

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Antonio Robson Moreira

**AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DOSADORES NA DISTRIBUIÇÃO
LONGITUDINAL DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna
unguiculata* (L.) Walp)**

Santa Maria, RS
2018

Antonio Robson Moreira

**AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DOSADORES NA DISTRIBUIÇÃO
LONGITUDINAL DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof^o. Dr. Eng. Airton dos Santos Alonço

Santa Maria, RS
2018

Moreira, Antonio Robson
Avaliação de mecanismos dosadores na distribuição
longitudinal de sementes de feijão-caupi (*Vigna
unguiculata* (L.) Walp) / Antonio Robson Moreira.- 2018.
65 p.; 30 cm

Orientador: Airton dos Santos Alonço
Coorientadora: Catize Brandelero
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2018

1. Feijão-Caupi 2. Engenharia Agrícola 3. Semeadura I.
Alonço, Airton dos Santos II. Brandelero, Catize III.
Título.

Antonio Robson Moreira

**AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DOSADORES NA DISTRIBUIÇÃO
LONGITUDINAL DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado em 09 de março de 2018:

Airton dos Santos Alonço, Dr. Eng. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Vilnei de Oliveira Dias, Dr. (UNIPAMPA)

Valmir Werner, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

DEDICATÓRIA

À minha mãe **Maria de Nazaré** (*in memoriam*), meu pai **Julião Moreira** (*in memoriam*).

À minha companheira **Edjane Silva**.

À minha filha **Julia Roberta**, dedico.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, colaboraram para a conclusão deste estudo e, de maneira especial, agradeço:

Aos meus pais, **Maria de Nazaré Siqueira Ramos e Julião Moreira Ramos**, pela dedicação, incentivo, caráter, honestidade, humildade simplicidade, exemplo admirável de vida, dedicação à minha formação e por nunca duvidarem da minha capacidade.

À minha companheira **Edjane da Silva e Silva**, pelo companheirismo, amor, incentivo e apoio incondicional, sem os quais não seria possível concretizar este objetivo.

À minha filha, **Julia Roberta da Silva Moreira**, por cada sorriso, beijos e abraços em cada retorno para casa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), pelo apoio financeiro, oportunidade e ensinamentos.

Ao professor, orientador, amigo e colega, **Airton dos Santos Alonço**, pelas inúmeras oportunidades em minha carreira profissional, amizade, conselhos e ensinamentos, além de paciência nesses anos de convívio e de crescimento mútuo.

Ao amigo **Dutra Souza**, pelos conselhos, e pelo fornecimento das sementes de feijão-caupi, cultivar BRS imponente.

Aos amigos e colegas de laboratório **André Augusto Veit, Arthur de Lima Pires, Bruno Zart, Dauto Pivetta Carpes, Gabriel Chagas, Gessieli Possebom, Pablo do Amaral Alonço, Rafael Sobroza Becker, Sabrina Dalla Corte Bellochio, Tiago Gonçalves Lopes, Tiago Rodrigo Francetto e Vitor Pires Scherer**, pelo auxílio integral, amizade e estímulos.

À minha amiga e veterana de graduação **Lilian Oliveira**, pela recepção na cidade de Santa Maria.

À banca examinadora, composta pelos professores **Vilnei e Valmir**, pela colaboração, esforço e compreensão.

Enfim, a todos àqueles que fazem parte de minha vida e que são essenciais para eu ser, a cada dia nessa longa jornada, um ser humano melhor.

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

“Alguns dias definem sua vida para além da sua existência”

Autor desconhecido(a)

RESUMO

AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DOSADORES NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

Autor: Antonio Robson Moreira
Orientador: Airton dos Santos Alonço

O objetivo foi avaliar dois mecanismos dosadores de sementes pneumáticos e um de disco alveolado, em diferentes condições de inclinação transversal e velocidade de deslocamento, na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi. O experimento foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com parcelas subsubdivididas, contendo cinco blocos em arranjo fatorial (3x3x3) totalizando cento e trinta e cinco unidades experimentais, em que os tratamentos foram constituídos pelas combinações dos níveis dos seguintes fatores: dosadores de sementes (F1); inclinação transversal (F2) com três níveis, 11° grau para esquerda e para direita, além de nivelado (0° grau); velocidade de deslocamento (F3) com três níveis 1,38 metros por segundo ($m s^{-1}$), 1,67 $m s^{-1}$ e 1,94 $m s^{-1}$. As variáveis das respostas analisadas foram o percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, além do número de sementes dosadas por metro linear e precisão dos espaçamentos aceitáveis. Após a aquisição dos dados, os mesmos foram submetidos à análise estatística de variância e verificado a significância dos fatores através do teste F (ANOVA, $P < 0,01$). Ocorreu interação significativa do dosador (F1) com a inclinação transversal (F2) sobre todas as variáveis analisadas e do dosador com a velocidade de deslocamento (F3) sobre o percentual de aceitáveis, múltiplos, falhos e número de sementes por metro linear. Essa última variável, sofreu ainda, efeito de interação tripla. Os dosadores pneumáticos proporcionaram maior qualidade na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi. O dosador de disco alveolado apresentou redução significativa do número de sementes dosadas por metro, em função da variação da inclinação transversal e do aumento da velocidade. O dosador A (DA) obteve desempenho classificado como ótimo, o dosador B (DB) bom e o dosador C (DC) regular.

Palavras-chave: Engenharia Agrícola. Inclinação Transversal. Velocidade de Deslocamento. Mecanismos Dosadores de Sementes.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE METERING MECHANISMS IN THE LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF COWPEA SEEDS (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

Author: Antonio Robson Moreira
Advisor: Airton dos Santos Alonço

The objective was to evaluate two seed pneumatic metering mechanisms and one of a honeycomb disk in different conditions of cross slope and velocity of displacement in the longitudinal distribution of cowpea seeds. The experiment was carried out at the Research and Development Laboratory of Agricultural Machines (*LASERG*). Experimental design was randomized blocks with subdivided plots, containing five blocks in a factorial arrangement (3x3x3), totaling one hundred and thirty-five experimental units, in which the treatments were constituted by combinations of levels of the following factors: seed meterings (F1); cross slope (F2) with three levels, 11° degrees for left and right, besides leveled (0° degree); velocity of displacement (F3) with three levels: 1.38 meters per second (m s^{-1}), 1.67 m s^{-1} and 1.94 m s^{-1} . The variables of the responses analyzed were the percentage of acceptable, multiple and faulty spacings, besides the number of seeds per linear meter and accuracy of the acceptable spacings. After collecting data, they were submitted to statistical analysis of variance, and the significance of the factors was checked through the F-test (ANOVA, $P < 0.01$). There was significant interaction of the metering (F1) with the cross slope (F2) on all variables analyzed and the metering with the velocity of displacement (F3) on the percentage of acceptable, multiple, faulty and number of seeds per linear meter. This last variable was also affected by triple interaction. The pneumatic disk provided higher quality in the longitudinal distribution of cowpea seeds. The honeycomb disk presented a significant reduction in the number of seeds per meter due to the variation of the cross slope and the increase in velocity. Seed metering A obtained optimal performance; B, good and C, regular.

Keywords: Agricultural Engineering. Cross Slope. Velocity of displacement. Seed Metering Mechanisms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dosador de disco alveolado.....	26
Figura 2 - Dosador pneumático (pressão negativa)	27
Figura 3 - Bancada para ensaios de dosadores de sementes (BEDOSA)	32
Figura 4 - Esteira utilizada para deposição das sementes e simulação do deslocamento da semeadora	33
Figura 5 - Ventilador centrífugo	34
Figura 6 - Dosador A (DA).....	35
Figura 7 - Dosador B (DB).....	35
Figura 8 - Dosador C (DC)	36
Figura 9 - Tubo condutor A.....	37
Figura 10 - Tubo condutor B.....	38
Figura 11 - Eixos da semente de feijão-caupi, a (comprimento) b (largura) e c (espessura)	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da produção por classe de feijão, safra 2017/18 (em mil t) ..	20
Tabela 2 - Características dimensionais das sementes utilizadas nos ensaios	39
Tabela 3 - Densidade populacional (sementes ha ⁻¹) e espaçamento nominal (X _{ref}) para a cultura do feijão-caupi cultivar BRS imponente	42
Tabela 4 - Resultados da análise de variância para espaçamento entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos, sementes m ⁻¹ e precisão.....	44
Tabela 5 - Desdobramento de médias de aceitáveis (%) para interação dosador (F1) x inclinação (F2)	45
Tabela 6 - Desdobramento de médias de aceitáveis (%) para interação dosador (F1) x velocidade (F3)	46
Tabela 7 - Desdobramento de médias de múltiplos (%) para interação dosador (F1) x inclinação (F2)	47
Tabela 8 - Desdobramento de médias de múltiplos (%) para interação dosador (F1) x velocidade (F3).....	48
Tabela 9 - Desdobramento de médias de falhos (%) para interação dosador (F1) x inclinação (F2).....	49
Tabela 10 - Desdobramento de médias de falhos (%) para interação dosador (F1) x velocidade (F3).....	49
Tabela 11 - Médias de sementes m ⁻¹ para interação tripla, velocidade (F3) dentro de cada nível da interação dosador (F1) x inclinação (F2).....	50
Tabela 12 - Desdobramento de médias de precisão (%) para interação dosador (F1) x inclinação (F2)	51
Tabela 13 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de espaçamentos aceitáveis	61
Tabela 14 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de espaçamentos múltiplos	62
Tabela 15 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de espaçamentos falhos	63
Tabela 16 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias do número de sementes por metro linear.....	64
Tabela 17 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de precisão	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de variância
BEDOSA	Bancada para ensaio de mecanismo dosadores de sementes
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	Coeficiente de variação
DA	Dosador de sementes A
DB	Dosador de sementes B
DC	Dosador de sementes C
DMS	Diferença mínima significativa
DP	Desvio padrão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Exp.	Experimental
F1	Fator 1
F2	Fator 2
F3	Fator 3
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
F _c	F-calculado
h	hora
ISO	International Organization for Standardization
km	quilômetro
LASERG	Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
NEC	Número de espaçamentos observados na unidade experimental
ns	Não significativo
ONU	Organizações das Nações Unidas
Pr	P-valor
rpm	Rotações por minuto
Sem.	Sementes
SSD	Sistema de semeadura direta
UE	Unidade Experimental
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VP	velocidade periférica
X _{ref}	espaçamento médio de referência
BRS	Brasil sementes

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
<	menor
>	maior
Σ	somatório
\leq	menor ou igual
\geq	maior ou igual
°C	graus Celsius
g	grama
g kg ⁻¹	gramas por quilograma
ha	hectare
Hz	Hertz
kPa	kilopascal
m s	metro por segundo
m	metro
mm	mililitro
mm ²	milímetro quadrado
mm ³	milímetro cúbico
Ø	esfericidade
r	raio
Sem/m ⁻¹	sementes por metro linear
V	Volts
W	Watt
π	constante matemática - 3,1416...

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	HIPÓTESES.....	16
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	18
2.1	FEIJÃO-CAUPI NO BRASIL.....	18
2.2	PRODUÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	19
2.3	CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI.....	21
2.4	SEMEADORAS DE PRECISÃO.....	24
2.5	MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO.....	25
2.5.1	Dosadores de sementes tipo disco alveolado	26
2.5.2	Dosadores de sementes tipo pneumático	27
2.6	VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO	28
2.7	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	LOCAL.....	31
3.2	MATERIAL	31
3.2.1	Bancada para ensaios de dosadores de sementes (BEDOSA)	31
3.2.2	Esteira para deposição das sementes	32
3.2.3	Ventilador centrífugo	33
3.2.4	Mecanismos dosadores de sementes	34
3.2.5	Tubos condutores de sementes	37
3.2.6	Sementes	38
3.3	METODOLOGIA.....	40
3.4	TRATAMENTOS DOS DADOS.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A - MÉDIAS DA VARIÁVEL ESPAÇAMENTOS ACEITÁVEIS ...	61
	APÊNDICE B - MÉDIAS DA VARIÁVEL ESPAÇAMENTOS MÚLTIPLOS	62
	APÊNDICE C - MÉDIAS DA VARIÁVEL ESPAÇAMENTOS FALHOS	63
	APÊNDICE D - MÉDIAS DA VARIÁVEL NÚMERO DE SEMENTES POR METRO LINEAR	64
	APÊNDICE E - MÉDIAS DA VARIÁVEL PRECISÃO	65

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de feijão-caupi, cultura que há pouco tempo deixou de ser considerada de subsistência, graças à obtenção de cultivares com porte semiereto, o que viabilizou a colheita mecanizada e permitiu a expansão do cultivo para extensas áreas, despertando o interesse de grandes produtores. Além disso, preço, mercado e o clima favorável têm colaborado para o aumento da área destinada a essa cultura, nos principais estados produtores de grãos, tanto na primeira quanto na segunda safra, contribuindo dessa forma para acréscimo de produção de grãos dessa cultura, que representa hoje mais de 20 por cento (%) da produção nacional de feijão (CONAB, 2017).

Diante desse cenário de expansão, em termos da área cultivada e produção, da cultura do caupi, os produtores têm os implementos e as máquinas como um forte aliado no processo de produção agrícola, a exemplo do que já ocorre em áreas cultivadas com o milho e a soja. Dentre esses, a semeadora assume importante papel, pois é o equipamento responsável por dar destino apropriado a um dos principais insumos de uma propriedade produtora de grãos, que são as sementes, as quais devem ser depositadas no solo em quantidade e local adequado, sem causar danos a ponto de inibir sua germinação (KARAYEL & OZMERZI, 2007).

Em relação às semeadoras de precisão, que são as utilizadas para realizar a semeadura de culturas como milho, soja, girassol, algodão e feijão, entre outras culturas que possuem sementes graúdas, existem no mercado brasileiro um grande número de marcas e modelos, que utilizam basicamente dois tipos de mecanismos dosadores; os de disco vertical com sistemas de coleta, através de pressão negativa (vácuo), e os de disco alveolado horizontal (FRANCETTO, 2012).

A qualidade do processo de semeadura realizado por esses mecanismos pode contribuir para ganhos significativos em termos de produtividade das culturas, através do adequado estande de plantas por hectare e correto arranjo entre as mesmas (CRUS et al., 2016), o que proporciona a possibilidade de melhor aproveitamento da radiação solar interceptada (ANDRADE et al., 2002), água e nutrientes, facilitando, ainda, os tratos culturais, de forma que se tornem mais eficientes.

Existem um grande número de fatores que podem interferir na qualidade da semeadura, contudo, a velocidade de deslocamento recebe atenção especial, pois o

acréscimo tem como finalidade aumentar a capacidade operacional do conjunto trator-semeadora. No entanto, isso pode afetar, negativamente, a qualidade final do processo, comprometendo o estabelecimento inicial da cultura (IVANČAN et al., 2004) e resultando em decréscimo de produtividade (REYNALDO et al., 2016).

A inclinação transversal, representada na prática pelo relevo do solo, é outro importante fator no processo de semeadura a campo e que pode interferir, significativamente, no desempenho de mecanismos dosadores. Seus efeitos podem deteriorar a qualidade da distribuição longitudinal das sementes, como verificam Searle et al. (2008) em três dosadores pneumáticos para a cultura do milho.

A grande maioria dos estudos referentes à avaliação do desempenho de mecanismos dosadores de sementes é relacionada às culturas como; soja, milho, girassol e algodão, de forma que são escassas para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e ainda mais para o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Logo, este trabalho parte do pressuposto de que é necessário conhecer o comportamento dos mecanismos dosadores de sementes, em diversas condições de operação, relacionadas ao relevo e a velocidade de deslocamento, em culturas recentemente introduzidas no cenário de cultivo mecanizado, obtendo-se resultados benéficos e confiáveis para usuários e fabricantes.

Dessa forma, o objetivo geral do trabalho foi avaliar mecanismos dosadores de sementes com sistema pneumático e de disco alveolado horizontal, em diferentes condições de inclinação transversal e velocidade de deslocamento, na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi.

Os objetivos específicos compreendem a identificação de qual sistema proporciona melhor qualidade de distribuição longitudinal das sementes de caupi, assim como a verificação sobre o fato de apresentarem efeito de interação significativa com o ângulo de inclinação transversal, bem como da velocidade de descolamento e, em função, se ocorre a redução da qualidade final do processo de semeadura.

1.1 HIPÓTESES

- I. Se sistemas dosadores pneumáticos de disco vertical garantem maior qualidade na distribuição longitudinal de sementes de soja, milho, algodão e girassol, comparados aos sistemas dosadores de disco alveolado horizontal,

então, quando esses forem submetidos a realizar a semeadura do feijão-caupi, também proporcionarão maior qualidade.

- II. Se a inclinação transversal, representada na prática pelo relevo do solo, interfere na qualidade de semeadura, então, a variação desse fator tem influência significativa sobre a distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi, apresentando efeito de interação com o mecanismo dosador.
- III. Se a inclinação transversal, representada na prática pelo relevo do solo, interfere na qualidade de semeadura, então, a variação desse fator tem influência significativa sobre a distribuição longitudinal de sementes de feijão, apresentando efeito de interação com a velocidade de deslocamento.
- IV. Se a qualidade final do processo de semeadura sofre interferência significativa do aumento da velocidade de trabalho da semeadora, então, na medida em que ocorre acréscimo nesse fator, há uma diminuição na homogeneidade de distribuição de sementes, causando adição de múltiplos e falhos, em detrimento de aceitáveis, apresentando efeito de interação significativa com o mecanismo dosador.
- V. Se o aumento da velocidade de trabalho interfere negativamente na qualidade de distribuição de sementes do feijão-caupi, promovendo aumento de múltiplos e falhos, então, o acréscimo nesse fator não interfere significativamente no número de sementes por metro linear, independentemente do sistema dosador.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2016 como o Ano Internacional das Leguminosas (FAO, 2016). O objetivo foi chamar a atenção para esse grupo de alimentos ricos em proteínas, fibras, vitaminas, além de aminoácidos, e principalmente, os benefícios que o consumo dos legumes secos, pode trazer para saúde humana. Com os holofotes direcionados para elas, e várias ações coordenadas pela FAO, braço direito das Nações Unidas, focado em alimentação e agricultura, a expectativa foi de aumento considerável no consumo, algo favorável para agricultores e para o setor de máquinas agrícolas, pois o cultivo dessas espécies é altamente beneficiado pela mecanização.

Uma dessas leguminosas que vem ganhando destaque no cenário nacional é o feijão-caupi. Tradicionalmente cultivado nas regiões Norte e Nordeste por agricultores familiares e, mais recentemente, cultivado em outras regiões do Brasil, com destaque para a região Centro-Oeste, desta vez por grandes agricultores. A possibilidade de incorporar-se aos arranjos produtivos de soja, arroz e milho, especialmente na safrinha, aliado ao eficiente programa de melhoramento genético realizado pela EMBRAPA, viabilizou a obtenção de cultivares com arquitetura moderna e apta à colheita mecanizada, tornando possível a expansão do plantio para grandes áreas (FREIRE FILHO et al., 2011).

Características como ampla adaptabilidade ao clima tropical, baixo custo de produção, alta qualidade de grãos, alto valor nutritivo e regularidade da oferta em termos de quantidade e padronização do produto, têm despertado o interesse de comerciantes, agroindústrias e distribuidores, colaborando para a abertura de importantes mercados, inclusive no exterior (FREIRE FILHO et al., 2011).

2.1 FEIJÃO-CAUPI NO BRASIL

O Caupi é uma cultura que tem suas origens no continente africano e que, possivelmente, chegou ao Brasil em meados do século XVI, introduzido pelos colonizadores portugueses via estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). Autores como Gandavo (2002) relatam a existência de inúmeras espécies de feijões no Brasil, em 1568. Fato este também mencionado por Souza (1974), o qual menciona que no ano de 1587, uma grande variedade de feijões e favas eram cultivadas no estado da Bahia.

Nenhum dos autores relata com precisão quais espécies de feijões eram cultivados naquela época, porém, as evidências de que o feijão-caupi foi um desses, são fortes, uma vez que após a nomeação da Bahia como capital administrativa do Brasil em 1549, o comércio com o continente Africano foi bastante intenso (BARRACLOUG, 1995).

Do estado da Bahia, o caupi foi dispersado para o restante do país. No Piauí, estado que foi colonizado do continente em direção ao litoral, e certamente a comunicação e o comércio com o sertão nordestino eram limitados naquela época, pois o principal meio de transporte ocorria via marítima, encontram-se relatos do cultivo de feijão em 1697 (DIAS, 2008). Fato que confirma a hipótese de que houve uma intensa disseminação da cultura, apesar das dificuldades de transporte e comunicação, principalmente nos estados que compõem a região Nordeste, bem como, desses estados para as outras regiões do País.

Outro fato importante é o de que o caupi possui diversos nomes populares e isso, geralmente, confunde as pessoas. Desse modo, para diminuir dúvidas que possam existir, alguns dos nomes mais usados no Brasil são: feijão-macassa e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte e feijão-miúdo, na região Sul (FREIRE FILHO et al., 1983).

Ainda, na região Norte, há um tipo de feijão-caupi muito importante para a culinária local, chamado de manteiguinha, que tem grãos de cor creme, muito pequenos. Nos estados da Bahia e norte de Minas Gerais, o caupi é também chamado de feijão-gurutuba e feijão-catador. Além desses, há um tipo de grão que tem o tegumento branco com um grande halo preto, que é chamado de feijão-fradinho e pode ser encontrado nos estados de Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro. O feijão-fradinho é o preferido para o preparo do acarajé, comida típica do estado da Bahia, reconhecido em todo o Brasil, pelo seu sabor.

2.2 PRODUÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

No Brasil são cultivadas várias espécies de feijões. Porém, para efeito de levantamento técnico, somente são consideradas o *Phaseolus vulgaris* (L.) e o *Vigna unguiculata* (L.) Walp., feijão comum cores/preto e feijão-caupi, respectivamente, por serem as espécies mais importantes social e economicamente.

A produção do feijão-caupi concentra-se, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste, onde é cultivado tradicionalmente, por pequenos agricultores. No entanto, em meados da década passada, passou a ser cultivado também na região Centro-Oeste, com destaque para o estado do Mato Grosso, em cultivos altamente mecanizados, dessa vez por médios e grandes produtores de grãos (FREIRE FILHO et al., 2011).

O caupi é uma cultura de grande importância econômica para as regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde constitui uma fonte alimentar rica em proteínas, aminoácidos e fibras, além de gerar renda e emprego, tanto para populações rurais quanto urbanas (SINGH, 2007; FROTA et al., 2008; FREIRE FILHO et al., 2011).

Na década passada houve uma expansão considerável no consumo e, conseqüentemente, também, na área cultivada, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, com destaque para o período compreendido entre anos de 2005 a 2009, onde a área cultivada superou mais de 1 milhão de hectares e movimentou quase 700 milhões de reais (FREIRE FILHO et al., 2011).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2017/2018 (tabela 1), a produção nacional de feijão-caupi pode chegar a 660,9 mil toneladas, representando 20,4 % da produção nacional de feijão, caracterizando uma produção maior do que a produção nacional do feijão comum preto.

Tabela 1 - Estimativa da produção por classe de feijão, safra 2017/18 (em mil t)

Classe	1ª safra	2ª safra	3ª safra	Total
Comum cores	775,8	598,2	738,2	2112,2
Comum preto	319,5	195,1	9,8	524,4
Caupi	127,4	469,2	64,3	660,9
Total	1222,7	1262,5	812,3	3297,5

Fonte: Conab 2017.

A obtenção de cultivares com arquitetura moderna, como o BRS Guariba, lançado em 2004, permitiu a expansão do cultivo do caupi, antes restrito às pequenas propriedades e baseado na agricultura familiar, para médias e grandes propriedades produtoras de grãos do cerrado Brasileiro, e esse fator contribuiu dessa forma, para o aumento da área cultivada e, conseqüentemente, para a produção em termos

nacionais (FLEURY, 2016). Os implementos e as máquinas utilizadas no cultivo da soja foram facilmente adaptadas para as etapas da produção do caupi, contribuindo, portanto, para atrair ainda mais empreendedores do setor do agronegócio, conforme comenta Kaesel Damasceno, citado por Fleury (2016).

2.3 CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI

A precipitação pluviométrica e a temperatura do ar são elementos climáticos fundamentais para verificar a época adequada de implantação da cultura, que no caso do feijão-caupi, deve ocorrer em meados do período chuvoso de cada região para cultivares com ciclo médio (70 a 90 dias), ou nos dois últimos meses desse mesmo período no caso de cultivares com ciclo superprecoce (55 a 60 dias). Além desses, exercem influência sobre seu crescimento e desenvolvimento o fotoperíodo, o vento e a radiação solar (EMBRAPA, 2002).

Em termos de precipitação, o caupi apresenta maior limitação quanto à distribuição do que em relação à quantidade de chuvas. Regiões onde a precipitação pluviométrica encontra-se entre 250 e 500 milímetros (mm) são consideradas adequadas, já que a exigência mínima é de 300 mm, para produção sem necessidade de prática de irrigação (EMBRAPA, 2002), onde a maior demanda requerida ocorre na fase de desenvolvimento vegetativo (RODRIGUES DA SILVA, et al., 2016).

Em relação a temperatura, a faixa ótima considerada para o desenvolvimento pode variar de 18 a 34 °C, tendo em vista que temperaturas superiores a 34 °C podem prejudicar seu crescimento, promovendo ainda o abortamento de flores, afetado dessa forma o número final de vargens retidas, além do número de sementes por vargem (ELLIS et al., 1994; CRAUFURD et al., 1996a). Em contra partida, temperaturas inferiores a 19 °C, podem retardar o aparecimento de flores, aumentando dessa forma o ciclo da cultura (ROBERTS et al., 1978; SUMMERFIELD et al., 1978; LITTLETON et al., 1979; LEITE et al., 1997).

O fotoperíodo é outro fator climático importante, que pode exercer influência sobre o crescimento e o desenvolvimento de feijão-caupi, dependendo da cultivar (STEELE & MEHRA, 1980), afetando através da interação com a temperatura do ar, características como: crescimento, arquitetura da planta e desenvolvimento reprodutivo. Cultivares que apresentam sensibilidade ao fotoperíodo são consideradas de dias curtos, e no caso daquelas insensíveis ao fotoperíodo crítico, o

crescimento e desenvolvimento se dá apenas em função da temperatura (HADLEY et al., 1983; CRAUFURD et al., 1996b; CRAUFURD et al., 1996c).

No caso do vento, a incidência constante pode aumentar a demanda hídrica durante o ciclo produtivo, tornando as plantas mais sensíveis a períodos de estiagem, mesmo os mais curtos, podendo dessa forma vir a afetar sua produtividade (EMBRAPA, 2002).

A radiação solar é outro fator climático de grande importância, com atuação direta sobre o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro, uma vez que está diretamente relacionada com a taxa fotossintética das plantas (PROCÓPIO et al., 2003). No caso do feijão-caupi a maior necessidade térmica ocorre na fase de desenvolvimento vegetativo (TEXEIRA et al., 2015).

É uma cultura que pode ser cultivada em praticamente todos os tipos de solos, os quais devem apresentar teor regular de matéria orgânica, serem leves e profundos, arejados e com fertilidade média ou alta (EMBRAPA, 2002). Para aqueles solos que apresentam necessidade de correção da acidez, essa deve ser realizada com base na análise química do mesmo, e a aplicação deve ocorrer no mínimo dois meses antes da semeadura (EMBRAPA, 2002). Em condições em que o solo foi recentemente desmatado ou possui textura arenosa com baixo teor de matéria orgânica (menos de 10 g kg^{-1}), é recomendado realizar adubação de cobertura, quinze dias após a emergência das plantas (EMBRAPA, 2002).

A densidade ótima de semeadura é dada como o número de plantas capazes de explorar de forma eficaz os recursos oferecidos em uma determinada área de solo, sem excessos de competição intra ou interespecífica. De forma que o inadequado estande de plantas por área é um dos principais fatores relacionado a baixa produtividade do feijão-caupi. Os diferentes arranjos de plantas no caso de linhagens com porte mais ereto, promovem alterações morfológicas na planta, nos componentes de produção e no rendimento de grãos (BEZERRA et al., 2002).

Bezerra et al. (2009) estudando o efeito de diferentes densidades de plantas por hectare (ha), sobre as características do dossel e o rendimento de feijão-caupi com porte ereto, verificou que o incremento em densidade de plantas por hectare (ha), no caso da caupi, promove redução significativa do número de vargens por planta e produção de grãos por planta, porém, promove acréscimo na produtividade de grãos. Se tratando de cultivo mecanizado do caupi, a recomendação é que a semeadora seja

regulada para se obter de 10 a 12 plantas por metro linear, em linhas espaçadas de 50 centímetros (cm) a 60 cm entre si (EMBRAPA, 2016).

Sendo o feijão-caupi uma cultura considerada rústica, e de ampla adaptação a diferentes condições de clima e solo, esta sofre com o ataque de diferentes doenças, cuja ação promovem perdas em maior ou menor intensidade. Na região Nordeste do Brasil, a baixa produtividades pode ser atribuída a fatores ambientais, diferentes sistemas de cultivo, costume dos agricultores, baixo nível tecnológico, além da incidência de doenças (EMBRAPA, 2016b).

As doenças que acometem o caupi, a exemplo das pragas, também apresentam estreita relação entre sua prevalência e o ciclo fenológico da cultura. Existem doenças que incidem na fase inicial, outras durante a prefloração e floração, e existem aquelas que ocorrem um pouco antes da colheita. O conhecimento sobre a época de ocorrência destas, são importantes quando se visa a intervenção através de medidas de controle. A distribuição das doenças ao longo do ciclo fenológico da cultura do feijão-caupi pode ser verificada no quadro 1.

Quadro 1 - Fases fenológicas e prevalência das principais doenças que incidem sobre a cultura do feijão-caupi no Brasil

Fase fenológica	Germinação	Floração	Maturação/colheita	
Praga	Damping Off	Viroses, oídio, podridão do colo, podridão de fusário, murcha de fusário, murcha de esclerose, mela, nematoses	Viroses, cercospora, nematoses, podridão cinzenta do caule, carvão, murcha de fusário, mela, mancha café, oídio	Podridão das vargens, mela, cercospora, mancha café, oídio, podridão cinzenta do caule, murcha de fusário, nematose
Dias	0 - 5	35 - 45	55 - 65	80 - 90

Fonte: Embrapa, 2016b.

Dentro do processo de cultivo do feijão-caupi a colheita é uma das principais etapas, pois a qualidade final do produto, seja ele destinado a produção de sementes ou de grãos, depende de uma colheita bem sucedida e executada no momento adequado. A época considerada adequada se tratando de caupi, ocorre logo após as

vargens completarem a secagem, ou ponto de maturidade adequado, estágio R5 (CAMPOS et al., 2000).

Em pequenas propriedades, a colheita geralmente é feita vargem por vargem, onde em uma mesma lavoura são executadas de duas e três colheitas, nesses casos a qualidade é alta, já que são colhidas somente vargens que realmente estão no ponto de colheita. Em médias propriedades onde é praticada uma agricultura em nível empresarial, a colheita pode ser parcialmente mecanizada, onde as plantas são arrancadas ou ceifadas e enleiradas manualmente, ficando de sete a quinze dias no campo para perder umidade, e em seguida são recolhidas e trilhadas por uma máquina acoplada a um trator (EMBRAPA, 2002).

Em grandes propriedades, principalmente aquelas do cerrado brasileiro, a colheita é totalmente mecanizada. Onde são utilizados dessecantes para uniformizar a secagem da lavoura, e a colheita e debulha é feita através da utilização de colheitadeiras autopropelidas (EMBRAPA, 2002).

2.4 SEMEADORAS DE PRECISÃO

Semeadoras de precisão são definidas, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), como máquinas agrícolas encarregadas de distribuir no sulco de semeadura, as sementes, uma a uma ou em grupos, em linhas e em intervalos regulares, conforme densidade pré-estabelecida. Destacam-se entre os equipamentos agrícolas de maior importância, e um dos que mais sofreu transformações, devido a sua relevância no sistema de produção agrícola (BOLLER, 1990; FRANCETO et al., 2015). Apesar disso, o desenvolvimento das semeadoras foi lento, e passou a ser de fato evidente, a partir do momento em que se tornou indispensável à economia e à regularidade de distribuição dos fertilizantes e das sementes, tendo como principal benefício, a maior produtividade das culturas (PORTELLA, 1997).

Breece et al. (1975) e Kepner et al. (1978) comentam que para efetuar o processo de deposição das sementes em linha, esses equipamentos devem cumprir as seguintes etapas: efetuar a abertura de um sulco no solo; promover a dosagem apropriada das sementes; depositar em espaçamentos uniformes e em profundidade adequada as sementes no sulco semeadura; cobrir as sementes com o solo e

compactar o solo sobre a semente, o que permite o maior contato entre ambos, para facilitar a absorção de umidade.

Com o surgimento do sistema de semeadura direta (SSD), tornou-se indispensável executar, além das etapas supracitadas, o corte dos restos culturais expostos na superfície do solo, antes do processo de abertura do sulco de semeadura.

Com isso, os mecanismos de uma semeadora foram divididos por Murray et al. (2006), segundo a função que executam em: componentes de ataque inicial ao solo, de abertura do sulco e controle de profundidade e de dosagem e condução de sementes e fertilizantes.

A distância entre as sementes ou os grupos de sementes no sulco de semeadura, bem como a profundidade de semeadura, dependem de fatores como; tipo cultura, condições físico-químicas do solo e condições ambientais (PORTELLA, 1997).

Pinheiro Neto et al. (2008), destacam que as semeadoras de precisão, atualmente disponíveis no mercado, possuem mecanismos dosadores/distribuidores de sementes que atendem parcialmente os requisitos preestabelecidos, em função de diversos fatores. Entre os fatores que podem afetar o desempenho desses equipamentos, Kurachi et al. (1989) destacam: o nível de sementes no reservatório, as velocidades de deslocamento, a velocidade de operação do mecanismo dosador, as regulagens básicas do mecanismo e a posição do equipamento em relação ao solo.

Para Balastreire (1987), a precisão das semeadoras em realizar sua operação se dá, ainda: pelo tipo de mecanismo dosador, pela forma de acionamento, pelo sulcador e pelo mecanismo de cobertura da semente.

2.5 MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO

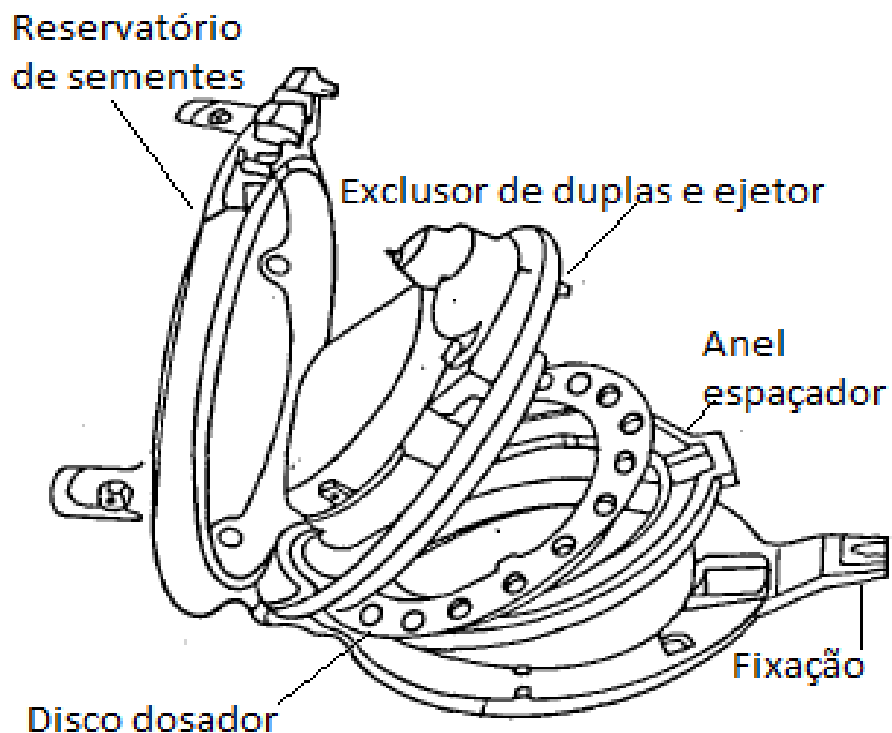
Segundo ABNT (1994), são mecanismos responsáveis por retirar do reservatório as sementes a serem distribuídas, uma a uma ou em grupos, sem danificá-las e distribuí-las no sulco de semeadura, conforme recomendações pré-estabelecidas para cada cultura. De forma geral, os mecanismos dosadores que equipam as semeadoras de precisão, disponíveis hoje no mercado, podem ser reunidos em dois grupos, que segundo Delafosse (1986) distinguem-se quanto à forma de dosagem das sementes, são eles: os mecanismos dosadores de disco alveolado e os mecanismos dosadores pneumáticos.

2.5.1 Dosadores de sementes tipo disco alveolado

De acordo com o levantamento realizado por Francetto (2012), a maioria das semeadoras disponíveis no mercado brasileiro é equipada com este tipo de mecanismo dosador, o caracterizando como o mais difundido (PORTELLA, 1997). Este dosador normalmente possui uma base fundida, a qual sustenta um eixo dotado de um pinhão e uma coroa de acionamento. O pinhão aciona a coroa, que por sua vez, aciona o dosador.

Os dosadores mecânicos são constituídos ainda por um disco perfurado, localizado no fundo de um reservatório, que capta as sementes em seus alvéolos ao realizar movimentos circulares sob a massa das mesmas, transportando-as até a abertura de saída, onde são ejetadas e, então, conduzidas por um tubo condutor até o sulco de semeadura (figura 1).

Figura 1 - Dosador de disco alveolado



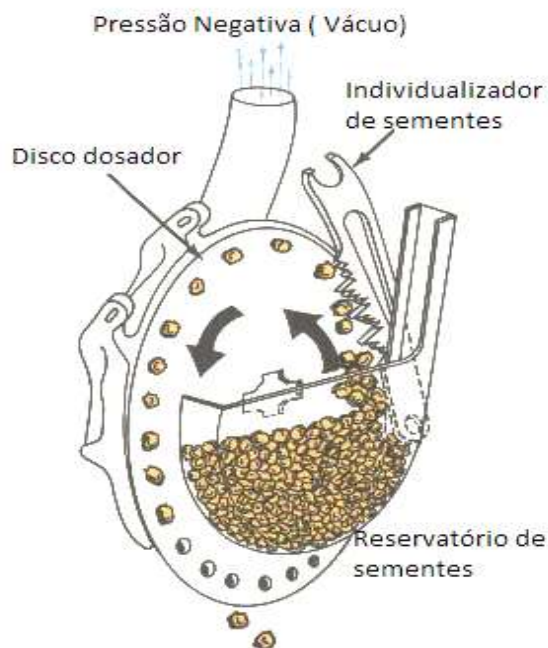
Os elementos acima citados podem apresentar diferentes configurações e materiais de constituição, variando de acordo com cada fabricante. A regulação desse tipo sistema é realizada através da troca dos discos alvéolados ou da relação de transmissão, aumentando ou diminuindo a rotação do disco (PORTELLA, 1997).

2.5.2 Dosadores de sementes tipo pneumático

Os mecanismos dosadores pneumáticos utilizam o ar como princípio de captação das sementes. São compostos por uma base que serve para o depósito das sementes e também para a sustentação do disco, que neste tipo de mecanismo normalmente é disposto de forma vertical e podem possuir uma, duas ou mais fileiras concêntricas de alvéolos, além de uma tampa que fecha o conjunto, deixando apenas a saída para as sementes dosadas (PORTELLA, 1997).

Neste caso, o ar é aspirado e as sementes são presas por pressão negativa (vácuo), liberadas quando o vácuo é neutralizado por um obturador ou quando o disco passa pela parte sólida da base (PORTELLA, 1997), (figura 2).

Figura 2 - Dosador pneumático (pressão negativa)



Além dos mecanismos dosadores pneumáticos com pressão negativa, existem outros que captam as sementes por pressão positiva, nesse caso as sementes são succionadas pelo lado interno do disco. As principais vantagens dos dosadores pneumáticos compreendem a maior precisão na dosagem de sementes e, praticamente, a ausência de danos físicos (PORTELLA, 1997).

2.6 VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO

A velocidade de deslocamento é considerada, por muitos autores, como um dos principais fatores que podem influenciar na uniformidade de distribuição das sementes no sulco de semeadura, além da cobertura das mesmas independentemente do tipo e marca da semeadora (NAGAOKA & NOMURA, 2003), a produtividade no caso da cultura do milho (NIELSEN, 1995), número de sementes por hectare, população final de plantas e profundidade de semeadura (OLIVEIRA et al., 2000).

Reis et al. (2007) avaliando uma semeadora-adubadora de disco alveolado na semeadura direta se soja, com velocidades de deslocamento de 3,8 quilômetros por hora (km h^{-1}), 7,7 km h^{-1} e 9,5 km h^{-1} . Concluíram que o aumento da velocidade de deslocamento da semeadora, de 3,8 km h^{-1} para 7,7 km h^{-1} , na semeadura da soja, proporciona aumento significativo no percentual de espaçamentos falhos, em semeadoras equipadas com mecanismo dosadores de disco alveolado horizontal.

Dias et al. (2009), estudando a distribuição de sementes de milho e soja, em diferentes densidades de sementes por metro, utilizando as velocidade de 3,5 km h^{-1} , 4,3 km h^{-1} , 5,5 km h^{-1} e 7,0 km h^{-1} para o milho, e 4,3 km h^{-1} , 5,5 km h^{-1} , 7,0 km h^{-1} e 11,00 km h^{-1} para a soja. Concluíram que o aumento da velocidade reduziu o percentual de espaçamentos aceitáveis entre as sementes para a cultura do milho, independentemente da densidade de plantas, porém, não reduziu significativamente, a densidade de semeadura para ambas as culturas estudadas.

Jasper et al. (2011) estudando a influência do aumento da velocidade de deslocamento sobre o processo de semeadura, realizado por semeadoras equipadas com mecanismos dosadores de disco alveolado horizontal e dosadores pneumáticos, na cultura da soja, nas velocidades de deslocamento 4,0, 6,0, 8,0, 10,0 e 12,0 km h^{-1} , observaram que, com o aumento da velocidade, ocorre aumento no número de

espaçamentos múltiplos e conseqüente redução de aceitáveis, para mecanismos dosadores pneumáticos.

Em relação a cultura do feijão, Rinaldi et al. (2010) em experimento a campo com semeadora-adubadora equipada com dosadores de disco alveolado em quatro velocidades de trabalho (3,0, 6,0, 9,0, 11,0 km h⁻¹), chegaram à conclusão de que a menor velocidade proporciona os melhores resultados, e a velocidade de trabalho utilizada apresenta influência sobre o estabelecimento inicial das plantas de feijão comum.

Reynaldo et al. (2017), avaliando semeadoras de precisão, uma equipada com dosador pneumático e outra com dosador alvéolado, na distribuição longitudinal de sementes de feijão comum, com velocidade de trabalho de 5,8 km h⁻¹, observaram os melhores resultados na semeadura executada pela semeadora equipada com dosador pneumático, porém, a variável produtividade da cultura foi semelhante para ambas as semeadoras.

Esses resultados reafirmam a importância do estudo da velocidade de deslocamento no processo de semeadura e a interação desse importante fator com outros, também de grande relevância, como: os mecanismos dosadores independentemente do sistema dosador, da densidade de sementes, dos tipos de sementes e da inclinação transversal.

2.7 INCLINAÇÃO TRANSVERSAL

A inclinação em relação ao solo destaca-se entre as variáveis que influenciam o desempenho dos mecanismos dosadores, é uma característica comum a todos os tipos de mecanismos, submetendo o conjunto da semeadora como um todo. É representada na prática pelo relevo do solo.

Essa variável pode ser simulada em laboratório por bancadas para ensaios de dosadores de sementes, conforme ABNT (1994). Estudos com o objetivo de verificar o quanto a inclinação pode interferir na precisão de mecanismos dosadores, são frequentes para culturas, como a soja e o milho. Contudo, são menos frequentes para o girassol, o algodão e o feijão.

Alonço et al. (2014a), submeteram três dosadores pneumáticos a três diferentes inclinações transversais, sendo 11° para esquerda e para a direita e nivelado (0°), conforme estabelece a norma ISO 7256/1 (1982), utilizando sementes

de soja. Nessa ocasião, existiam dosadores com reservatório de sementes do lado esquerdo e dosadores com reservatório do lado direito. Os piores resultados foram encontrados quando a inclinação proporcionou que a massa de sementes ficasse sobre o disco dosador, facilitando a captação e retenção pelo orifício do disco.

Em outro experimento, também realizado em laboratório, Alonço et al. (2014b) tiveram como objetivo avaliar a influência da inclinação transversal sobre o desempenho de diferentes dosadores pneumáticos, utilizando sementes de girassol e algodão. As inclinações utilizadas foram 11° para esquerda e direita comparadas a nivelada, os resultados mostraram que a variação na inclinação alterou a precisão dos espaçamentos entre sementes para a cultura do girassol e não alterou as variáveis estudadas para o algodão.

Recentemente Carpes et al. (2018), avaliou a qualidade da distribuição longitudinal de sementes de milho por um dosador apanhador com auxílio pneumático, submetido as inclinações estabelecidas pela norma ISO 7256/1. O método utilizado para avaliar a influência das inclinações sobre a qualidade da distribuição das sementes, foi o controle estatístico de qualidade (CEP), o processo manteve-se sob controle para todas as inclinações, porém, a inclinação 11° para a direita, proporcionou os resultado menos satisfatórios em relação a qualidade dos espaçamentos entre sementes.

Esses resultados reforçam a hipótese de a inclinação transversal exercer influência significativa sobre o desempenho das semeadoras e, conseqüentemente, dos mecanismos dosadores, sejam eles alveolados ou pneumáticos, independentemente da cultura. Exatamente por isso, ressalta-se a importância de haver mais estudos que a incluam como fonte de variação, sendo assim, possível quantificar sua influência e efeito de interação com outros fatores relevantes como a velocidade de deslocamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL

O experimento, objeto de pesquisa deste trabalho, foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), vinculado à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), posicionado, geograficamente, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul - Brasil, cujo centro geográfico corresponde às seguintes coordenadas geográficas: Latitude Sul 29° 72' 05", Longitude Oeste -53° 70' 32 " (Santa Maria - RS), durante os anos de 2016 a 2017.

3.2 MATERIAL

3.2.1 Bancada para ensaios de dosadores de sementes (BEDOSA)

Os ensaios foram realizados em laboratório, com o auxílio de uma bancada para ensaio de dosadores de sementes (figura 3), desenvolvida por Silveira et al. (2010) e Alonço et al. (2010). O equipamento, que permite o acoplamento e acionamento de diversos modelos de mecanismos dosadores de sementes, presentes em semeadoras de precisão disponíveis hoje no mercado, reproduz artificialmente as principais condições operacionais sob as quais o conjunto trator-semeadora é submetido em uma semeadura a campo.

Dentre essas condições, a inclinação transversal e/ou longitudinal é simulada na bancada através de pontos constituídos por rótulas, alteradas por cursos de parafusos, que servem, ainda, para aferir a inclinação desejada. O movimento de rotação necessário para acionar os mecanismos dosadores é produzido por um motor elétrico, com potência de 736 Watts (W), em seguida esse movimento é transmitido para um redutor de engrenagem com relação de 1:11, através de uma correia ligada a um par de polias (motora e movida) e, por último, transmitido ao eixo do mecanismo dosador, através de um cardam composto de juntas universais, o que viabiliza a ligação de eixos não concêntricos. O controle e o comando da rotação do disco dosador são realizados com o auxílio de um inversor de frequência CFW - 08, com entrada monofásica de 200 a 240 Volts (V).

Figura 3 - Bancada para ensaios de dosadores de sementes (BEDOSA)



Fonte: Autor.

3.2.2 Esteira para deposição das sementes

A deposição das sementes foi realizada sobre uma esteira de borracha com 17,5 metros (m) de comprimento e 0,15 m de largura, em formato de “V” (figura 4), que simula a velocidade de deslocamento da semeadora. Essa esteira é revestida com feltro de forração agulhado vertical, com 3 milímetro (mm) de altura, de fibra de poliéster, mesmo material utilizado para trabalho com dosadores de discos horizontais por Jasper et al. (2009) e Alonço et al. (2014a).

Para o acionamento é utilizado um motor elétrico trifásico de indução assíncrono de 2208 W, acionado por um inversor de frequência CFW – 10, com entrada monofásica de 200 a 240 Volts (V). Para a contagem dos espaçamentos entre sementes foi utilizada uma fita métrica, posicionada paralelamente a esteira.

Figura 4 - Esteira utilizada para deposição das sementes e simulação do deslocamento da semeadora



Fonte: Autor.

3.2.3 Ventilador centrífugo

Para gerar a pressão negativa, necessária para captar as sementes pelo orifício do disco dosador, em sistemas pneumáticos de dosagem de sementes, foi utilizado um ventilador centrífugo Matermacc^{®1} (figura 5), que por sua vez, é acionado por motor elétrico de indução trifásico com 3677,6 W de potência, a 3600 rotações por minuto (rpm).

O volume de ar aspirado, que gera a pressão negativa (vácuo), é conduzido à câmara de vácuo do dosador, por meio de uma mangueira flexível com 50 mm de diâmetro. O controle de vácuo é estabelecido por um vacuômetro, de acordo com a

¹ A citação de marcas comerciais não implica em recomendação ou não das mesmas pelo autor.

recomendação de cada fabricante, e a alteração de pressão é feita através de uma válvula de alívio de pressão, o que permite a utilização de diferentes pressões de trabalho.

Figura 5 - Ventilador centrífugo



Fonte: Autor.

3.2.4 Mecanismos dosadores de sementes

Foram utilizados três dosadores, sendo dois deles com disco vertical e princípio de coleta de sementes a vácuo (pressão negativa) e um de disco alvéolado horizontal. O primeiro dosador (DA) foi o da marca Precision Planting®, o segundo (DB) da marca Jumil® e o terceiro (DC) de marca Stara®, figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

Figura 6 - Dosador A (DA)



Fonte: Autor.

Figura 7 - Dosador B (DB)



Fonte: Autor.

Figura 8 - Dosador C (DC)



Fonte: Autor.

As características dos dosadores utilizados nos ensaios, tais como pressão de trabalho, no caso de dosadores pneumáticos, diâmetro do disco, número de orifícios dos discos, número de fileiras e diâmetro dos orifícios, estão descritos no quadro 2.

Quadro 2 - Características dos dosadores de sementes avaliados

(continua)

Dosador pneumático (DA)	
Pressão de trabalho (kPa)	-6,5
Diâmetro do disco (m)	0,173
Número de orifícios do disco	32
Número de fileiras	1
Diâmetro do orifício (mm)	5,33
Dosador pneumático (DB)	
Pressão de trabalho (kPa)	-5,5
Diâmetro do disco (m)	0,245
Número de orifícios do disco	45
Número de fileiras	1
Diâmetro do orifício (mm)	4,5

Quadro 2 - Características dos dosadores de sementes avaliados

(conclusão)

Dosador mecânico (DC)	
Diâmetro do disco (m)	0,190
Número de orifícios do disco	40
Número de fileiras	1
Diâmetro do orifício (mm)	14x9

Fonte: Autor.

3.2.5 Tubos condutores de sementes

Os tubos condutores de sementes utilizados foram: o tubo A, para os dosadores A e C (DA e DC) e o tubo B, para o dosador B (DB), figura 9 e 10 respectivamente, devido as diferentes configurações dos dosadores de sementes. O condutor A possui as seguintes características: comprimento de 0,467 m; ângulo de entrada de sementes com zero grau (0°); ângulo de saída de sementes $36,56^\circ$; medidas do orifício de entrada de sementes 0,053x0,035 m; medidas do orifício de saídas das sementes 0,036x0,015 m. O tubo B possui as seguintes características: comprimento de 0,450 m; ângulo de entrada de sementes com zero grau (0°); ângulo de saída de sementes $36,56^\circ$; medidas do orifício de entrada de sementes 0,048x0,095 m; medidas do orifício de saídas das sementes 0,026x0,045 m.

Figura 9 - Tubo condutor A



Fonte: Autor.

Figura 10 - Tubo condutor B



Fonte: Autor.

3.2.6 Sementes

Foram utilizadas sementes de feijão caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp cultivar BRS imponente. As características dimensionais como o comprimento (a), a largura (b) e a espessura (c) (figura 11) foram mensuradas com paquímetro digital de precisão de 0,01 mm, em amostras compostas de 50 sementes (YAZGI & DEGIRMENCIOLU, 2007). Também foi determinada: massa de mil sementes, circularidade, perímetro, área, volume, além da esfericidade pela expressão sugerida por Karayel et al. (2004), conforme equações 1, 2, 3, 4, 5, respectivamente:

Figura 11 - Eixos da semente de feijão-caupi, a (comprimento) b (largura) e c (espessura)



Fonte: Autor.

$$C(\%) = \left(\frac{b}{a}\right) \times 100 \quad (1)$$

$$P(\text{mm}) = 2\pi \times \left(a + \frac{2}{2}\right) \quad (2)$$

$$A(\text{mm}^2) = \pi \times a \times b \quad (3)$$

$$V(\text{mm}^3) = \frac{4}{3} \pi \times a \times b \times c \quad (4)$$

$$\emptyset(\%) = \left(\sqrt[3]{\frac{a \times b \times c}{a}}\right) \times 100 \quad (5)$$

Onde:

C é a circularidade em percentagem (%)

P é o perímetro em milímetros (mm),

A é a área em milímetros quadrados (mm²),

V é o volume em milímetros cúbicos (mm³),

∅ é a esfericidade das sementes em percentagem (%)

π=3,1416...

As características dimensionais são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Características dimensionais das sementes utilizadas nos ensaios

Variável	Feijão	
	Média	Desvio Padrão (%)
Comprimento (mm)	12,49	0,86
Largura (mm)	7,65	0,70
Espessura (mm)	6,59	0,42
Massa de 1000 sementes (g)	383,5	-
Circularidade (%)	61,22	-
Perímetro (mm)	84,70	-
Área (mm ²)	300,02	-
Volume (mm ³)	2629,61	-
Esfericidade (%)	68,82	-

Fonte: Autor.

3.3 METODOLOGIA

O delineamento experimental utilizado compreende o de blocos casualizado, com parcelas subsubdivididas, contendo cinco blocos em arranjo fatorial (3x3x3), totalizando cento e trinta e cinco unidades experimentais, em que os tratamentos foram constituídos das combinações dos níveis dos seguintes fatores: dosadores de sementes (F1), com três níveis, conforme descritos anteriormente; inclinação transversal (F2), com três níveis, sendo definidas de acordo com a norma ISO:7256/1 (1982) como, 11° graus para esquerda, nivelado (0° graus) e 11° graus para a direita, tendo como referência o sentido de deslocamento; velocidade de deslocamento (F3), com três níveis: 1,38 metros por segundo ($m s^{-1}$), 1,67 $m s^{-1}$ e 1,94 $m s^{-1}$, conforme o quadro 3.

Quadro 3 - Descrição resumida dos tratamentos

(continua)

Tratamentos	Inclinação transversal (F2)	Dosador (F1)	Velocidade $m s^{-1}$ (F3)
1	11° (Esquerda)	DA	1,38
2			1,67
3			1,94
4		DB	1,38
5			1,67
6			1,94
7		DC	1,38
8			1,67
9			1,94
10	Nivelado	DA	1,38
11			1,67
12			1,94
13		DB	1,38
14			1,67
15			1,94
16		DC	1,38
17			1,67
18			1,94
19	11° (Direita)	DA	1,38
20			1,67
21			1,94
22		DB	1,38
23			1,67

Quadro 5 - Descrição resumida dos tratamentos

(conclusão)

24	11° (Direita)	DB	1,94
25		DC	1,38
26			1,67
27			1,94

Fonte: Autor.

A configuração aplicada aos inversores de frequência, que realizaram o controle da rotação dos mecanismos dosadores (F1) e da esteira que simula a velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora, estão descritas no quadro 4.

Quadro 4 - Configurações aplicadas a bancada, esteira e dosador de sementes. Frequências em Hertz (Hz); rotação por minuto (rpm) do disco dosador; velocidade periférica do disco dosador ($m s^{-1}$); velocidade de deslocamento (F3); semente por m^2 ; população por hectare

Dosador A (DA)						
Dosador (Hz)	Rotação (rpm)	Velocidade periférica ($m s^{-1}$)	Esteira (Hz)	Velocidade ($m s^{-1}$)	Semente m^{-2}	Densidade ha^{-1}
642,00	31,25	0,28	15,00	1,38	12	200000
758,40	37,50	0,34	17,50	1,66		
900,00	43,75	0,39	20,50	1,94		
Dosador B (DB)						
Dosador (Hz)	Rotação (rpm)	Velocidade periférica ($m s^{-1}$)	Esteira (Hz)	Velocidade ($m s^{-1}$)	Semente m^{-2}	Densidade ha^{-1}
384,00	22,22	0,29	15,00	1,38	12	200000
465,00	26,67	0,34	17,50	1,66		
550,20	31,11	0,40	20,50	1,94		
Dosador C (DC)						
Dosador (Hz)	Rotação (rpm)	Velocidade periférica ($m s^{-1}$)	Esteira (Hz)	Velocidade ($m s^{-1}$)	Semente m^{-2}	Densidade ha^{-1}
1005,00	25,00	0,24	15,00	1,38	12	200000
1255,00	30,00	0,28	17,50	1,66		
1605,00	35,00	0,33	20,50	1,94		

Fonte: Autor.

As frequências e rotações para os discos dos dosadores de sementes foram feitas, levando em consideração a densidade de semeadura recomendada para a cultura, espaçamento entre linhas, número de alvéolos do disco, diâmetro do disco e velocidade de deslocamento. As velocidades periféricas foram calculadas pela equação 6.

$$VP = \left(\frac{RPM \times 2\pi r}{60} \right) \quad (6)$$

Onde:

VP: velocidade periférica do disco do mecanismo dosador ($m s^{-1}$);

RPM: velocidade angular do eixo motriz, obtido com tacômetro digital;

r : raio do centro do eixo motriz ao centro da linha de orifícios do disco (m);

π : constante matemática 3,1416...

Foi realizada a medição de 250 espaçamentos entre sementes em cada unidade experimental, conforme estabelece a norma ISO 7256/1 (1982) para ensaios com sementes graúdas.

Os valores numéricos dos espaçamentos foram digitados em planilhas confeccionadas em *Software Microsoft Excel*[®] para classificação em aceitáveis (aqueles entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento médio de referência X_{ref}), múltiplos (menores que 0,5 vezes o X_{ref}) e falhos (maiores que 1,5 vezes o X_{ref}), onde o X_{ref} corresponde aos espaçamentos teóricos entre sementes usualmente utilizados para cada cultura ABNT (1994), com base na recomendação do número de sementes por metro linear, no caso do feijão-caupi cultivar BRS imponente, descritos na Tabela 3, a partir da recomendação da Embrapa.

Tabela 3 - Densidade populacional (sementes ha^{-1}) e espaçamento nominal (X_{ref}) para a cultura do feijão-caupi cultivar BRS imponente

Densidade		Espaçamentos				
Densidade	Sementes	Entre linhas	Nominal (X_{ref})	Aceitável	Múltiplo	Falho
ha^{-1}	m^{-1}	(m)	(m)			
200000	12	0,6	0,0833	0,0417 a 0,1250	<0,0417	>0,1250

Fonte: Embrapa 2016a.

A precisão, é a variável resposta que mede a variabilidade dos espaçamentos entre sementes classificados como aceitáveis, ou seja, é o coeficiente de variação dos espaçamentos que ficaram dentro do intervalo de aceitáveis. Essa variável difere do coeficiente de variação usual, por usar o espaçamento nominal (X_{ref}) como denominador no lugar da média da amostra (Kachman & Smith, 1995), e é calculada pela equação 7. O número de sementes por metro (sem/m) é a quantidade média de sementes por metro linear de cada unidade experimental, dada pela equação 8.

$$Precisão = \left(\frac{DP}{X_{ref}} \right) \times 100 \quad (7)$$

$$sem/m = \left(\frac{NEC}{\sum Exp.UE} \right) \div 100 \quad (8)$$

Onde:

Precisão é dada em %;

DP é o desvio padrão dos espaçamentos classificados como aceitáveis;

X_{ref} é o espaçamento teórico nominal.

Sem/m é o número de sementes por metro linear da unidade experimental;

NEC é o número de espaçamentos observados na unidade experimental, segundo ABNT para sementes graúdas é 250;

$\sum Esp.UE$ é o somatório de todos os 250 espaçamentos coletados na unidade experimental.

3.4 TRATAMENTOS DOS DADOS

Os dados foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett ($Pr < 0,05$) para testar a aderência dos resíduos à distribuição normal e identificar a condição de homogeneidade das variâncias. Constatada a condição de normalidade e homogeneidade, procedeu-se a análise de variância (ANOVA, $P < 0,01$), para verificar se houve interação entre os fatores sobre as variáveis dependentes, realizada no *Software Sisvar*[®], Versão 5.3 beta (FERREIRA, 2010). Tabelas de interações foram gerados no *Software Microsoft Excel*[®]

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância estão expostos na tabela 4. Ocorreu interação significativa do dosador (F1), com a inclinação transversal (F2) sobre todas as variáveis analisadas, também houve interação do dosador com a velocidade de deslocamento (F3), sobre o percentual de aceitáveis, múltiplos, falhos e número de sementes por metro linear. Essa última variável resposta sofreu, ainda, efeito de interação tripla.

Tabela 4 - Resultados da análise de variância para espaçamento entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos, sementes m⁻¹ e precisão

	Variáveis				
	Aceitáveis (%)	Múltiplos(%)	Falhos (%)	Sem/m	Precisão(%)
FV	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
Dosadores (F1)	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Inclinação (F2)	-	-	-	-	-
Velocidade (F3)	-	-	-	-	-
F1 x F2	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0015**
F1 x F3	0,0000**	0,0012**	0,0000**	0,0000**	0,4781 ^{ns}
F2 x F3	0,5047 ^{ns}	0,0556 ^{ns}	0,2581 ^{ns}	0,0001**	0,4089 ^{ns}
F1 x F2 x F3	0,9259 ^{ns}	0,3976 ^{ns}	0,2745 ^{ns}	0,0000**	0,1502 ^{ns}
Erro					
CV 1 (%)	4,77	14,01	24,09	2,07	4,74
CV 2 (%)	3,93	14,57	17,58	1,77	4,28
CV 3 (%)	4,24	17,80	14,19	1,80	4,31
Media Geral	76,08	12,24	11,67	11,70	23,76

**Significativo a 1% de probabilidade de erro (Pr≤0,01); ^{ns} Não significativo (Pr>0,05).

O desdobramento do percentual de espaçamentos classificados como aceitáveis para interação dosador (F1) com a inclinação (F2), está apresentado na tabela 5. O dosador DA manteve-se, estatisticamente, melhor em analogia aos demais, dentro de cada nível de inclinação, preservando percentual superior a 90 % quando essa foi para a esquerda, porém, mostrou redução significativa quando operou em inclinação 11° para a direita. Resultado que corrobora com o obtido por Alonço et al. (2014a) trabalhando com soja, no sentido de que a inclinação 11° para a direita, proporciona uma melhor condição de contato entre a semente e o disco, isso ocorre para aqueles dosadores que possuem reservatório do lado direito, com base na

referência do sentido de deslocamento do conjunto trator-semeadora, o que favoreceu, dessa forma, a fixação da mesma no orifício do disco e, em função disso, a possibilidade de comprometer o funcionamento do mecanismo raspador.

O dosador DB ocupou posição intermediária em comparação aos demais, com percentuais estatisticamente inferiores ao DA e superiores a DC e apresentou incremento significativo de aceitáveis, quando operou na inclinação para a direita, dessa vez, contrapondo ao trabalho de Alonço et al. (2014a). A possível dificuldade de exclusão pode ter sido amenizada, devido ao fato de as sementes de feijão-caupi cultivar BRS imponente apresentarem maiores dimensões, comparadas às de soja, facilitando a exclusão pelo mecanismo raspador desse mecanismo, na inclinação 11° para a direita.

O dosador DC proporcionou os menores valores de percentual de espaçamentos aceitáveis entre os dosadores analisados. Diferindo, estatisticamente, de ambos, dentro de todas as inclinações estudadas e mostrou redução significativa, quando operando em inclinação para a direita. Mesmo quando trabalhando nivelado, o DC obteve média inferior a recomendada para semeadoras equipadas com esse tipo de mecanismo, que é de 60 % (COELHO, 1996). Rinaldi et al., (2010), avaliando uma semeadora adubadora de disco horizontal na semeadura de feijão, encontraram 51,81 % de aceitáveis, visto que apontaram semelhança com os resultados obtidos no presente trabalho.

Tabela 5 - Desdobramento de médias de aceitáveis (%) para interação Dosador (F1) x Inclinação (F2)

Dosadores (F1)	Inclinação (F2)		
	11° esquerda	0° nivelado	11° direita
DA	91,89aA	93,92aA	87,15aB
DB	81,52bAB	80,32bB	83,81bA
DC	57,31cA	56,77cA	52,05cB

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 2,91; DMS para linha = 2,91.

As médias de aceitáveis para a interação dosador (F1) com a velocidade de deslocamento (F3), estão apresentados na tabela 6. O dosador DA manteve-se, estatisticamente, superior aos demais, dentro de todas as velocidades estudadas,

seguido pelo dosador DB. Desempenho superior de sistemas dosadores de sementes pneumáticos, em comparação ao de disco alveolado horizontal, também foi evidenciado por Tourino et al. (2007) e Pinheiro Neto et al. (2008) ambos trabalharam com a cultura da soja e, mais recentemente, por Reynaldo et al. (2017) com o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), em que o primeiro sistema também proporcionou maiores percentuais de aceitáveis.

O aumento da velocidade proporcionou redução significativa no percentual de aceitáveis em todos os dosadores, em que o DC mostrou-se mais sensível ao incremento da velocidade, em relação aos demais. Resultado que reafirma os obtidos por Rinaldi et al. (2010) e Jasper et al. (2011), os quais verificaram redução significativa de aceitáveis com o aumento da velocidade de semeadura.

Isso pode ser explicado devido à relação diretamente proporcional da velocidade de deslocamento com a velocidade periférica do disco do mecanismo dosador, visto que, quanto maior a velocidade de deslocamento, maior a velocidade periférica requerida, reduzindo dessa forma o tempo de exposição da semente ao orifício/alvéolo captador (TOURINO et al., 2007). Portanto, são mais sensíveis a esse efeito, os dosadores de disco alveolado horizontal (DIAS et al., 2014).

Tabela 6 - Desdobramento de médias de aceitáveis (%) para interação Dosador (F1) x Velocidade (F3)

Dosadores (F1)	Velocidade m s ⁻¹ (F3)		
	1,38	1,66	1,94
DA	92,72aA	90,88aAB	89,36aB
DB	87,09bA	82,29bB	76,27bC
DC	64,13cA	54,91cB	47,09cC

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 2,91; DMS para linha = 2,91.

O desdobramento da interação do dosador (F1), com a inclinação (F2) sobre os espaçamentos múltiplos (tabela 7), mostra que o dosador DA apresentou médias estatisticamente menores do que o DB e DC, dentro de cada inclinação, porém, teve seu desempenho prejudicado quando operando em 11° para a direita, devido ao fato de favorecer a captação e fixação das sementes sobre o orifício do disco, dificultando,

possivelmente, a ação do exclusor de duplos, de forma que promova, então, o aumento de múltiplos em detrimento dos aceitáveis.

É importante ressaltar que a ocorrência da perda de qualidade na semeadura, não pode ser somente atribuída à ineficiência dos mecanismos (capturar mais de uma ou nenhuma semente por célula). A interação semente-tubo condutor pode alterar a trajetória e, conseqüentemente, o tempo de descarga da mesma, causando a alteração da sua posição no sulco, de forma a acarretar em espaçamentos múltiplos ou falhos (TOURINO et al., 2007; CARPES, 2014).

O dosador DB não teve o percentual de múltiplos influenciado pela inclinação, enquanto o DC, trabalhando de forma nivelada, apresentou média estatisticamente maior, comparada àquelas alcançadas quando operando em quaisquer das inclinações. Possivelmente, as inclinações promoveram o contato imediato das sementes com a parede lateral do tubo condutor, após serem excluídas dos alveolos, isso possibilitou o escoamento suave das mesmas e atenuou, dessa forma, o efeito de ricocheteamento (choque com as paredes do tubo), promovido pelo ângulo de entrada, de forma que possa atrasar o tempo de descarga. Outra causa pode ter sido o posicionado inadequado do condutor, intensificando o ângulo de entrada e, conseqüentemente, o ricocheteamento.

Carpes (2014), avaliando o efeito de diferentes tubos condutores sobre qualidade da semeadura de soja e milho, analisou um condutor com características semelhantes aos utilizados no DA e DC. Demonstrou que esse ocasionou maior percentagem de múltiplos para a cultura do milho, cujo resultado foi atribuído ao repique promovido por causa do ângulo de entrada.

Tabela 7 - Desdobramento de médias de múltiplos (%) para interação Dosador (F1) x Inclinação (F2)

Dosadores (F1)	Inclinação (F2)		
	11° esquerda	0° nivelado	11° direita
DA	4,61aA	3,31aA	7,04aB
DB	9,87bA	10,91bA	10,05bA
DC	19,89cA	23,60cB	20,91cA

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 1,58; DMS para linha = 1,58.

A tabela 8 apresenta os resultados para o desdobramento da interação significativa do dosador (F1), com a velocidade de deslocamento (F3) sobre o percentual de múltiplos. Entre os dosadores dentro, de cada nível de velocidade, o DA obteve os melhores resultados, seguido por DB e, por último, DC. O aumento da velocidade teve efeito negativo sobre o desempenho de todos os dosadores, promovendo incremento de múltiplos. No entanto, o DA mostrou-se mais estável à elevação desse fator, visto que não apresentou acréscimo significativo quando semeando a $1,94 \text{ m s}^{-1}$ em comparação a $1,66 \text{ m s}^{-1}$.

O aumento significativo de múltiplos com o aumento da velocidade é um resultado que contrapõe o obtido por Castela Junior et al. (2014), os quais não encontraram interferência significativa da velocidade sobre o percentual de múltiplos. Nesse sentido, corroboram Machado & Reynaldo (2017), que relataram o aumento dessa variável em função do incremento de velocidade.

Tabela 8 - Desdobramento de médias de múltiplos (%) para interação Dosador (F1) x Velocidade (F3)

Dosadores (F1)	Velocidade m s^{-1} (F3)		
	1,38	1,66	1,94
DA	4,08aA	5,07aAB	5,81aB
DB	7,28bA	10,56bB	12,99bC
DC	17,97cA	22,32cB	24,11cC

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 1,58; DMS para linha = 1,58.

Na tabela 9, são apresentadas as médias de espaçamentos falhos para o desdobramento da interação dosador (F1) com a inclinação (F2). O dosador DA assegurou maior qualidade na distribuição de sementes, pois apresentou as menores médias de falhos dentro de todas as inclinações. Porém, evidenciou também o aumento significativo quando operando na inclinação 11° para a direita.

Esse dosador teve comportamento semelhante quanto à incidência de falhos e múltiplos, em que a inclinação para a direita proporcionou declínio na qualidade de semeadura, através do incremento significativo dessas variáveis. Reforçando a ideia de que a redução da qualidade de semeadura não pode ser somente atribuída à ineficiência de funcionamento de componentes, mas, também, à interação da semente

com o condutor, em que a inclinação atuaria, intensificando ou amenizando essa interação.

O dosador DB, por sua vez, reagiu de forma inversa à alteração da inclinação, mostrando redução significativa quando operando na inclinação para a direita, enquanto, o dosador DC apresentou os melhores resultados operando nivelado.

Tabela 9 - Desdobramento de médias de falhos (%) para interação Dosador (F1) x Inclinação (F2)

Dosadores (F1)	Inclinação (F2)		
	11° esquerda	0° nivelado	11° direita
DA	3,49aA	2,77aA	5,81aB
DB	8,61bB	8,77bB	6,13aA
DC	22,80cB	19,63cA	27,04bC

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 2,12; DMS para linha = 2,12.

O desdobramento da interação dos dosadores (F1), com a velocidade (F3), sobre os espaçamentos falhos tabela 10, mostra que o dosador DA também atingiu os melhores resultados para esta variável, apresentando médias, estatisticamente, inferiores aos demais, sem sofrer influência significativa do incremento da velocidade.

Tabela 10 - Desdobramento de médias de falhos (%) para interação Dosador (F1) x Velocidade (F3)

Dosadores (F1)	Velocidade m s ⁻¹ (F3)		
	1,38	1,66	1,94
DA	3,20aA	4,05aA	4,82aA
DB	5,63bA	7,15bA	10,75bB
DC	17,89cA	22,77cB	28,80cC

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 2,12; DMS para linha = 2,12.

Como os dosadores DB e DC apresentaram aumento significativo de falhos com o incremento da velocidade, esse resultado corrobora com Dias et al. (2014), que submeteram dosadores pneumáticos e de disco perfurado horizontal a diferentes

velocidades periféricas e encontraram relação positiva linear dessa variável com a adição de velocidade de deslocamento.

Em relação ao número de sementes por metro linear (sem/m), o desdobramento da interação tripla da velocidade (F3), dentro de cada nível de combinação do dosador (F1), com a Inclinação (F2), (tabela 11), mostra que somente o dosador DC foi influenciado, significativamente, pela mudança no nível de velocidade e inclinação transversal, visto que houve redução significativa no número de sementes dosadas por metro linear, quando operando na maior velocidade, mesmo quando nivelada, sendo esse efeito potencializado pelas duas inclinações.

Esse resultado expressa a perda de qualidade da semeadura com o aumento da velocidade, que exige maior velocidade periférica, o que reduz, dessa forma, o tempo de exposição da semente ao orifício captador. Isso diminui, também, o índice de enchimento e frequência de dosagem de sementes (BAYNER et al. (1955), estes evidenciaram como principais consequências, o menor percentual de espaçamentos aceitáveis e o maior percentual de falhos na linha de semeadura.

Tabela 11 - Médias de sementes m^{-1} para interação tripla, Velocidade (F3) dentro de cada nível da interação Dosador (F1) x Inclinação (F2)

Dosadores (F1) / Velocidade $m s^{-1}$ (F3)	Inclinação (F2)			
	11° esquerda	0° nivelado	11° direita	
DA	1,38	11,98 a	12,00 a	11,96 a
	1,66	11,95 a	11,92 a	12,00 a
	1,94	11,96 a	12,04 a	12,01 a
DB	1,38	12,02 a	12,07 a	12,21 a
	1,66	12,14 a	12,37 a	12,39 a
	1,94	11,88 a	12,25 a	12,27 a
DC	1,38	11,46 a	11,93 a	11,10 a
	1,66	10,97 b	11,89 a	10,47 b
	1,94	10,11 c	11,38 b	9,06 c

Médias não seguidas de mesma letra na coluna, diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. DMS = 0,34.

O índice de precisão dos espaçamentos, classificados como aceitáveis, proporcionado pelos dosadores, não extrapolou o limite prático, estabelecido por Kachman & Smith (1995), que é de 29%, (tabela 12). O dosador DA assegurou menos

variação dos espaçamentos dosados dentro do intervalo de aceitável. Entretanto, a mudança da inclinação teve influência significativa sobre esse dosador, causando uma maior dispersão dos valores numéricos dos espaçamentos e, conseqüentemente, um maior desvio padrão, promovendo aumento significativo no valor da precisão. A mudança no ângulo de inclinação não influenciou, significativamente, o índice de precisão dos dosadores DB e DC.

Tabela 12 - Desdobramento de médias de precisão (%) para interação Dosador (F1) x Inclinação (F2)

Dosadores (F1)	Inclinação (F2)		
	11° esquerda	0° nivelado	11° direita
DA	21,16aB	20,16aA	22,26aC
DB	23,67bA	23,96bA	23,67bA
DC	26,06cA	26,39cA	26,48cA

Médias não seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. DMS para coluna = 0,95; DMS para linha = 0,95.

De maneira geral, o dosador DA apresentou os melhores resultados na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi, proporcionando os maiores percentuais de espaçamentos aceitáveis e, conseqüentemente, os menores de múltiplos e falhos, o que assegura, ainda, a densidade adequada de sementes por metro linear e espaçamentos mais precisos entre sementes. A inclinação transversal interferiu significativamente em seu desempenho, causando redução na qualidade de semeadura, quando essa foi para a direita e potencializando também a dispersão dos espaçamentos, tanto para a direita quanto para a esquerda, visto que promoveu o aumento no valor da precisão. Esse dosador pode semear à velocidade de $1,94 \text{ m s}^{-1}$, sem causar redução significativa de aceitáveis, comparada a $1,66 \text{ m s}^{-1}$, ou no número de sementes por metro.

O dosador DB garantiu média superior a 80% de aceitáveis, assegurando densidade adequada dentro dos diferentes níveis dos fatores velocidade (F3) e inclinação (F2). A inclinação para a direita favoreceu a entrada e fixação das sementes no orifício captador, sem que houvesse prejuízo ao funcionamento do mecanismo exclutor de duplos ou raspador. Não teve a precisão dos espaçamentos influenciada

significativamente pela variação da inclinação e apresentou depreciação da qualidade de semeadura com aumento da velocidade de deslocamento.

E, por fim, o dosador DC obteve a média de 55 % de aceitáveis, caracterizando seu desempenho como regular, segundo os critérios de avaliação geral, sugeridos por Tourino & Klingensteiner (1983). A inclinação transversal influenciou significativamente seu desempenho, promovendo aumento no percentual de falhos, e, conseqüentemente, diminuindo o número de sementes por metro linear. Esse dosador mostrou-se mais sensível ao incremento da velocidade de deslocamento, que causou perda significativa na qualidade da semeadura, ocasionando na redução de aceitáveis, no aumento de múltiplos e falhos e na conseqüente diminuição da densidade de semeadura.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que esse trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

Os sistemas dosadores pneumáticos garantem maior qualidade na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi, proporcionando maior percentual de espaçamentos aceitáveis e, conseqüentemente, menores percentuais de múltiplos e falhos, o que assegura, ainda, o número adequado de sementes por metro linear e espaçamentos entre sementes mais precisos, confirmando a hipótese I.

Houve influência significativa da inclinação transversal sobre a qualidade da distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi, apresentando interação com o mecanismo dosador, mas sem efeito de interação significativa com a velocidade de deslocamento, confirmando a hipótese II e rejeitando a hipótese III.

O aumento da velocidade de deslocamento interfere, significativamente, na qualidade final da distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi e promove a adição de espaçamentos múltiplos e falhos em detrimento de aceitáveis e, portanto, apresenta efeito de interação com o mecanismo dosador, confirmando a hipótese IV.

Somente o dosador com disco alveolado (DC) apresentou redução significativa do número de sementes por metro linear, sendo este o efeito potencializado pela mudança de inclinação e aumento da velocidade de deslocamento, rejeitando a hipótese V.

O dosador DA apresentou os melhores resultados na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi, proporcionando os maiores percentuais de espaçamentos aceitáveis, menores percentuais de múltiplos e falhos, o que assegurou a densidade adequada de sementes por metro linear e espaçamentos entre sementes mais precisos.

O dosador DB não foi influenciado negativamente pelas inclinações transversais, assegurando densidade correta de sementes por metro linear e grau de precisão adequado entre os espaçamentos.

O dosador DC garantiu desempenho regular na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi e seu índice de precisão não foi influenciado significativamente com o aumento da velocidade de deslocamento.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio**. São Paulo, 26 p. 1994.
- ALONÇO, A. S. et al. Efeito da inclinação transversal sobre o desempenho de dosadores pneumáticos em diferentes velocidades de operação. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 29, n.3, p.174-181, julho-setembro, 2014b.
- ALONÇO, A. S. et al. Influência da inclinação transversal e velocidade de operação sobre o desempenho de dosadores pneumáticos com semente de soja. **Engenharia na agricultura**, viçosa - mg, V.22 N.2, Março / Abril 2014a.
- ALONÇO, A. S. et al. Projeto de uma bancada para ensaios de dosadores pneumáticos de sementes: fase informacional e conceitual. In: IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010, XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2010, **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. 1 CD - ROM.
- ANDRADE, F. H. et al. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, v.94, p.975-980, 2002.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. 1 ed. São Paulo: Manole, 310 p. 1987.
- BARRACLOUGH, G. (Ed.). **Atlas da história do mundo da Folha de São Paulo/Times**. 4. ed. rev. São Paulo: Folha da Manhã, p. 154-157. 1995.
- BAYNER, R; KEPNER, R. A; BARGER, E. L; Crop planting. In: **Principles of farm machinery**. New York: John Wiley e Sons. Cap. 11, p. 221-256, 1955.
- BEZERRA, A. A. de C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, out. 2009.
- BOLLER, W. **Desenvolvimento de complementos para semeadoras em solo sob preparo reduzido**. 1990. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.
- BREECE, H. E.; HANSEN, H. V.; HOERNER, T. V. **Fundamentos de funcionamiento de maquinaria – siembra**. Illinois: Deere, 1975. 171p.
- CAMPOS, F. L. et al. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CAÑAVATE, J. O. **Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación**.6.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 528p. 2003.

CARPES, D. P. **Distribuição longitudinal de sementes de milho e soja em função do tubo condutor, mecanismo dosador e densidade de semeadura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,RS, 2014.

CARPES, D. P. et al. Qualidade da distribuição longitudinal de sementes de milho por um dosador apanhador com auxílio pneumático. **Engenharia na Agricultura**, v.26, n.1, p. 43-51, 2018.

CASTELA JUNIOR, M.A. et al. Influência da velocidade da semeadora na semeadura direta da soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.19, p.1199-1207, 2014.

COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para semeadura. In MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-569.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grão. v. 4, n. 6, p. 15-16, Março 2017.

CRAUFURD, P. Q. et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) II. Effect of temperature and saturation deficit on time to flowering in photoperiod insensitive genotypes. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 13-28, 1996a.

CRAUFURD, P. Q. et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) II. Effect of temperature and saturation deficit on time to flowering in photoperiod insensitive genotypes. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 13-28, 1996b.

CRAUFURD, P. Q. et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*). III. Effects of temperature and photoperiod on time to flowering in photoperiod-sensitive genotypes and screening for photothermal responses. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 29-40, 1996c.

CRUZ, S. C. S. et al. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2016.

DELAFOSSÉ, R. M. **Máquinas sembradoras de grano grueso**. Santiago: Oficina Regional de La FAO para America Latina y el Caribe, 48 p. 1986.

DIAS, C. de C. **Paiuhy**: das origens a nova capital. Teresina: Nova Expressão, p. 324-333. 2008.

DIAS, V. O. et al. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p.1973-1979, nov, 2014.

DIAS, V.O. et al. 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.

ELLIS, R. H. et al. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. III. Cowpea (*Vigna unguiculata*). **Experimental Agriculture**, London, v. 30, n. 1, p. 17-29, 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção 2: Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)** - EMBRAPA - Teresina: meio Norte, 110p. 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária: **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. EMBRAPA - Teresina: meio Norte, 71p. 2016b.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária: **Avaliação de Cultivar de Feijão-Caupi em Diferentes Espaçamentos e Sistemas de Plantio no Cerrado Amapaense**. EMBRAPA - Teresina: meio Norte, 22p. 2016a.

FAO, ano internacional das leguminosas. Disponível em; <<http://www.fao.org/portugal/ano-internacional-leguminosas/en/>>. Acessado em 14 de abril de 2016.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FLEURY. L. Incentivo as leguminosas. **Revista máquinas e inovações agrícolas**, v. 32. p. 21-23, março, 2016.

FRANCETTO, T. R. et al. Características dimensionais e ponderais das semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil. **Tecno - Lógica**, v. 19, p. 18-24, 2015.

FRANCETTO, T. R. et al. Mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes presentes nas semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil. in: X Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola CLIA/CONBEA 2012.Londrina - PR, Brasil, 15 a 19 de julho 2012.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Feijão-Caupi no Brasil, Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. EMBRAPA - Teresina: meio Norte, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, p. 26-46. 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 1369-1372, dez. 1983.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte p. 67-88. 2000.

FROTA, K. M. G. et al. Cholesterol - lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 9, p. H235-H240, Nov./Dec. 2008.

GANDAVO, P. de M. **Tratado da terra do Brasil. Tratado Segundo. Das coisas que são gerais por toda Costa do Brasil Capítulo Quarto. Dos mantimentos da terra**. [Rio de Janeiro]: Ministério da Cultura. Fundação Biblioteca Nacional. Departamento Nacional do Livro. Criado em: 10 jun. 2002.

HADLEY, P.; ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J. A quantitative model of reproductive development in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in relation to photoperiod and temperature, and implications for screening germplasm. *Annals of Botany*, London, v. 51, n. 4, p. 531-543, 1983.

ISO – **International Organization for Standardization**: 7256/1: Sowing equipment – methods of test: Part 1. Single seed drills (precision drills). Geneva: 16p. ISO 1982.

IVANČAN, S.; SITO, S.; FABIJANIC, G. Effect of precision on the intra-row seed distribution for parsley drill operating speed. **Biosystems Engineering**, v.89, n.3, p.373-376, 2004.

JASPER, R. et al. Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura em milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 623 – 629, out./dez. 2009.

JASPER, R. et al. Velocidade de semeadura da soja. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, p.102-110, 2011.

KACHMAN, S. D.; SMITH, J. A. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. **Transactions of the ASAE**, v. 38, p. 379-387, 1995.

KARAYEL, D.; BARUT. Z.B.; ÖZMERZI, A. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. **Biosystems Engineering**, v.87, n.4, p.437-444, 2004.

KARAYEL, D.; ÖZMERZI, A. Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. **Soil and Tillage Research**, v.95, p.69-75, 2007.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3d. westport: Avi, 1978. 527p.

KURACHI, S. A. H. et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249 – 262, 1989.

LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Avaliação de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 72, n. 3, p. 375-385, 1997.

LITTLETON, E. J. et al. The growth and development of cowpeas (*Vigna unguiculata*) under tropical field conditions 2. Accumulation and partition of dry weight. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 93, n. 2, p. 309-320, 1979.

MACHADO, T. M. & REYNALDO, É. F. Avaliação de diferentes semeadoras e mecanismos dosadores de sementes em relação à velocidade de deslocamento. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 32, n. 1, p. 12-16, janeiro-março, 2017.

MURRAY, J. R.; TULLBERG, J. N.; BASNET. B. B. **Planters and their components: types, attributes, functional requirements, classification and description**. ACIAR Monograph n° 121. University of the Queensland, Austrália, 2006. 178 f.

NAGAOKA, A. K. & NOMURA, R. H. C. Tratores semeadura. **Cultivar Máquinas**, 18:24-26. 2003.

NIELSEN, R. L. **Planting speed effects on stand establishment and grain yield of corn**. J. Prod. Agric: p. 391-393. 1995.

OGLIARI, A. Estudo e Desenvolvimento de Mecanismos Dosadores de Precisão de máquinas semeadoras. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, S.C., Brasil, 165 p. 1990.

OLIVEIRA, M. L. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB**. Brasília, v. 35, n. 07, p. 1455-1463. 2000.

PINHEIRO NETO, R. et al. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.30, p.611-617, 2008.

PORTELLA, J. A. Mecanismos Dosadores de Sementes e de Fertilizantes Presentes em Máquinas Agrícolas. 38 p. Passo Fundo-RS, 1997.

PROCÓPIO, S. O. et al. Desenvolvimento foliar das culturas da soja e do feijão e de plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 207- 211, 2003.

REIS, E.F. et al. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Habana, v.16, p.70-75, 2007.

REYNALDO, É. F. et al. Avaliação da distribuição de sementes de feijão em semeadoras. **Nativa**, Sinop, v.5, n.4, p.274-276, jul./ago. 2017.

REYNALDO, É. F. et al. NOTA TECNICA: influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v. 24, n. 1, p. 63-67, jan./fer. 2016.

RINALDI, P. C. N. et al. Influência de adubação e da velocidade de uma semeadora no estabelecimento inicial da cultura do feijão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n.2, p. 123-130, 2010.

ROBERTS, E. H. et al. Effects of air temperature on seed growth and maturation in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Annals of Applied Biology*, Cambridge, v. 90, n. 3, p. 437-446, 1978.

RODRIGUES DA SILVA, V. P. et al. Consumo hídrico e viabilidade econômica da cultura do feijão caupi cultivado em clima semiárido. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 662-672, outubro-dezembro, 2016.

SEARLE, C. L. et al. Field slope effects on uniformity of corn seed spacing for three precision planter metering systems. **Applied Engineering in Agriculture**, St. v. 25. p. 581-586. 2008.

SILVEIRA, H. A. T da, et al. Projeto e desenvolvimento de uma bancada de ensaios de dosadores pneumáticos: fase preliminar e detalhada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, **Anais...** Jaboticabal: SBEA, CD-rom, 2010.

SINGH, B. B. Recent progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulturae, The Hague**, n. 752, p. 69-76, 2007. Edition of the Proceedings of the International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes, Hyderabad, India, Sep. 2007.

SOUZA, G. de. Em que se apontam os legumes que se dão na Bahia. In: SOUZA, G. de. **Notícias do Brasil**. São Paulo Revista dos Tribunais, p. 94-95. 1974.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. Structure, evolution, and adaptation to farming systems and environments in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H. (Ed.). *Advances in legume science*. Kew: Royal Botanic Garden, 1980. p. 393-404.

SUMMERFIELD, R. J. et al. Growth, reproductive development and yield of effectively nodulated cowpea plants in contrasting aerial environments. *Annals of Applied Biology*, Cambridge, v. 90, n. 2, p. 277-291, 1978.

TEIXEIRA, G. C. DA S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 9-17, jan./mar. 2015.

TOURINO, M. C. C. et al. Comparativo na uniformidade / distribuição de sementes em função do tipo de semeadoras. **R. Bras. Agrobiologia**, Pelotas, v.13, n.3, p. 383-392, jul-set, 2007.

TOURINO, M.C.C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13, 1983, Seropédica, 1983. **Anais**. Seropédica: SBEA, p.103-107, 1983.

YAZGI, A.; DEGIRMENCIOGLU, A. Optimization of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. **Biosystems Engineering**, v. 97, p. 347-356, 2007.

APÊNDICE A - MÉDIAS DA VARIÁVEL ESPAÇAMENTOS ACEITÁVEIS

Tabela 13 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de espaçamentos aceitáveis

Tratamentos	Inclinação transversal (F2)	Dosador (F1)	Velocidade $m s^{-1}$ (F3)	Médias
1			1,38	94,80
2		DA	1,67	92,00
3			1,94	89,20
4			1,38	87,60
5	11° esquerda	DB	1,67	79,60
6			1,94	76,00
7			1,38	64,80
8		DC	1,67	56,40
9			1,94	47,60
10			1,38	94,80
11		DA	1,67	93,60
12			1,94	92,80
13			1,38	84,00
14	0° nivelado	DB	1,67	82,80
15			1,94	74,40
16			1,38	66,40
17		DC	1,67	56,80
18			1,94	47,20
19			1,38	89,20
20		DA	1,67	87,60
21			1,94	85,20
22			1,38	87,20
23	11° direita	DB	1,67	84,80
24			1,94	76,80
25			1,38	61,20
26		DC	1,67	49,20
27			1,94	44,80

Fonte: Autor.

APÊNDICE B - MÉDIAS DA VARIÁVEL ESPAÇAMENTOS MÚLTIPLOS

Tabela 14 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de espaçamentos múltiplos

Tratamentos	Inclinação transversal (F2)	Dosador (F1)	Velocidade $m s^{-1}$ (F3)	Médias
1			1,38	2,00
2		DA	1,67	4,40
3			1,94	6,00
4			1,38	6,00
5	11° esquerda	DB	1,67	11,60
6			1,94	12,80
7			1,38	16,00
8		DC	1,67	22,00
9			1,94	24,00
10			1,38	2,40
11		DA	1,67	3,20
12			1,94	3,60
13			1,38	9,20
14	0° nivelado	DB	1,67	10,80
15			1,94	13,60
16			1,38	19,20
17		DC	1,67	22,40
18			1,94	29,60
19			1,38	6,80
20		DA	1,67	6,00
21			1,94	8,00
22			1,38	8,00
23	11° direita	DB	1,67	9,60
24			1,94	13,20
25			1,38	19,20
26		DC	1,67	23,20
27			1,94	21,20

Fonte: Autor

APÊNDICE C - MÉDIAS DA VARIÁVEL ESPAÇAMENTOS FALHOS

Tabela 15 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de espaçamentos falhos

Tratamentos	Inclinação transversal (F2)	Dosador (F1)	Velocidade $m s^{-1}$ (F3)	Médias
1			1,38	2,80
2		DA	1,67	3,60
3			1,94	4,80
4			1,38	6,00
5	11° esquerda	DB	1,67	9,20
6			1,94	11,20
7			1,38	18,40
8		DC	1,67	21,60
9			1,94	28,40
10			1,38	2,00
11		DA	1,67	3,60
12			1,94	2,40
13			1,38	6,80
14	0° nivelado	DB	1,67	7,60
15			1,94	11,60
16			1,38	14,40
17		DC	1,67	19,20
18			1,94	23,20
19			1,38	4,00
20		DA	1,67	6,00
21			1,94	6,80
22			1,38	4,40
23	11° direita	DB	1,67	5,20
24			1,94	9,20
25			1,38	22,40
26		DC	1,67	26,40
27			1,94	33,60

Fonte: Autor.

APÊNDICE D - MÉDIAS DA VARIÁVEL NÚMERO DE SEMENTES POR METRO LINEAR

Tabela 16 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias do número de sementes por metro linear

Tratamentos	Inclinação transversal (F2)	Dosador (F1)	Velocidade $m s^{-1}$ (F3)	Médias
1			1,38	12,02
2		DA	1,67	11,97
3			1,94	11,99
4			1,38	11,99
5	11° esquerda	DB	1,67	12,16
6			1,94	11,79
7			1,38	11,53
8		DC	1,67	11,06
9			1,94	10,15
10			1,38	12,02
11		DA	1,67	11,92
12			1,94	12,06
13			1,38	12,14
14	0° nivelado	DB	1,67	12,34
15			1,94	12,33
16			1,38	11,78
17		DC	1,67	11,97
18			1,94	11,25
19			1,38	11,97
20		DA	1,67	12,01
21			1,94	12,01
22			1,38	12,16
23	11° direita	DB	1,67	12,44
24			1,94	12,27
25			1,38	11,16
26		DC	1,67	10,39
27			1,94	9,23

Fonte: Autor.

APÊNDICE E - MÉDIAS DA VARIÁVEL PRECISÃO

Tabela 17 - Descrição resumida dos tratamentos e respectivas médias de precisão

Tratamentos	Inclinação transversal (F2)	Dosador (F1)	Velocidade m s ⁻¹ (F3)	Médias
1			1,38	21,19
2		DA	1,67	21,64
3			1,94	21,36
4			1,38	22,52
5	11° esquerda	DB	1,67	22,35
6			1,94	24,69
7			1,38	26,46
8		DC	1,67	26,19
9			1,94	25,24
10			1,38	19,60
11		DA	1,67	20,11
12			1,94	20,54
13			1,38	23,56
14	0° nivelado	DB	1,67	24,11
15			1,94	24,21
16			1,38	25,64
17		DC	1,67	26,76
18			1,94	26,81
19			1,38	21,82
20		DA	1,67	21,79
21			1,94	23,52
22			1,38	22,69
23	11° direita	DB	1,67	23,98
24			1,94	24,64
25			1,38	25,61
26		DC	1,67	26,40
27			1,94	27,18

Fonte: Autor.