



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANTONIO BRUNO CASTELO BRANCO DE SOUSA**

**PROTÓTIPO DE UM DOSADOR DE SEMENTES INCLINADO CONTROLADO  
POR SISTEMA ARDUINO**

**FORTALEZA**

**2018**

ANTONIO BRUNO CASTELO BRANCO DE SOUSA

**PROTÓTIPO DE UM DOSADOR DE SEMENTES INCLINADO CONTROLADO  
POR SISTEMA ARDUINO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S696p Sousa, Antonio Bruno Castelo Branco.  
Protótipo de um dosador de sementes inclinado controlado por sistema arduino / Antonio Bruno Castelo Branco Sousa. – 2018.  
42 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.
1. Automação Agrícola. 2. Mecanismo dosador inclinado. 3. Robótica na Agricultura. I. Título.  
CDD 630
-

ANTONIO BRUNO CASTELO BRANCO DE SOUSA

**PROTÓTIPO DE UM DOSADOR DE SEMENTES INCLINADO CONTROLADO  
POR SISTEMA ARDUINO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.

Aprovada em: 20/11/2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Viviane Castro dos Santos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Elisa Maria e Marcos Antonio.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro, pela excelente orientação e ajuda em meio a este trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Leonardo de Almeida Monteiro e Viviane Castro dos Santos pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus pais Elisa Maria e Marcos Antonio, por sempre me apoiarem na vida inteira.

À minha namorada Gabriella Sousa, pelo apoio e a compreensão nessa etapa importante da minha vida.

Aos meus amigos Marcílio Felix, Filipe Eugênio e Stênio Wellington pelo apoio, críticas e sugestões.

Às minhas amigas Ingrid Vasconcelos, Karine Gobira e Beatriz Moreira pelo apoio, compreensão, ajuda e conselhos nesse trabalho.

“Há uma fina linha entre a genialidade e a loucura. Eu apaguei essa linha.” (Oscar Levant).

## RESUMO

Cada vez mais, a agricultura vem tendo importantes melhorias tecnológicas em todo o seu âmbito, em especial no campo da mecanização agrícola. A quantidade de máquinas e implementos lançadas a cada ano, sempre com mais inovações, é grande. Parte dessa tecnologia investida é na operação de semeadura, procurando propiciar uma menor perda de sementes e uma maior precisão na distribuição das mesmas no solo. O trabalho teve como objetivo projetar e construir um mecanismo dosador controlado por uma placa arduino e avaliar seu desempenho na deposição de sementes simples, múltiplas e falhas. Foi feito o projeto do mecanismo dosador inclinado, criando o chassi, depósito de sementes, disco dosador. Um motor DC foi utilizado para o giro do disco dosador, motor esse controlado por meio de placa Arduino. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com um fatorial 3x3, relacionando 3 velocidades (75 rpm; 100 rpm e 120 rpm) e 3 inclinações diferentes (30°; 40° e 50°) com 5 repetições em cada tratamento e analisando sementes simples, múltiplas e falhas em cada uma das repetições, por meio da análise de vídeo em velocidades lentas de cada repetição, sendo os resultados analisados por meio do teste de Tukey. As velocidades de 75, 100 e 120 rpm obtiveram 55,26; 37,47 e 51,94% de sementes simples, respectivamente. A inclinação de 30, 45 e 60° obtiveram 54,40; 50,67 e 39,60% de sementes simples, respectivamente. Por ser um protótipo, serão necessárias modificações para que esse sistema possa ser usado em campo, mas já apresentou valores satisfatórios em relação a sistemas já testados na comunidade acadêmica.

**Palavras-chave:** automação agrícola, mecanismo dosador inclinado, robótica na agricultura.

## ABSTRACT

Each time more, agriculture comes all having important technological improvements in its scope, in special in the field of agricultural mechanization. The amount of machines and implements launched to each year, always with more innovations, is great. A part of this technology is in the sowing part, looking for to propitiate a lesser loss of seeds and a bigger precision in the distribution of the same ones in the ground. The work had as objective to project and to construct a controlled dispenser mechanism for a arduino plate and to evaluate its performance in the deposition of simple, multiple seeds and imperfections. The project of the inclined dispenser mechanism was made, creating the chassis, deposit of seeds, dispenser record. An engine DC was used for the turn of the dispenser motor record this controlled one by means of Arduino plate. The completely randomized design with a factorial was used 3x3, relating 3 speeds (75 rpm; 100 rpm and 120 rpm) and 3 different inclinations (30°; 40° and 50°) with 5 repetitions in each treatment and analyzing simple, multiple seeds and imperfections in each one of the repetitions, by means of the analysis of video in slow speeds of each repetition, being the results analyzed by means of the test of Tukey. The speeds of 75, 100 and 120 rpm had gotten 55,26; 37,47 and 51.94% of simple seeds, respectively. The inclination of 30, 45 and 60° had gotten 54,40; 50,67 and 39.60 % of simple seeds, respectively. For being an archetype, they will be necessary modifications so that this system can be used in field, but already presented satisfactory values in relation the tested systems already in the academic community.

**Keywords:** agricultural automation, inclined dispenser mechanism, robotics in agriculture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disco dosador com 2 alvéolos para sementes de milho.....	12
Figura 2: Cap utilizado para construção de disco dosador e depósito de sementes.....	12
Figura 3: Depósito de Armazenamento de Sementes.....	13
Figura 4. Vista lateral do chassi do mecanismo dosador.....	13
Figura 5: Placa Julieta instalada no chassi com todas as ligações prontas.....	14
Figura 6: Motor DC para movimentação do disco dosador.....	15
Figura 7: Caracterização de cada medida da sementes.....	15
Figura 8: Arduino IDE com programação para o mecanismo dosador.....	18
Figura 9: Exemplo de Semente simples no mecanismo dosador.....	19
Figura 10: Exemplo de Sementes Múltiplas no mecanismo dosador.....	20
Figura 11: Exemplo de Sementes Falhas no mecanismo dosador.....	20
Figura 12: Sistema de filmagem com chassi ajustado para inclinação de 50°.....	21
Figura 13: Sistema de filmagem com chassi ajustado para inclinação de 40°.....	22
Figura 14: Sistema de filmagem com chassi ajustado para inclinação de 30°.....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise descritiva com medidas das sementes utilizadas.....	16
Tabela 2: Teste de Tukey para sementes simples com Fatores de Variação Velocidade e Inclinação.....	23
Tabela 3. Teste de Tukey para Sementes Múltiplas com Fatores de Variação Velocidade e Inclinação.....	25
Tabela 4. Teste de Tukey para Sementes Falhas com Fatores de Variação Velocidade e Inclinação.....	26

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Agricultura e Mecanização.....	4
3.2 Semeadoras.....	4
3.2.1 Fluxo Contínuo.....	6
3.2.2 De precisão.....	6
3.2.2.1 Semeadora de Precisão de Disco Horizontal.....	6
3.2.2.2 Semeadora de Precisão de Disco Inclinado.....	7
3.2.2.3 Semeadora de Precisão de Disco Vertical.....	7
3.2.2.4 Semeadora de Precisão com Dosador de Tambor Vertical.....	8
3.3 Sistemas autônomos na agricultura e Agricultura de Precisão.....	8
3.4 Robótica.....	9
3.5 Sensores e controladores.....	9
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1 Material.....	11
4.1.1 Projeto Mecânico do Dosador de Sementes.....	11
4.1.1.1 Princípio de funcionamento do mecanismo dosador.....	11
4.1.2 Criação do disco dosador e do depósito de armazenamento da semente.....	11
4.1.3 Chassi.....	13
4.1.4 Placa Arduino.....	14
4.1.5 Motor.....	14
4.2 Caracterização da Semente.....	15
4.2 Caracterização da Semente.....	15
4.3 Algoritmo de Acionamento do sistema Arduino.....	16
4.3.1 Linguagem de programação e Criação do Algoritmo.....	16
4.3.2 Algoritmo.....	17
4.2 METODOLOGIA.....	18
4.4 Metodologia de Avaliação do Desempenho do Dosador.....	18
4.5 Delineamento Experimental.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23

5.1 Resultados.....	23
5.1.1 Análise Estatística de Velocidade e Inclinação em relação a Sementes Simples.....	23
5.1.2 Análise Estatística de Velocidade e Inclinação em relação a Sementes Múltiplas.....	24
5.1.3 Análise Estatística de Velocidade e Inclinação em relação a Sementes Falhas.....	26
6 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

## **1 INTRODUÇÃO**

O trator tornou-se equipamento indispensável na agricultura moderna (SANTOS *et al.*, 2014). Sendo usado em quase todas as fases do processo produtivo de várias culturas, também podendo ser utilizado para a recuperação de áreas degradadas, de forma secundária, ajudando na criação e manutenção da sustentabilidade da área. (MACEDO *et al.*, 2013).

Segundo GARCIA *et al.*, 2011, existem muitos fatores que influenciam a qualidade da operação de qualquer implemento agrícola, sendo alguns desses fatores a velocidade da operação e patinação dos rodados.

Cada vez mais, a agricultura vem tendo importantes melhorias tecnológicas em todo o seu âmbito, em especial no campo da mecanização agrícola. A quantidade de máquinas e implementos lançadas a cada ano, sempre com mais inovações, é grande. Uma parte dessa tecnologia é na parte de semeadura, procurando propiciar uma menor perda de sementes e uma maior precisão na distribuição das mesmas no solo.

Com a Agricultura de precisão, a precisão necessária dos maquinários se torna cada vez maior, de forma que erros antes aceitáveis em sistemas de anos anteriores não podem se repetir.

Já é possível se ver pesquisas com mecanismos dosadores que utilizem controles de deposição de sementes por meio softwares em semeadoras, melhorando a uniformidade e precisão nessa etapa da agricultura.

Atualmente, ainda se demanda muito capital para se modificar máquinas agrícolas à utilizarem controles automáticos. Uma forma atual que pode ser implementada é a utilização de sistemas baseados em Arduino para baratear esses custos.

Criado em 2005, Arduino é uma placa utilizada para se controlar periféricos. O diferencial dele se foca na facilidade de programação e o baixo custo. Programado por meio de linguagem C++ com modificações para sua IDE específica, existem diversos tipos de periféricos que podem ser controlados por meio dessa plataforma.

O Arduino é muito versátil, podendo ser utilizado desde sistemas domésticos, como o controle de lâmpadas no local quando ocorre a diminuição da luz ambiente, até

mesmo o controle de robôs sofisticados com inúmeras funções.

Atualmente, estão sendo criados muitos itens com suporte para Arduino. Alguns desses itens podem ser adaptados e programados especificamente para a agricultura, como sensores de umidade do solo, temperatura e luminosidade.

Dessa forma, com olhares mais atentos as inovações na eletrônica, pode ser possível o aumento da eficiência de muitas máquinas agrícolas e diversos processos utilizados na agricultura, focando em autonomia dos sistemas e diminuindo os custos com mão de obra e tempo necessário para algumas operações.

## **2 OBJETIVOS**

2.1 Projeto e Construção do mecanismo dosador;

2.2. Avaliação da interação da velocidade na deposição de sementes simples, múltiplas e falhas;

2.3. Avaliação da interação da inclinação na deposição de sementes simples, múltiplas e falhas;

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Agricultura e Mecanização

Com a necessidade de alimentos aumentando a cada ano, vários sistemas de produção tiveram de ser desenvolvidos pela humanidade para se aumentar a produção de alimento sem o aumento da área, sendo que alguns sistemas, se utilizados de maneira inadequada, trazendo danos aos recursos naturais que podem ser irreversíveis.(SILVEIRA *et al.*, 2013).

Para a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO/ONU), os avanços para o combate a fome mundial decorrem da agenda de Segurança Alimentar e Nutricional, que vem sendo priorizada desde 2003. As políticas e programas utilizadas pelos governos incluem ações em torno de estimular os modelos agrícolas sustentáveis e a educação alimentar, principalmente em países conhecidos como grandes produtores de alimentos (KEPPLE, 2014).

Para a agricultura, um dos maiores avanços foi a utilização de tratores e implementos. Sendo utilizado em praticamente todas as fases do processo produtivo de muitas culturas, podendo também ser utilizados para a recuperação de áreas degradadas, ajudando na criação e manutenção da sustentabilidade da área. (MACEDO *et al.*, 2013).

Com a utilização de máquinas e implementos agrícolas na agricultura, a forma de semear as culturas também mudou, saindo da forma convencional com as várias operações de preparo de solo com implementos pesados, que trazem vários problemas para o solo, como erosão e compactação para uma forma com menores quantidades de implementos utilizados (SILVEIRA *et al.*, 2005).

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola representa um fator de grande importância para a competitividade. Se for posto em consideração os termos de custo, é o segundo fator de produção mais importante, abaixo apenas da posse da terra. Ao considerar como potencial de redução dos custos de produção, a mecanização é considerada o fator principal (MILAN, 2004).

#### 3.2 Semeadoras

As semeadoras desempenham um papel fundamental nos cultivos agrícolas. Para semear grandes extensões de terras, é necessário o emprego das semeadoras, que depositam a

semente de maneira adequada no solo, propiciando assim um bom ambiente para a germinação (KARAYEL; OZMERZI, 2007).

A fim de se alcançar um adequado estande de plantas, faz-se necessário que as sementes sejam dosadas de maneira correta, fato esse que leva a utilização de mecanismos dosadores de precisão, depositando as densidades de semeadura pré estabelecidas de acordo com a recomendação de cada cultura (DIAS *et al.*, 2009).

Butierres & Caro (1983) mostram que, para a obtenção de uma melhor produtividade utilizando-se o estande adequado de plantas, a uniformidade de distribuição longitudinal das sementes é um dos fatores que mais contribui para esse fato.

Muitos fatores influenciam na qualidade da operação de semeadura, entre elas a patinagem dos rodados e a velocidade de trabalho da semeadora (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Com a necessidade de se utilizar solos compactados e pesados, as semeadoras foram ficando mais robustas e pesadas, com órgãos ativos de ataque maiores para romper as camadas compactadas (SILVEIRA *et al.*, 2013).

Tourino (1993) afirma que a precisão da dosagem, velocidade tangencial dos dosadores, nível de sementes no reservatório e a altura da queda das sementes (altura desde o ponto onde elas são liberadas até o fundo dos sucros) são os fatores que mais se destacam na influência da uniformidade d distribuição de sementes.

Erros referentes à distribuição longitudinal das sementes na linha de semeadura são oriundos de dois fatores, sendo que o primeiro é resultante na captura de sementes múltiplas ou nulas pelos alvéolos do elemento dosador o segundo pela variação na trajetória das sementes no espaço entre a liberação do dosador até ser depositada no solo, por meio do rolamento e ou saltitamento da semente devido ao seu impacto com o solo (CHINNAN *et al.* 1975).

A força de tração necessária para uma semeadura na direção horizontal do deslocamento, incluindo a resistência ao rolamento da máquina, com bom leito de semeadura, varia de 900 N  $\pm$  25% por linha, podendo chegar a 3400N  $\pm$  35% por linha caso seja feita a adubação e a aplicação de herbicidas com a semeadura (SILVEIRA *et al.* 2013).

Cortez *et al.* (2013) demonstra em seu trabalho que, tanto semeadoras de discos horizontais como pneumáticas apresentam índices de capacidade menor que o mínimo exigido, indicando o processo de semeadura com as mesmas, incapaz de produzir bons resultados.

Existem diversos tipos de mecanismos dosadores de sementes, cada um com suas particularidades.

### **3.2.1 Fluxo Contínuo**

CasãoJunior (1996) afirma que este sistema é utilizado, normalmente, em semeadoras para grãos miúdos, como trigo e arroz. Também operam com taxas de alimentação elevadas, com um grande número de sementes por comprimento do sulco, podendo ser bem utilizada para a formação de pastos.

Balastreire(1987) cita que esse tipo de sistema pode operar por rotores cilíndricos acanelados e/ou discos alveolados.

Bernacki *et al.* (1972) descreve o funcionamento dos rotores cilíndricos, sendo que estes podem ser acanelados retos, helicoidais ou dentados. O rotor pode girar tanto no sentido horário como no anti-horário. No sentido horário as sementes passam por cima do rotor, sendo assim mais indicado para sementes maiores ou de difícil escorregamento, como o arroz. No sentido anti-horário, as sementes passam por baixo do rotor. Após a saída do rotor, as sementes são despejadas na tubulação de descarga e conduzidas ao solo.

### **3.2.2 De precisão**

Ogliari (1990) separa os mecanismos dosadores de precisão em 4 tipos: Dosador de disco (entre eles horizontal, inclinado e vertical); Dosador de tambor vertical; Dosador de correia e Dosador de hastes (fixas ou móveis).

Todas as semeadoras que empregam mecanismos de dosagem horizontais, verticais ou inclinados são capazes de dosar uniformemente as sementes. Mas para isso é essencial que os alvéolos dos discos sejam adaptados em relação as sementes a serem dosadas (BAINER,1947).

#### **3.2.2.1 Semeadora de Precisão de Disco Horizontal**

Portella (1997) cita que grande parte das semeadoras utilizadas no Brasil utilizam semeadoras com o mecanismo dosador de disco horizontal. Nele as sementes estão distribuídas acima do disco dosador, sendo que parte dele está protegido por um sistema de contenção, conhecido por “chapéu chinês”, que tem a função de limitar a quantidade de sementes que caem nos alvéolos do disco.

Casão Júnior (1996) descreve o mecanismo dosador de sementes de disco

horizontal da seguinte forma: No reservatório está uma coluna de sementes suportada pela base e o chapéu chinês tem a função de direcionar as sementes para o disco. O disco fica localizado abaixo da base e seus alvéolos estão distribuídos por toda a circunferência do disco, sendo apenas a circunferência não coberta pela base e, com isso, exposta a coluna de sementes. Quando o disco gira, as sementes são captadas pelos alvéolos e conduzidas até a abertura de saída. Nesse movimento, os alvéolos passam por um raspador que retirará o excesso de sementes que possam ocorrer durante a captação destas, diminuindo a quantidade de sementes múltiplas que podem ser depositadas.

### *3.2.2.2 Semeadora de Precisão de Disco Inclinado*

Ogliari (1990) descreve que os dosadores de disco inclinado são trazidos para ser uma variação para o disco dosador horizontal, sendo que a diferença principal está no fato da inclinação do disco e não utilizar o raspador. Esse tipo de sistema deixa as sementes direcionadas para a parte inferior do reservatório. Quando o disco dosador gira, as sementes são captadas nos alvéolos do disco e transportadas até a parte superior do plano inclinado, sendo liberadas na abertura de saída que está localizada nesse mesmo local.

Monteiro (1989) conclui que ocorrem desuniformidades de distribuição em dosadores de disco inclinado quando trabalhados em velocidades mais altas. O disco passa a capturar menos sementes, o mecanismo ejetor não consegue desempenhar sua função corretamente por conta da inércia e, caso se faça o aumento sobre a tensão da mola, as sementes passam a ser danificadas com maior frequência. Com as sementes sendo lançadas de forma inclinada, em relação ao tubo de descarga, executam uma trajetória em espiral nesse tubo, tendo assim um atraso na queda destas e causando a desuniformidade na distribuição das sementes no solo.

### *3.2.2.3 Semeadora de Precisão de Disco Vertical*

Balastreire (1987) descreve o sistema como constituído por um disco vertical, sendo o eixo deste horizontal ao solo, possuindo alvéolos em sua superfície para o transporte e a individualização das sementes até o ponto de descarga. As sementes do reservatório são capturadas pelos alvéolos e com o movimento do disco, são transportadas até a saída e caem bem próximo ao solo. Durante esse percurso, os alvéolos carregados passam pelo raspador, eliminando excesso das sementes. Após o raspador, as sementes ficam dentro de uma carcaça,

impedindo sua queda durante todo o percurso, até a parte inferior do mecanismo, onde caem no orifício de saída. A fim de garantir a liberação dessas sementes, um ejetor é posicionado junto a saída.

Alguns tipos de semeadoras de disco vertical são pneumáticas, aumentando assim sua eficiência.

Breece(1975) aponta que o sistema de disco vertical pneumático utiliza um sistema aspirado com a finalidade de capturar as sementes nos alvéolos, sendo que, para as sementes permanecerem dos alvéolos, estes devem possuir dimensões inferiores à semente.

Short & Huber (1970) citam que o diâmetro do alvéolo deve obedecer uma relação com a área exposta da semente e em seu estudo, o melhor desempenho obtido foi quando a relação do alvéolo/semente esteve próximo a 40%.

Portella (1991) cita que os fatores que mais afetam a captura de mais de uma semente por alvéolo são o tamanho do orifício de sucção; o nível de Vácuo utilizado para a sucção da semente e o tamanho e peso da semente.

#### *3.2.2.4 Semeadora de Precisão com Dosador de Tambor Vertical*

Ogliari (1990) diz que o sistema dosador de tambor vertical é uma variação do sistema dosador de disco vertical. Nesse caso, ele apresenta um tambor com 3 linhas de alvéolos e possui o mesmo princípio de funcionamento do disco vertical, com algumas mudanças em relação a captação pelos alvéolos. Nele, os alvéolos de uma linha estão desalinhados em relação aos alvéolos da linha vizinha, permitindo a dosagem das sementes de forma sucessiva. O elemento ejetor também muda, sendo neste um rolete dentado, onde cada dente penetra no interior do alvéolo, ejetando as sementes no ponto de descarga.

### *3.3 Sistemas autônomos na agricultura e Agricultura de Precisão*

De acordo com Gebbers & Adamchuk, 2010, A agricultura de precisão (AP) permite monitorar a produção, quantidade e qualidade da produção agrícola, além de permitir a melhor utilização de recursos, manter a qualidade do meio ambiente e aumentar o rendimento.

Segundo Tangerino 2009, a AP aparece como uma forma de se melhorar as condições de produtividade com a redução de custos, usando o conhecimento detalhado de cada área para definir a correta utilização de insumos e ter uma diminuição nos impactos

ambientais.

Um dos obstáculos na aplicação de técnicas de agricultura de precisão para aumentar a produção e a qualidade ambiental é a definição de zonas de manejo - áreas de plantio onde os insumos são dosados, gerando retorno econômico ou redução de impactos ambientais, oferecendo vantagens em a gestão e administração de áreas de plantio(JACINTHO *et al.* ,2017).

A agricultura moderna necessita de métodos que aumentem sua produtividade de forma quantitativa e qualitativa. Com a utilização de novas tecnologias, como sensores, atuadores e controladores, pode se aumentar a eficiência de diversos processos na agricultura, bem como sua confiabilidade. Assim, a utilização de robôs pode ser uma alternativa para se cortar custos e aumentar a eficiência (BATISTA, 2017).

Trabalhos tem sido desenvolvidos para adaptar máquinas agrícolas de forma que se tornem automáticas, de forma que a tendência a ser seguida atualmente está no projeto de plataformas específicas para robôs agrícolas e veículos autônomos (TANGERINO 2011.)

### **3.4 Robótica**

A robótica é uma área da engenharia que engloba conhecimentos de mecânica, eletrônica e computação, visando as aplicações mais diversas para a sociedade, entre elas a otimização de produção e a execução de tarefas em ambientes perigosos. (SILVEIRA, 2012).

Segundo Mataric (2014), robô é um sistema autônomo existente no mundo físico e que pode sentir e interagir com o ambiente ao seu redor para alcançar objetivos definidos. Essa definição está ligada ao fato de que, para ser considerado um robô, a máquina deve estar ligada a 3 conceitos: O robô deve ser autônomo; Deve existir no mundo físico; Deve sentir e interagir com o ambiente.

Para atingir tais conceitos, o robô precisa de sensores, controladores, atuadores e efetadores.

Um dos grandes desafios da robótica é integrar as informações vindas dos sensores e controlar os diferentes tipos de atuadores do robô, garantindo que a tarefa seja executada sem colocar em risco o robô ou aqueles que o cercam (WOLF, 2009).

### **3.5 Sensores e controladores**

Mataric (2014) define sensores como dispositivos que permitem que um robô

perceba tanto o ambiente como a ele mesmo, recolhendo informações acerca do ambiente físico e convertendo-as em dados para a tomada de decisão.

Existem diversos tipos de sensores, podendo ser agrupados em duas categorias ligadas a capacidade de processamento deste sensor para produzir informações úteis ao robô: Sensores simples e complexos.

Sensores simples são sensores que utilizam pouco processamento para produzir informações. Alguns exemplos desses sensores são os sensores de luz polarizada e sensores de refletância.

Sensores complexos são aqueles que utilizam uma grande quantidade de processamento para produzir as informações úteis para o robô, por produzirem uma quantidade maior de informações em comparação aos sensores simples.

Mataric (2014) fala que controladores desempenham o papel de tomada de decisão em um robô, utilizando as informações coletadas por sensores para executar ações, dando ao robô autonomia. Existem diversos tipos de controladores, dos quais um dos mais utilizados é o Arduino.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

#### 4.1.1 Projeto Mecânico do Dosador de Sementes

##### 4.1.1.1 Princípio de funcionamento do mecanismo dosador

O funcionamento do mecanismo dosador foi imaginado da seguinte forma:

Um disco dosador instalado na ponta de um motor DC, motor este que está a uma velocidade constante, dosando uma semente por alvéolo. Este motor estará instalado no chassi da máquina e, entre o chassi e o disco dosador, estará o depósito de semente. Assim o disco dosador ficará dentro do depósito de sementes. O chassi e o depósito de sementes tem um furo que permite a saída da semente, sendo este furo dimensionado para ficar coberto pelo disco dosador, exceto no momento que o alvéolo passa acima dele, permitindo que a semente caia.

##### 4.1.2 Criação do disco dosador e do depósito de armazenamento da semente

Tanto o disco dosador como o depósito de armazenamento foram criados usando Cap's de pvc com 75 mm de diâmetro.

Para o disco dosador, 2 Cap's foram cortados, utilizando apenas o fundo da peça, lixados até virarem uma placa circular com 72 mm de diâmetro e colados. Foram feitos 2 furos com 180° de distância entre eles para a semente ser depositada e guiada, sendo cada furo medido com o auxílio de papel milimetrado e registrando uma área de 0,98 cm<sup>2</sup>, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Disco dosador com 2 alvéolos para sementes de milho.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

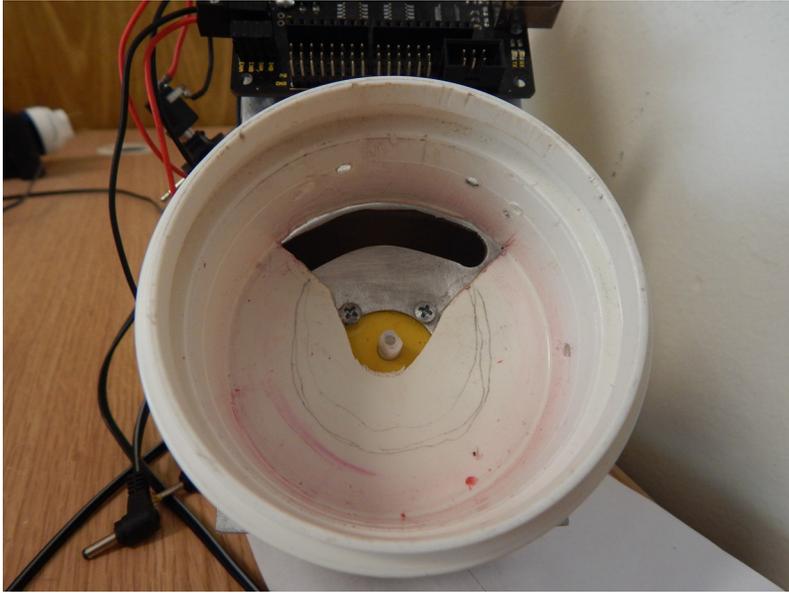
O depósito de armazenamento foi feito utilizando um Cap idêntico ao da Figura 2 que foi perfurado no centro com uma broca de 6 mm e, a partir desse furo, foram traçadas duas linhas perpendiculares do centro até a borda do cap. Essas linhas foram cortadas para se obter o local onde as sementes seriam depositadas no solo, mostrado na Figura 3.

Figura 2: Cap utilizado para construção de disco dosador e depósito de sementes.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 3: Depósito de Armazenamento de Sementes.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

#### 4.1.3 Chassi

O chassi foi feito utilizando um perfil de alumínio 75x35 mm. Foi cortado 50 cm de comprimento desse perfil e retirada uma face de 75 mm de largura, transformando a peça num perfil em U de 75 mm de largura, 35 mm de altura e 50 cm de comprimento. Na face superior, foram feitos os furos para alocar a placa de arduino e um motor DC, como mostrado na Figura 4.

Figura 4. Vista lateral do chassi do mecanismo dosador.

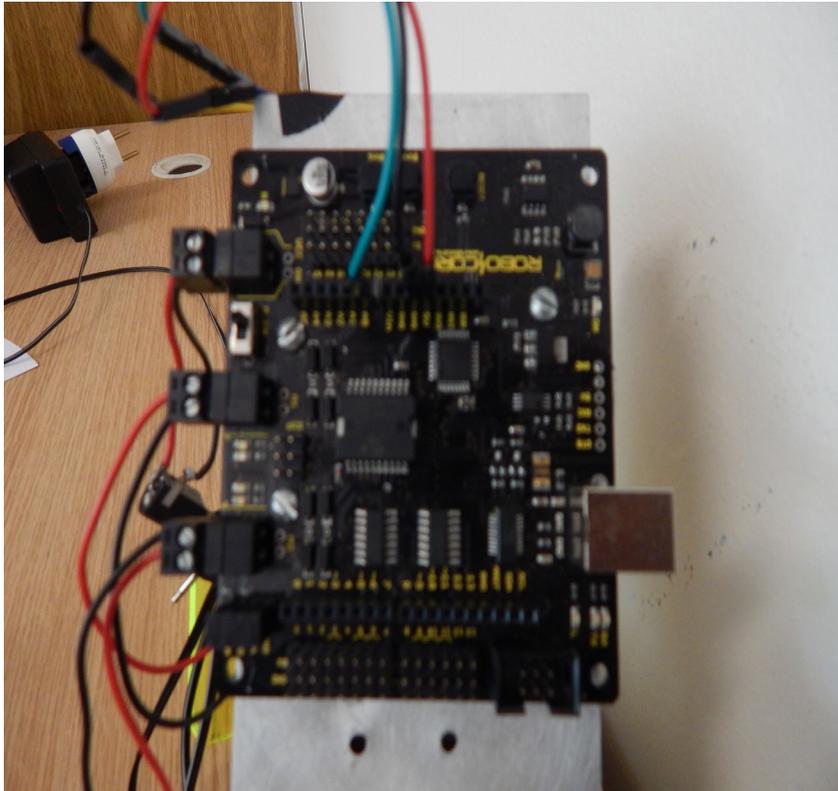


Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

#### 4.1.4 Placa Arduino

A Placa utilizada foi a Julieta V1.0 da Robocore, mostrada na Figura 5. Esta é uma placa com microcontrolador Atmega328P e utiliza um bootloader do Arduino UNO R3, sendo programada pelo IDE do Arduino. Essa placa também conta com um chip L298P, que permite o controle de até 2 motores de forma independente. Caso a placa utilizada não tivesse um chip L298P, seria necessário utilizar uma placa conhecida como Shield Motor na placa de Arduino, caso contrário não se conseguiria haver o controle da velocidade e sentido de rotação de um motor DC.

Figura 5: Placa Julieta instalada no chassi com todas as ligações prontas.



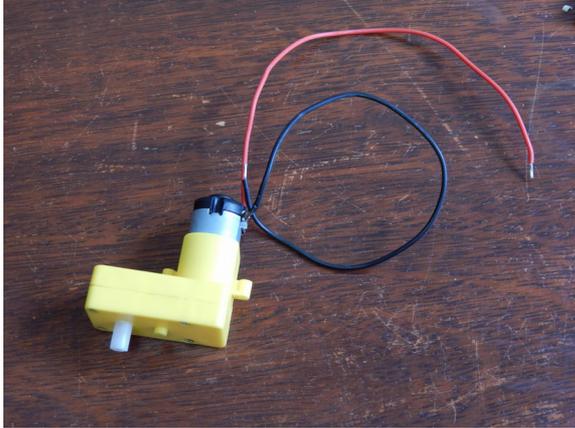
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

#### 4.1.5 Motor

O motor escolhido para o projeto foi um motor DC com caixa de redução 48:1 em ângulo, mostrado na Figura 6. De acordo com o fabricante, esse motor é operado com uma corrente de 6 V @ 2A e sua velocidade foi medida em 65 RPM quando alimentado com 3 V e

torque de 800gf.cm.

Figura 6: Motor DC para movimentação do disco dosador.

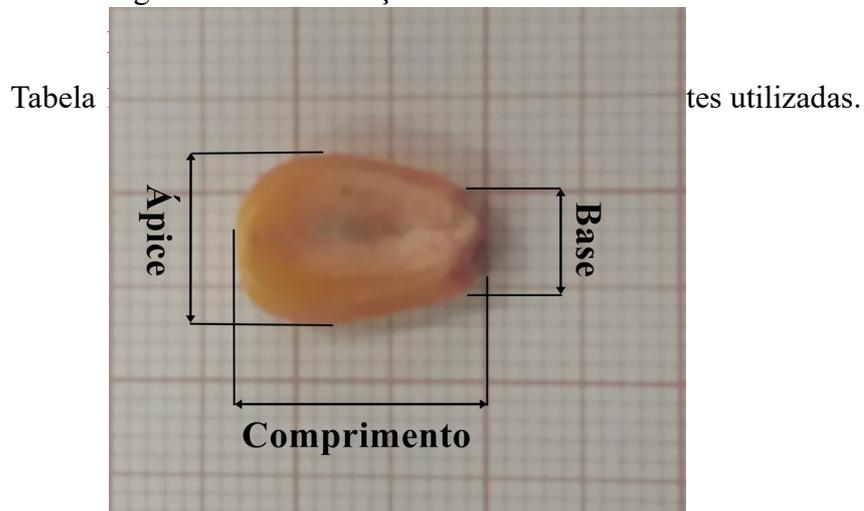


Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

#### 4.2 Caracterização da Semente

A semente utilizada foi uma semente de milho híbrido, cultivar AG 1051 da empresa Agroceres. Para a caracterização dessa semente, foram feitas imagens desta em uma superfície plana com o auxílio de papel milimetrado. As dimensões medidas foram o comprimento, largura e espessura da semente sendo que, para a largura da semente, foi utilizada a média entre a largura do ápice e a largura da base, como mostra a Figura 7. As médias relativas as dimensões das sementes estão dispostas na Tabela 1.

Figura 7: Caracterização de cada medida da sementes.



	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
--	------------------	--------------	----------------

Mínima	11	5,5	2
Média	13	6,5	3
Máxima	15	8	4
CV(%)	8,06	9,42	17,36

Fonte: Elaborada pelo Elaborado pelo Autor (2018).

### 4.3 Algoritmo de Acionamento do sistema Arduino

#### 4.3.1 Linguagem de programação e Criação do Algoritmo

Por decidir usar uma placa Arduino nesse projeto, a linguagem de programação para Arduino é a C++ com algumas modificações, por meio da plataforma Arduino IDE (Integrated Development Environment).

No algoritmo, foram atribuídos nomes a cada periférico utilizado, a fim de se facilitar a programação não causando ao programador confusão com números, sendo elas motor para definir a porta em que será controlado o sentido de rotação do motor e dir para definir a porta em que será controlada a rotação do motor.

Em cima dessas variáveis, foram atribuídos os valores das portas que cada variável utilizaria.

A função *setup* no algoritmo indica as funções que o Arduino deverá executar inicialmente no sistema. As funções contidas entre as chaves dela só serão feitas uma vez durante o funcionamento do Arduino, ou seja, até ele ser desligado ou reiniciado.

Na área relativa a função *setup*, se indica para placa o que cada porta conectada fará no sistema. Elas podem receber dados ou enviar dados para serem utilizados pelo Arduino. Para tal feito, se coloca a função *pinMode* e, entre parênteses o número da porta e o tipo de dado referente a ela, separados por vírgula. Caso a porta envie dados para o sistema, ela deverá conter o dado *INPUT* após a vírgula. Caso a porta receba dados do sistema, o dado contido após a vírgula deverá ser *OUTPUT*.

Na área da função *loop* estarão as funções que serão executadas repetidamente pelo sistema até q o Arduino seja desligado ou reiniciado.

A função *digitalWrite* indicará um valor digital à porta selecionada. No caso de um motor DC, ela expressa o sentido de rotação desse motor, podendo ser utilizado os dados *HIGH* ou *LOW* para a mudança de rotação.

A função *analogWrite* expressa que a porta selecionada recebe um valor

analógico. Esse valor no algoritmo do arduino pode ser de 0 a 255. Em motores DC, ele indica a rotação que o motor vai receber, mas não necessariamente a rotação no eixo do motor.

#### 4.3.2 Algoritmo

No algoritmo, foi definida a porta digital 8 como *motor1* e a porta digital 6 como *dir1*.

Na Figura 8, temos a IDE do arduino com a programação, que posteriormente foi lançada dentro da placa Julieta V1.0.

Tanto as portas *motor1* como *dir1* foram definidas como *OUTPUT*, recebendo assim dados do Arduino na função *setup*.

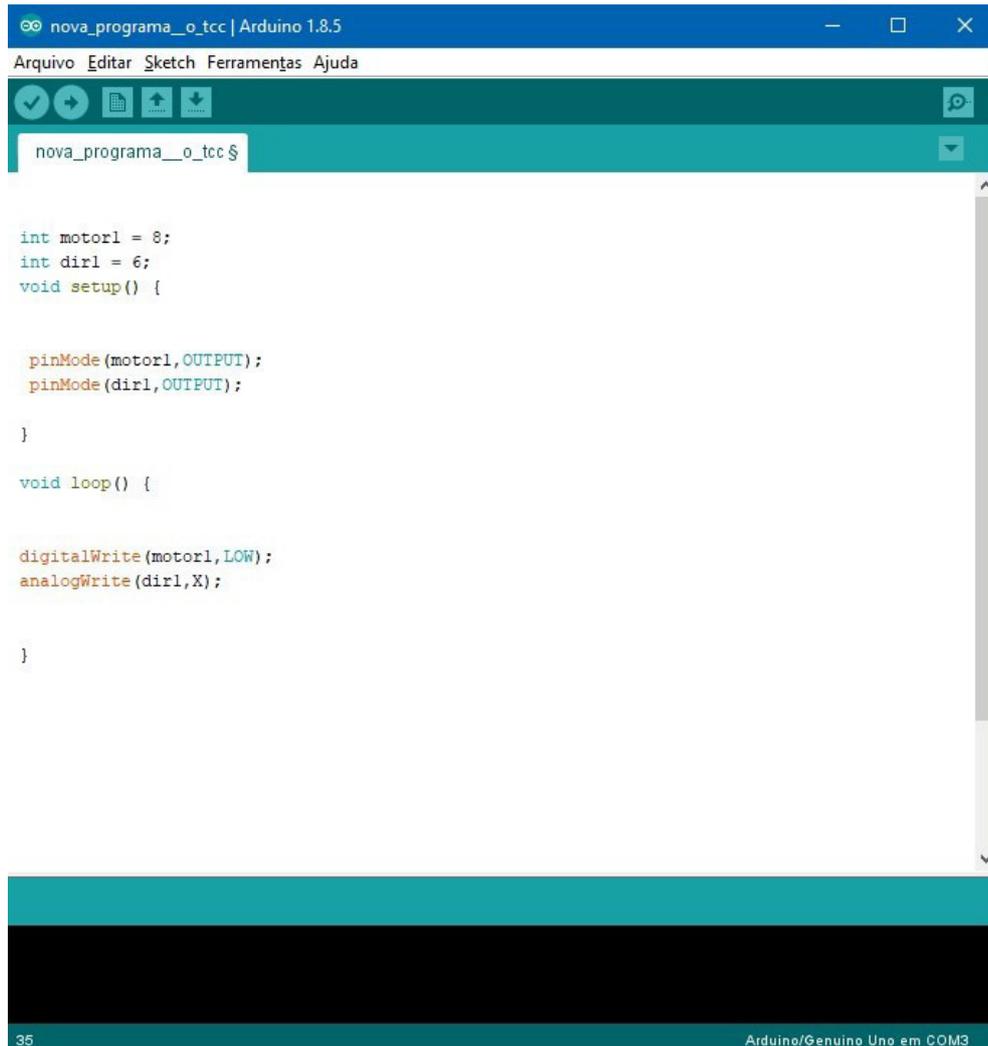
Na função *Loop* foram definidas as funções que controlam o sentido e a velocidade de rotação do motor.

A função *digitalWrite* teve a porta digital *motor1* definida como *LOW*, fazendo com que o motor DC tenha o sentido de rotação anti-horário.

A função *analogWrite*, com a porta *dir1* atribuída, teve seu valor no algoritmo definido como X, sendo esse X o valor da velocidade de rotação do motor, substituído pelos valores definidos pela avaliação do desempenho do dosador.

Figura 8: Arduino IDE com programação para o mecanismo dosador.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).



```
nova_programa_o_tcc | Arduino 1.8.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
nova_programa_o_tcc $

int motor1 = 8;
int dir1 = 6;
void setup() {

  pinMode(motor1,OUTPUT);
  pinMode(dir1,OUTPUT);

}

void loop() {

  digitalWrite(motor1,LOW);
  analogWrite(dir1,X);

}

35 Arduino/Genuino Uno em COM3
```

## 4.2 METODOLOGIA

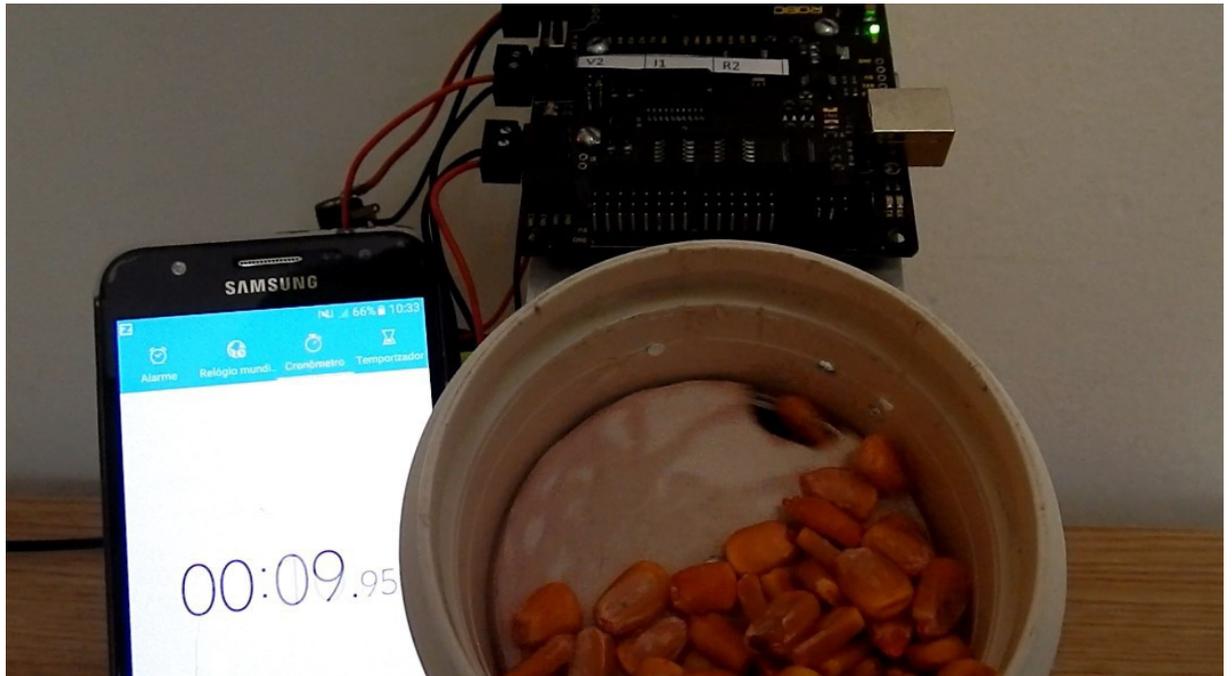
### *4.4 Metodologia de Avaliação do Desempenho do Dosador*

O método utilizado para avaliar o desempenho do dosador foi por meio de filmagens com uma câmera digital Nikon Coolpix L830 em cada uma das repetições, utilizando um tempo de 20 segundos com o mecanismo dosador em regime de trabalho. Para fazer a avaliação de cada uma das variáveis escolhidas, as filmagens foram postas em câmera lenta à 10 frames por segundo com o auxílio do programa Media Player Classic. Como as rotações postas no algoritmo não expressam a rotação nominal no eixo do motor, a primeira variável medida em cada repetição foi a rotação do disco dosador.

No mesmo tempo utilizado para definir as rotações do sistema, também foram contabilizadas sementes simples, sementes múltiplas e sementes falhas.

Semente simples é quando apenas uma semente se deposita no alvéolo e é levada até o furo de descarga, representado na Figura 9.

Figura 9: Exemplo de Semente simples no mecanismo dosador.

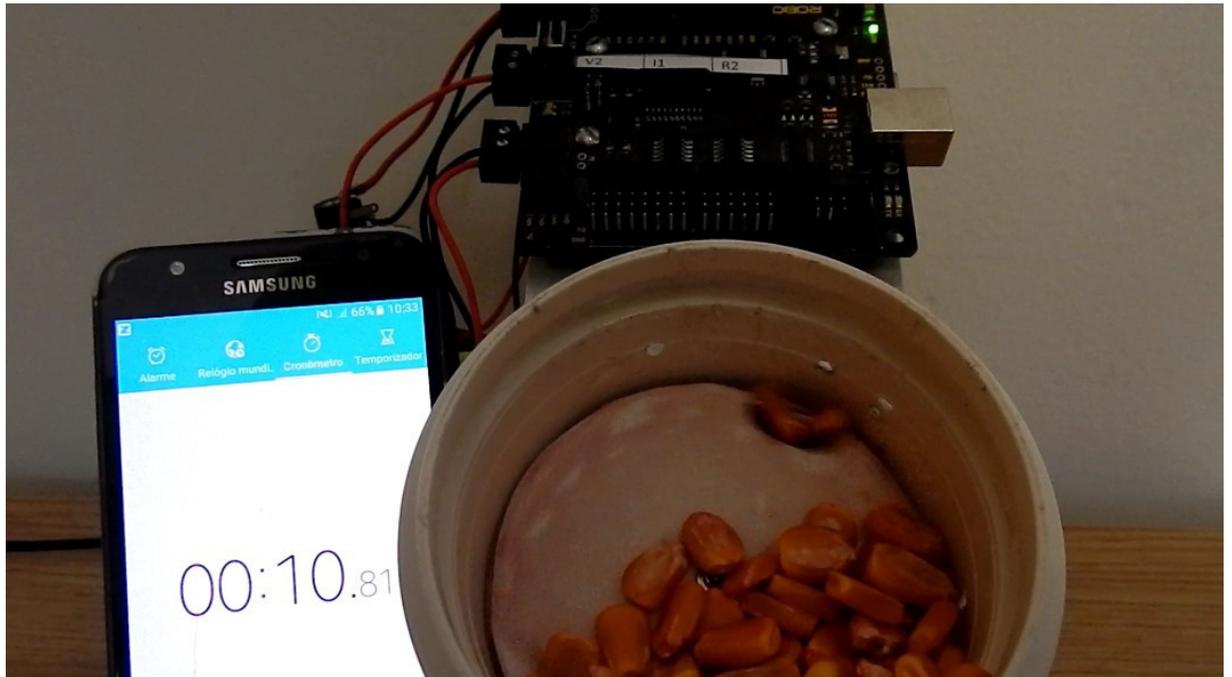


Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Semente múltipla ocorre quando mais de uma semente é depositada no alvéolo e cai pelo furo de descarga, como mostrado na Figura 10.

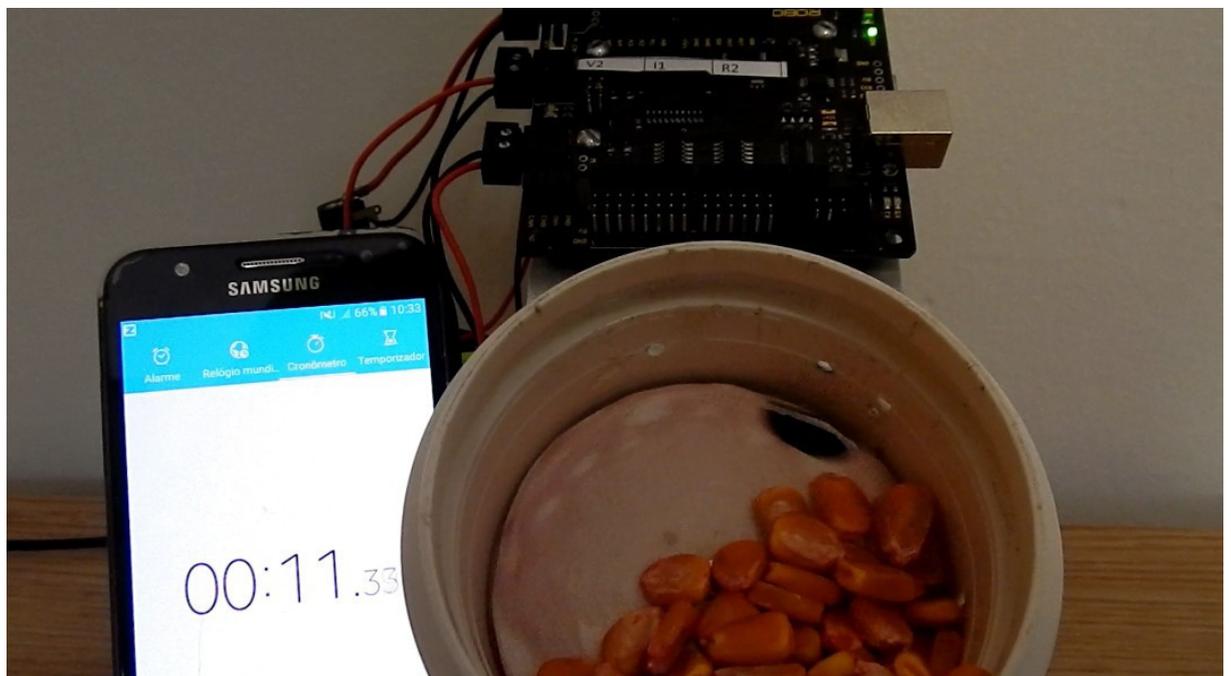
Figura 10: Exemplo de Sementes Múltiplas no mecanismo dosador.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)



Semente falha ocorre quando o alvéolo não descarrega a semente no furo de descarga, tanto se ele não carregar semente como se a semente não cair no furo, como na Figura 11.

Figura 11: Exemplo de Sementes Falhas no mecanismo dosador.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

#### ***4.5 Delineamento Experimental***

O delineamento utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado utilizando a interação da velocidade e da inclinação sobre cada uma das variáveis. Foram definidas 3 inclinações para o disco dosador, sendo elas 30, 40 e 50° e 3 rotações do motor, controlada pelo arduino e com rotações de 75, 100 e 120 rpm, com velocidade linear do disco de 0,29; 0,39 e 0,47 m/s. Foi feito um fatorial de 3x3 unindo as rotações no motor e as inclinações do sistema com 5 repetições em cada tratamento, totalizando 45 repetições. Os dados foram analisados estatisticamente e comparados pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o programa SISVAR v.5.6.

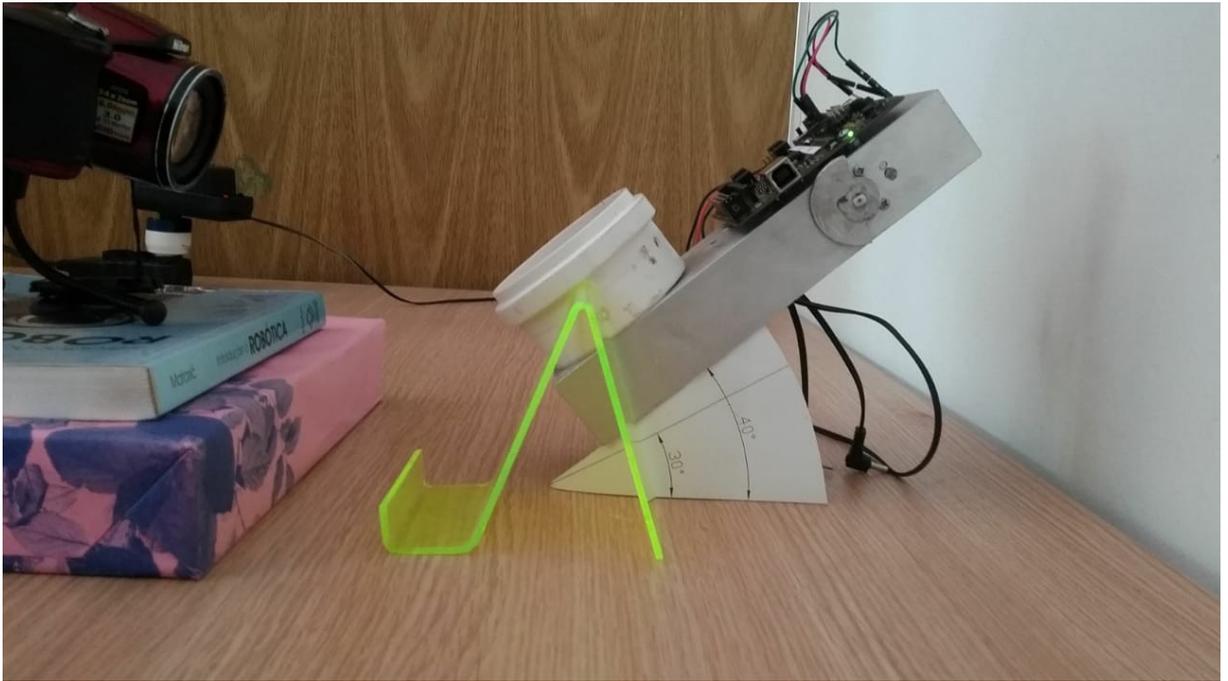
Nas Figuras 12, 13 e 14 temos a imagem das 3 diferentes inclinações utilizadas com o sistema de filmagem montado

Figura 12: Sistema de filmagem com chassi ajustado para inclinação de 50°.



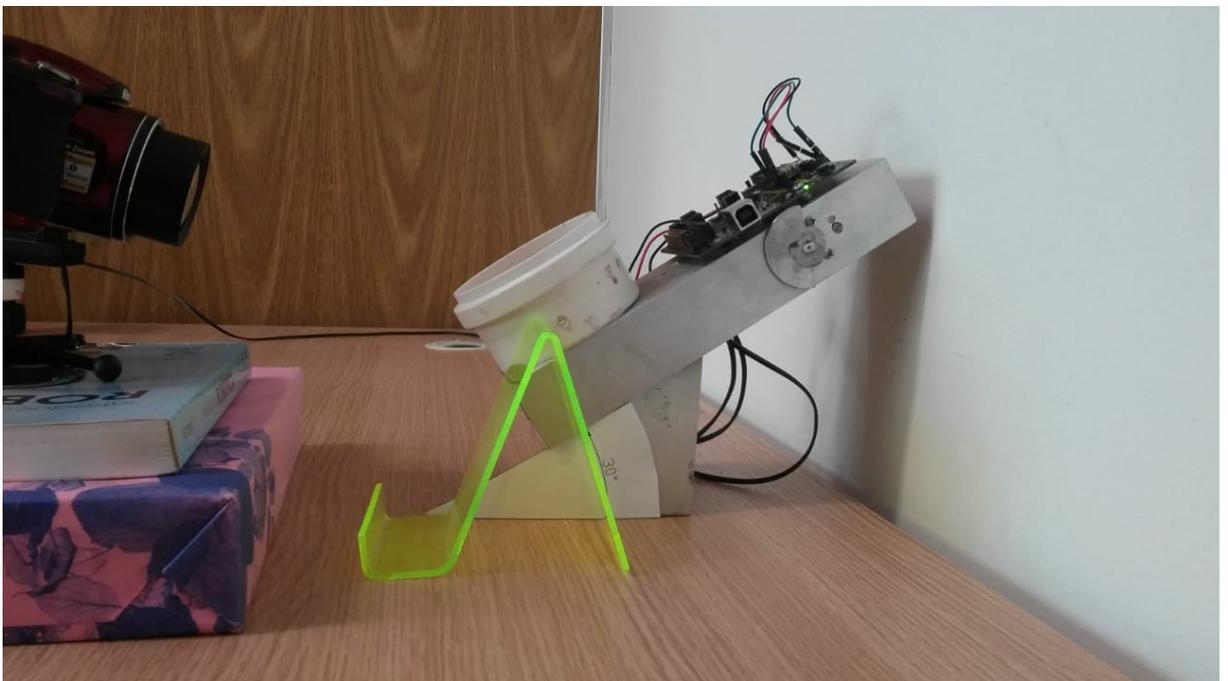
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 13: Sistema de filmagem com chassi ajustado para inclinação de 40°.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 14: Sistema de filmagem com chassi ajustado para inclinação de 30°.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 5.1 Resultados

### 5.1.1 Análise Estatística de Velocidade e Inclinação em relação a Sementes Simples

Em relação à velocidade, o tratamento com a rotação de 100 rpm tem a menor percentagem de sementes simples do teste, com a média 37,47% aproximadamente. Os tratamentos 120 e 75 rpm não diferiram entre si, estatisticamente, e tiveram as maiores percentagem de sementes simples, com médias de mais de 50% de sementes simples depositadas.

Em relação à inclinação, o tratamento 50° teve a menor percentagem de sementes simples depositadas, com média de 39,60%. As inclinações 30 e 40° tiveram as maiores percentagens de sementes simples depositadas, com médias acima de 50% e não diferiram estatisticamente, como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2: Teste de Tukey para sementes simples com Fatores de Variação Velocidade e Inclinação.

Teste de Tukey para sementes simples (% de sementes simples em relação às sementes totais)					
Velocidade			Inclinação		
DMS; 5,77					
NMS: 0,05					
Erro Padrão: 1,67					
75 rpm	100 rpm	120 rpm	30°	40°	50°
55,26	37,47	51,94	54,40	50,67	39,60
a2	a1	a2	A2	A2	A1

Fonte: Elaborada pelo Elaborado pelo Autor (2018).

Assim, no caso de sementes simples, as melhores velocidades pra se utilizar são as de 75 e 120 rpm, unindo à inclinação de 30 ou 40°.

Ao se aliar uma velocidade menor com uma menor inclinação resultaram em mais de 50% de sementes simples depositadas. A velocidade de 100 rpm apresentou-se como uma resposta inesperada. Esse fato pode ser relacionado pela forma do alvéolo. Pensando na forma de captar as sementes, o alvéolo tem 0,98 cm<sup>2</sup> de área de captura, enquanto as sementes possuem, em média, 0,94 cm<sup>2</sup>. Essa diferença entre as áreas permitem o aparecimento de sementes múltiplas no sistema. Além disso, como as sementes de milho utilizadas são tem o

formato achatado, essas sementes podem ser capturadas pelo alvéolo não no comprimento, mas na espessura, permitindo a apreensão de mais de 1 semente.

De acordo com Jasper(2006), as sementes de milho não sofrem seleções em relação a forma da semente, tanto achatadas ou arredondadas, em discos perfurados horizontais, trazendo falhas de 3,4 % para sementes arredondadas e 1,6% para sementes achatadas.

Neto *et al.* (2008) apresentou resultados para uma semeadora de disco horizontal e uma pneumática testada por ele não apresentaram resultados satisfatórios em relação à população desejada, a percentagem de espaçamentos aceitáveis menor que 50%. Além disso, a semeadora pneumática apresentou uma maior quantidade de sementes múltiplas e simples que a de disco horizontal.

Já Santos *et al.* (2015) encontrou a maior percentagem de espaçamentos aceitáveis ao utilizar a velocidade de 3 km/h na semeadura do milho, diminuindo em mais de 50% os espaçamentos aceitáveis ao variar a velocidade para 7 km/h.

Alonço *et al.* (2014) observou diferenças quando se variou a velocidade de deslocamento (5;7,5 e 10 km/h), diminuindo menos de 20% dos espaçamentos aceitáveis quando se utilizou a maior velocidade de operação. Bottega *et al.* (2014) também observou diferenças consideráveis na redução dos espaçamentos aceitáveis com o aumento da velocidade (4;7;9,5 km/h), independente do tipo de mecanismo dosador.

### ***5.1.2 Análise Estatística de Velocidade e Inclinação em relação a Sementes Múltiplas***

Para a velocidade, as 3 rotações diferiram entre si no teste de Tukey. O tratamento com 120 rpm teve a menor percentagem, em média, com 17,87% das sementes totais sendo múltiplas. O tratamento de 75 rpm teve 25,07% de sementes múltiplas e o tratamento de 100 rpm teve a maior percentagem de sementes múltiplas, com 42,73%.

Variando a inclinação, o tratamento de 50° teve a menor quantidade de sementes múltiplas, com 16,47% na média. Os tratamentos de 30 e 40° não diferiram estatisticamente, tendo mais de 30% de sementes múltiplas no seu total, como exposto na Tabela 3.

Tabela 3. Teste de Tukey para Sementes Múltiplas com Fatores de Variação Velocidade e Inclinação.

Teste de Tukey para sementes múltiplas (% de sementes múltiplas em relação às sementes totais)					
DMS: 6,13					
NMS: 0,05					
Erro Padrão: 1,77					
Velocidade			Inclinação		
75 rpm	100 rpm	120 rpm	30°	40°	50°
25,07	42,73	17,87	37,26	31,94	16,47
a2	a3	a1	A2	A2	A1

Fonte: Elaborada pelo Elaborado pelo Autor (2018).

No caso das Sementes Múltiplas, a melhor velocidade para ser utilizada foi a de 120 rpm e a inclinação de 50°, com médias menores que 20%. A maior velocidade teve a menor quantidade de sementes múltiplas pelo fato de o alvéolo passar muito rápido na área em que as sementes se depositam, diminuindo a chance deste capturar 2 ou mais sementes. A menor velocidade tem mais tempo para que o alvéolo passe na área de depósito de sementes, mas esse tempo também faz com que as sementes a mais caiam do alvéolo.

O aumento da quantidade de sementes múltiplas interfere na produtividade da área, mas de forma diferente das sementes falhas. No caso das sementes múltiplas, elas interferem aumentando o estande da área e criando uma maior competitividade na linha de plantio, devido ao fato de que o número de plantas na linha é maior que o planejado.

Côrrea Junior *et al.*(2014) não observou a ocorrência de sementes múltiplas na velocidade de 7,5 km/h, explicando esse fato com o fato de uma velocidade muito rápida não permite que ocorra o preenchimento de mais de 1 semente por alvéolo por falta de tempo. Frabetti (2010) cita as falhas devidas às sementes duplas indicavam o comportamento oposto ao das falhas por sementes falhas. Além disso, o aumento da velocidade de deslocamento provocou um aumento no número de falhas no sistema.

Mantovani (1999) ratifica que a melhor velocidade de plantio para dosadores de disco é de 5 km/h e o uso de inseticidas na semente dificulta o enchimento do alvéolo do disco, diminuindo a eficiência do sistema.

Chavichioli (2014) não encontrou diferenças significativas da velocidade na ocorrência de espaçamentos duplos, encontrando valores menores ao utilizar a maior velocidade, de 6,5 km/h, em comparação a velocidade de 4,5 km/h.

### 5.1.3 Análise Estatística de Velocidade e Inclinação em relação a Sementes Falhas

A Tabela 4 mostra os resultados do Teste de Tukey para sementes Falhas.

Tabela 4. Teste de Tukey para Sementes Falhas com Fatores de Variação Velocidade e Inclinação.

Teste de Tukey para sementes falhas (% de sementes falhas em relação às sementes totais)					
DMS: 4,71					
NMS: 0,05					
Erro Padrão: 1,36					
Velocidade			Inclinação		
75 rpm	100 rpm	120 rpm	30°	40°	50°
19,8	19,73	30,4	8,33	17,6	44
a1	a1	a2	A1	A2	A3

Fonte: Elaborada pelo Elaborado pelo Autor (2018).

Para a velocidade, os tratamentos 75 e 100 rpm não variaram estatisticamente entre si. Eles tiveram os menores resultados de sementes falhas, com menos de 20% de sementes falhas aproximadamente. O tratamento 120 rpm teve o maior resultado de sementes falhas, com 30,4%.

Em relação à inclinação, todos os 3 tratamentos variaram estatisticamente. A inclinação de 30° teve a menor quantidade de sementes falhas, com 8,35%. O tratamento com 40° teve 17,6% e o tratamento com inclinação de 50° teve o maior resultado de sementes falhas, com 44% de sementes falhas.

Em relação as sementes falhas, os melhores resultados sempre serão os menores para que não se obtenha falhas no estande da área e, com isso, diminuição na produtividade da área. Assim, os melhores resultados de velocidade são de 75 e 100 rpm e inclinação de 30°.

Esse aumento das sementes falhas na velocidade de 120 rpm pode ser explicada por conta de, em uma maior velocidade, se torna mais difícil para o disco dosador apreender as sementes e levá-la até a saída. A inclinação de 50° teve a maior quantidade de falhas pelo fato de, em um plano muito inclinado, as sementes ficam menos próximas do disco dosador, tornado-as mais difíceis de serem apreendidas.

Corrêa Junior *et al.* (2014) não observou que a variação efeito significativo para os espaçamentos falhos à medida que se variou a velocidade, concluindo que a quantidade de espaçamentos falhos aumenta com o aumento da velocidade de deslocamento

Oliveira(2016) mostra em seu trabalho que a semeadora de disco horizontal apresentou o maior número de sementes falhas e múltiplas na linha de semeadura, influenciada pela velocidade da mesma. Além disso, ela também demonstra que a semeadora pneumática apresentou a maior uniformidade de distribuição das sementes de milho e a velocidade de 5 km/h é a indicada para os dois mecanismos dosadores.

Garcia (2006) apresenta que, ao se elevar a velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora, se aumenta a percentagem de espaçamentos falhos e múltiplos. SANTOS (2011) concorda que o aumento na velocidade da semeadora influencia negativamente a operação com a redução na percentagem de sementes simples e aumento de sementes falhas.

## 6 CONCLUSÃO

Assim, a melhor relação entre velocidade e inclinação são a velocidade de 75 rpm e a inclinação de 30°.

Como um protótipo, o mecanismo dosador teve bons resultados em relação a mecanismos dosadores que já foram utilizados, mas ainda serão necessárias pesquisas futuras e melhorias para esse sistema, destacando a utilização de sensores para um controle maior na rotação dos motores, bem como motores mais precisos em seu controle de velocidade e torque.

## REFERÊNCIAS

- ALONÇO *et al.* Influência da inclinação transversal e velocidade de operação sobre o desempenho de dosadores pneumáticos com semente de soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, 2014.
- BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas. São Paulo: Manole, 1987.
- BATISTA, Alan Vinícius de Araújo et al . Multifunctional Robot at low cost for small farms. **Cienc. Rural**, Santa Maria, 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782017000700354&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017000700354&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 15 Sept. 2018.
- BERNACKI, W.; HAMAN, J.; KANAFOJSKI, Cz. Agricultural machines theory and construction. Washington : USDA/NSF, 1972.
- BOTTEGA, E. L.; ROSOLEM, D. H.; NETO, A. M. O.; PIAZZETA, H. V. L.; GUERRA, N. Qualidade da semeadura do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidade de operação. **Global Science and Technology**, 2014.
- BREECE, H.E.; HANSEN, H.V.; HOERNER, T.V. Fundamentos de funcionamento de maquinaria – siembra Illinois: Deere, 1975.
- BUTIERRES, E.; CARO, S.M. Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja (*Glycine max(L.) Merrill*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., Brasília, 1981. **Anais**. Brasília: SBEA, 1983.
- CAVICHIOLO, F. A. Velocidade de semeadura e profundidade da haste em sistema plantio direto de milho e soja. Jaboticabal – SP, 2014. **Tese**.
- Casão Júnior, R. Desenvolvimento de sistema pneumático de dosagem e transporte de sementes. Campinas: UNICAMP, 1996. 191p. **Tese**.
- CHINNAN, M. S.; YONG, J.H. & ROHRBACK, R. P. Accuracy of seed spacing in peanuts planter. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 1975.
- CORRÊA JUNIOR, D.; GARCIA, R. F.; MANHÃES, C. M. C.; KLAVER, P. P. C.; JUNIOR, J. F. S. V. Influência da velocidade de trator e semeadora de precisão na implantação e produtividade da cultura do milho verde. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, 2014.
- CORTEZ, J.W.; ORLANDO, R.C.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L.; CHAVES, R.G.; Análise de Semeadora Pneumática e Discos Horizontais por Capabilidade no Processo. **XII Seminário Nacional do Milho Safrinha**, Dourados, 2013.
- DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1721-1728, 2009.

FRABETTI, D. R.; RESENDE, R. C.; QUEIROZ, D. M.; FERNANDES, H. C.; SOLZA, C. M. Desenvolvimento e avaliação do desempenho de uma semeadora puncionadora para plantio direto do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2010.

GARCIA, L. C. *et al.* Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. Campos Gerais-PR: **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, 2006.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, 2010.

JACINTHO, João L. *et al.* Management zones in coffee cultivation. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, Feb. 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662017000200094&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000200094&lng=en&nrm=iso)>. acesso 10 Julho 2018.

JASPER, R.; JASPER, M.; GARCIA, L. C. Seleção de sementes de milho durante a simulação da semeadura com disco perfurado horizontal. **Revista Brasileira de Eng. Agríc.**, Jaboticabal, 2006.

JUNIOR, R.C. Desenvolvimento de Sistema Pneumático de Dosagem e Transporte de Sementes, UNICAMP, Campinas, 1996. **Dissertação**.

KARAYEL, D.; ÖZMERZI, A. Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. **Soil and Tillage Research**, 2007.

KEPPLE, A. W. O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil: um retrato multidimensional. Brasília, DF: **FAO**, 2014. (Relatório 2014).

MACEDO, D. X. S. *et al.* Recuperação de Solos. **Cultivar Máquinas**, 2013.

MANTOVANI, E. C. *et al.* Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, Jan. 1999. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X1999000100013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999000100013&lng=en&nrm=iso)>. acesso em 27 Out. 2018.

MILAN, M. Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas. 2004. 100 f. **Tese (Livre- Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas)** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONTEIRO, L.R. Desenvolvimento e Análise de uma Semeadora Pneumática de Grãos, UNICAMP, Campinas 1989. **Dissertação**.

NETO *et al.* Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura de solo. **Acta Sci. Agron.** Maringá, 2008.

OGLIARI, A.; Estudo e Desenvolvimento de Mecanismos Dosadores de Precisão de Máquinas Semeadoras. UFSC, Florianópolis, 1190. **Dissertação**.

OLIVEIRA, J.K. da S.; FILHO, J. S. Desempenho de duas semeadoras-adubadoras para

milho no noroeste de Minas Gerais. **FACTU**, Unai, 2016. Disponível em <[http://www.convibra.com.br/upload/paper/2016/83/2016\\_83\\_12319.pdf](http://www.convibra.com.br/upload/paper/2016/83/2016_83_12319.pdf)> Acesso em 27 de Outubro de 2018.

PORTELLA, J.A. Transporte unitário de Grãos Agrícolas. Campinas: UNICAMP – Faculdade de Engenharia Mecânica, 1992.

QUEIROZ, Renata Fernandes de *et al.* Cargas no depósito de fertilizante de uma semeadora-adubadora e desempenho operacional. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 271-277, June 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902017000200271&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902017000200271&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 25 Julho 2018.

SANTOS, V. C. *et al.* Acidentes com máquinas agrícolas. **Cultivar Máquinas**, 2014.

SANTOS, V. G.; ARRIEL, F. H.; GUILHERME, I. H.; COMPAGNON, A. M. Distribuição longitudinal de sementes de milho em função da velocidade de semeadura. **IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano**, 2015.

SANTOS *et al.* Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2011.

SHORT, T.H.; HUBER, S.G. The development of a planetary-vacuum seed metering device. *Trans. of the ASAE*, 1970.

SILVEIRA, João Cleber Modernel da *et al.* Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, Jan-Mar 2013. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v44n1/a06v44n1.pdf>>. Acesso em 25 Julho 2018.

SILVEIRA, João C. M. da *et al.* Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, mar. 2005. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662005000100019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000100019&lng=pt&nrm=iso)>. acesso em 25 Julho. 2018.

SILVEIRA, P. C. R. Robô baseado em tecnologia celular Android e lógica nebulosa para inspeção e monitoração em usinas nucleares. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Nuclear) - COPPE/Programa de Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

TANGERINO, G. T. *et al.* Controle de Esterçamento de Robô Agrícola Móvel de Quatro Rodas Guiáveis. **X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, São João del-Rei, 2011. Disponível em <<https://fei.edu.br/sbai/SBAI2011/87239.pdf>> acesso em 10 de Outubro de 2018.

TANGERINO, G.T. Sistema de Controle Embarcado para o Uso em Controle de Aplicação de Insumos Agrícolas à Taxa Variável. **Tese**, São Carlos, 2009.

TOURINO, M. C. C. Influência da velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja na precisão de semeadoras. 1993. **Dissertação** – Faculdade de Engenharia Agrícola. UNICAMP, Campinas, 1993.

WOLF, DENIS F.; OSÓRIO, FERNANDO S.; SIMÕES, E.; JUNIOR, O. T.; Intelligent Robotics: From Simulation to Real World Applications. São Carlos-SP: USP, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2018.