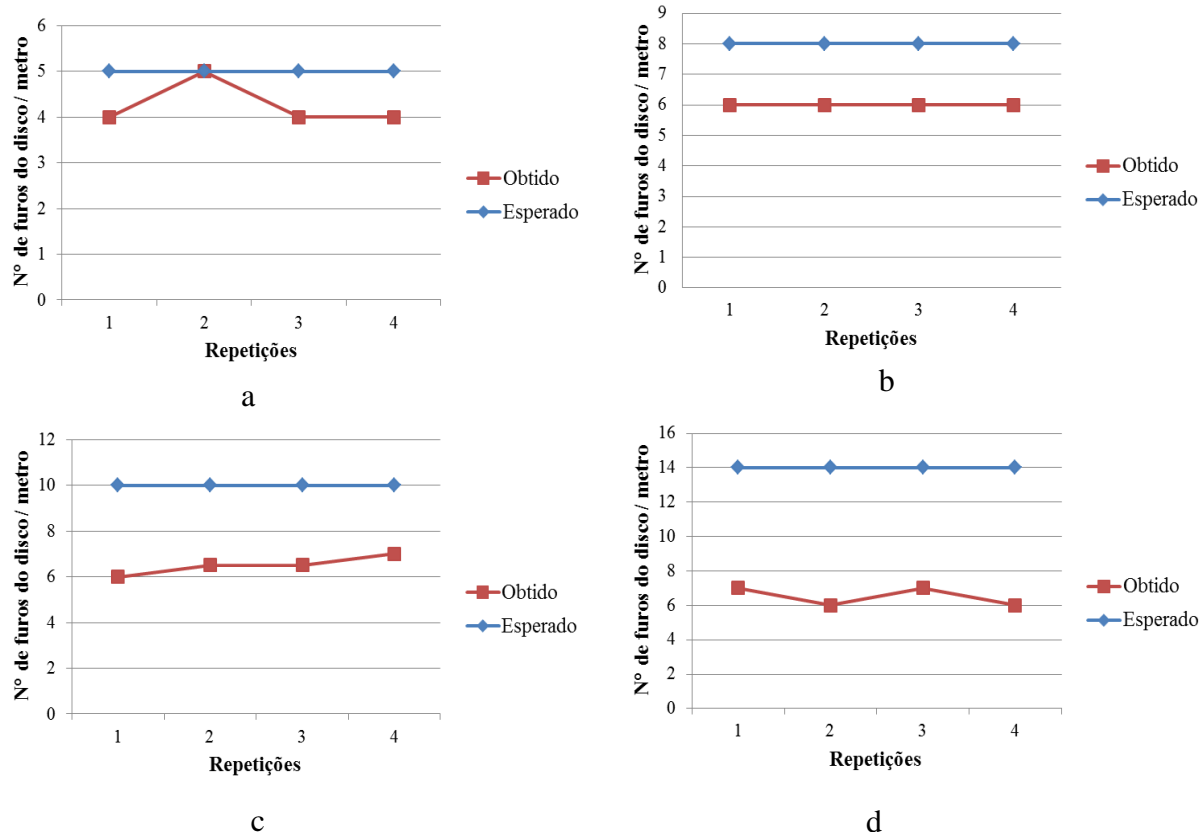


FIGURA 11. Número de furos do disco para diferentes taxas de simulação de distribuição, a) 5 sem/m; b) 8 sem/m; c) 10 sem/m; d) 14 sem/m.

Os dados mostram que, com exceção da taxa de 3 sem.m<sup>-1</sup>, o sistema não foi capaz de atingir o número de sementes por metro, necessários para as populações de plantas das culturas mais comuns.

#### 4.3.1. Teste com alteração na fórmula

Com intuito de adequar o resultado obtido com o esperado foi proposto uma calibração na fórmula utilizada para os cálculos substituindo 200 passos do motor por 250 passos. Esta mudança resultou em dados que são mostrados na Figura 12.

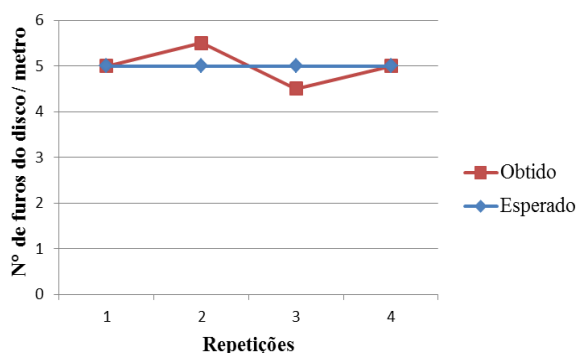


FIGURA 12. Número de furos do disco esperados e obtidos para simulação com alteração na fórmula.

Notou-se que houve uma distorção no resultado obtido tanto a abaixo quanto acima do esperado.

Após os ensaios de campo foi observado que o sistema desenvolvido no presente estudo tem uma limitação para altas velocidades, assim foram feitos ensaios para se obter qual a máxima rotação do motor, através da quantidade de voltas que ele alcança por segundo chegamos ao valor de 10 passos por segundo de rotação máxima, o que limita o uso do sistema e requer adequações.

## 5. CONCLUSÕES

A chave e a programação permitiram desligar o sistema de dosagem assim que acionada, não permitindo que o disco dosador permanecesse em movimento.

O sistema proposto foi capaz de prover o número de sementes para baixas taxas de distribuições de sementes e velocidades.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V.; ZAMORA, S. A.; GORDON, M. Influência da germinação da semente e da densidade de semeadura no estabelecimento do estande e na produtividade de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 1-5, 2002.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. de O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. densidade de plantas na cultura da soja. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1028747/densidade-de-plantas-na-cultura-da-soja>>. Acesso em: 26 de setembro 2019.

BISOGNIN, M. B.; **Plantabilidade e sua relação com a produtividade do feijoeiro comum (phaseolusvulgaris L.) de segunda safra**. 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

CANOVA, R.; **Desempenho de semeadora-adubadora com cinco modelos de hastes sulcadoras na cultura do milho (zeamays l.)**, 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

CAVICHOLI, F. A.; Sistema plantio direto: Velocidade de semeadura e populações de plantas de milho, 2011. 49 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017.

DALL'AGNOL, A.; **Plantabilidade e a quantidade da semente**. 2015. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/colunistas/plantabilidade-e-a-qualidade-da-semente\\_387926.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/plantabilidade-e-a-qualidade-da-semente_387926.html)>. Acesso em: 04 de novembro 2019.

DAMASCENO, A. F. **Sistema dosador de semente e velocidade de operação na semeadura direta de soja**, 2017. 42 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Jaboticabal, 2017.

MADALÓZ, J. C. C; **Distribuição de plantas de milho em sistema pneumático com diferentes regulagens de pressão de vácuo e peneiras de sementes**, 2018. 80 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

MARTINS, M. **Automação em semeadora de precisão com aplicação de taxa variável e desligamento linha a linha**. 2017. 50 f. Trabalho final de graduação (Engenheiro Eletricista). Curso de Engenharia Elétrica. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2017.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 94-101, jan-mar, 2013.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas SP: Millennium Editora, 2012. 623 p.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. 1997. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/849988/mecanismos-dosadores-de-sementes-e-de-fertilizantes-em-maquinas-agricolas>>. Acesso em: 24 de setembro 2019.]

PORTELLA, J. A.; PALLEROSI, C. A.; CASÃO JÚNIOR, R.; MOLINA, P. S. C. **Semeadora de precisão com controle eletrônico de performance**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 44 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 9).

REIS, E. F.; MOURA, J. R.; DELMOND, J. G.; CUNHA, J. P. A. R. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, vol 16, n. 3, p. 70-75, março de 2007.

RODRIGUES, C. **Plantabilidade de sementes de soja classificadas por largura**. 2012. 73 f. Tese (Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas, 2012.

SALTON, J. C.; **Sistema plantio direto: O produtor pergunta a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 248 p. 1998.

SANTOS JÚNIOR, A. C. M.; PASINI, M. P. B.; Eficiência de diferentes sistemas de distribuição de sementes de milho (zeamays) sob variação de velocidade e haste-sulcadora. **Ciência e tecnologia (Cruz Alta)**, v. 3, n. 1, p 2-7, 2019.

SILVA, R. B. **Desempenho de semeadoras no plantio de soja no município de Santa Izabel do Oeste - Paraná.** 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

SCHMIDT, F.; Qualidade da classificação física e plantabilidade no campo de lotes de sementes de milho variedade. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p 8591-8602, julho de 2019.

SIQUEIRA, R. **Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade.** Instituto agrônômico do Paraná (IAPAR), 2007.

PALUDO, V. **Influência de sistemas dosadores e velocidade de deslocamento de semeadoras-adubadoras na qualidade de sementes de soja.** 2015. 94 f. Dissertação (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

## APÊNDICE A

//SISTEMA ELETRÔNICO PARA ACIONAMENTO DE DISCO DOSADOR DE  
SEMENTES (CÓDIGO);

```
//Inclusão de biblioteca
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

//Portas de comunicação do display
// lcd uno portas (SCL - A5) (SDA - A4)
// lcdmega portas (SCL - 21) (SDA - 20)
// Inicializa o display no endereço 0x27
LiquidCrystal_I2C LCD (0 x 27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

//Declaração do controle do motor
#include <AccelStepper.h>
#define dirPin 8
#define stepPin 9
#define motorInterfaceType 1

//Declaração de variáveis
doublevelocidade_motor = 0; intaceleracao_motor = 9000;
intsentido_horario = 0; intsentido_antihorario = 0;

// Definição pino ENABLE
intpino_enable = 10;

// Definição pinos STEP 9 e DIR 8
AccelStepper motor1(motorInterfaceType, stepPin, dirPin);

//Variáveis de controle milis
volatile byte pulsos; unsigned long timeold;

//Leitor de pulsos
void contador () {
  //Incrementa contador
  pulsos++;
}

//Declaração de portas para controle dos botões
int b1 = 7; int b2 = 3; int b3 = 4; int b4 = 5;
int lb1 = 0; int lb2 = 0; int lb3 = 0; int lb4 = 0;
int pino_D0 = 2;

//Declaração controle de levante da semeadora
intsm = 6; intlsm = 0;

//Variável de controle número de semente por metro
doublelens = 4; double ns1 = 0;
```

```

// Variáveis de controle
int vc1 = 0; int vc2 = 0; int vc3 = 0; int vc4 = 0; int vc5 = 0;
int vc6 = 0; int vc7 = 0; int vc8 = 0; int vc9 = 0; int vc10 = 0;

//Variáveis de controle para o raio da roda
double rd = 0.32; double rd1 = 0;

// Variáveis de controle do número de furos do disco
intnf = 60; int nf1 = 0;

void setup () {
Serial.begin (115200);

// Seleciona o tamanho do Display, {{ (16,02) ou (20,04) }}
lcd.begin (16,02); lcd.setBacklight (HIGH); lcd.setCursor (0,0);
lcd.print ("<ControlSemeadora>"); lcd.setCursor(0,1);
lcd.print (" < UFGD >"); delay (2000);

// Configurações iniciais motor de passo
pinMode (pino_enable, OUTPUT);
motor1.setMaxSpeed (10000);
motor1.setAcceleration (aceleracao_motor);

//Configuração das entradas digitais
//Botões
pinMode (b1,INPUT_PULLUP); pinMode (b2,INPUT_PULLUP);
pinMode (b3,INPUT_PULLUP); pinMode (b4,INPUT_PULLUP);

//Semeadora
pinMode (sm,INPUT);

//pulso roda
pinMode (pino_D0, INPUT);

//Interrupção 0 - pino digital 2
//Aciona o contador a cada pulso
attachInterrupt (0, contador, RISING);
pulsos = 0; timeold = 0;
}

void loop () {
//Leitura das portas digitais
lb1 = digitalRead (b1); lb2 = digitalRead (b2); lb3 = digitalRead (b3);
lb4 = digitalRead (b4); lsm = digitalRead (sm);

// Controle menu
if (vc3 < 0) {
vc3 = 0;
}
if (vc3 > 2) {
vc3 = 2;
}
}

```



```

// Limpar LCD
lcd.clear ();

//Controle do menu
//Leitura dos botões 1 e 4
if ((lb1 == HIGH) & (vc1 == 0)) {
vc3 ++; vc1 = 1;
}
if (lb1 == LOW) {
vc1 = 0;
}
if ((lb4 == HIGH) & (vc2 == 0)){
vc3 --; vc2 = 1;
}
if (lb4 == LOW) {
vc2=0;
}

//Menu 1 - Raio da Roda
//Leitura dos botoes2 e 3
if (vc3 == 0) {
if ((lb2 == HIGH) & (vc4 == 0)) {
rd1 = rd - 0.01; rd = rd1; vc4 = 1;
}
if (lb2 == LOW) {
vc4 = 0;
}
if ((lb3 == HIGH) & (vc5 == 0)) {
rd1 = rd + 0.01; rd = rd1; vc5 = 1;
}
if (lb3 == LOW) {
vc5 = 0;
}
}
lcd.setCursor (0,0); lcd.print ("Informe o raio"); lcd.setCursor (0,1);
lcd.print ("do pneu:"), lcd.print(rd);
delay(100);
}

//Menu 2 - Número furos no disco
//Leitura dos botões 2 e 3
if (vc3 == 1) {
if ((lb2 == HIGH) & (vc6 == 0)) {
nf1 = nf - 1; nf=nf1; vc6=1;
}
if (lb2 == LOW) {
vc6 = 0;
}
if ((lb3 == HIGH) & (vc7 == 0)) {
nf1 = nf + 1; nf = nf1; vc7 = 1;
}
if (lb3 == LOW) {
vc7 = 0;
}
}

```

```

lcd.setCursor (0,0); lcd.print ("Informe o numero"); lcd.setCursor (0,1);
lcd.print ("de furos disco"); lcd.print(nf);
delay (100);
}

// Menu 3 - Número de sementes por metro
//Leitura dos botões 2 e 3
if (vc3 == 2) {
if ((lb2 == HIGH) & (vc8 == 0)) {
ns1 = ns - 0.1; ns = ns1; vc8 = 1;
}
if (lb2 == LOW) {
vc8 = 0;
}
if ((lb3 == HIGH) & (vc9 == 0)) {
ns1 = ns + 0.1; ns = ns1; vc9 = 1;
}
if (lb3 == LOW) {
vc9 = 0;
}
lcd.setCursor (0,0); lcd.print ("Informe o numero"); lcd.setCursor (0,1); lcd.print("semente
por metro:"); lcd.print(ns);
delay (100);
}

// Controle da semeadora
// Sinal de acionamento do motor
if ((lsm == HIGH) & (millis () - timeold >= 1000)) {

detachInterrupt (0);
velocidade_motor = (((2*3.141592654*rd*ns*200)/(nf*200))*pulsos);
motor1.setAcceleration (1000);
motor1.setSpeed (velocidade_motor);
timeold = millis ();
pulsos = 0;

//Mostra o valor da velocidade no serial monitor
Serial.print ("Velocidade = ");
Serial.println (velocidade_motor);

//Habilita interrupção
attachInterrupt (0, contador, RISING);
}
motor1.runSpeed();

//Configuração do sentido de rotação do motor
digitalWrite (pino_enable, LOW);

// Chave fim de curso semeadora para controle da semeadora
if(lsm == LOW) {
digitalWrite(pino_enable, HIGH);
}
} //fim do código

```