

PROJETO DE UM MECANISMO QUE AUXILIA NO TRANSBORDO DE DOSADOR HELICOIDAL UTILIZADO NA DISTRIBUIÇÃO DE FERTILIZANTE MICROGRANULADOS

Roger Toscan Spagnolo¹, Nicael T. Santos², Júnior Verardi², Eliakin Frederico Rafain², David P. Rosa³

¹ Engº Agrícola, prof. Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Sertão, Sertão - RS, fone: Fone: (054) 3345.8000, e-mail: roger.spagnolo@sertao.ifrs.edu.br

² Graduando em Agronomia, IFRS - Campus Sertão, Sertão-RS.

³ Engº Agrícola, prof. Doutor, Depto. de Pesquisa IFRS - Campus Sertão, IFRS - Campus Sertão, Sertão - RS.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi projetar, confeccionar e testar um mecanismo que auxilia no transbordo de dosador helicoidal utilizado na distribuição de fertilizante microgranulados em baixa dosagem. O mecanismo foi projetado com auxílio de programa CAD e confeccionado em texnil utilizando processo de usinagem. Para a qualificação do mecanismo foram realizados testes em bancada com o dosador de rosca helicoidal, sendo trocado a peça responsável pelo transbordo pelo novo mecanismo projetado. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3 (dosagens de 30, 40, 50 e 60 kg ha¹ e inclinação de +10°, 0° e -10°) sendo realizadas 4 repetições. A quantificação da massa foi filmada, posteriormente foram analisados os vídeos anotando-se a massa ao longo de 30 s de distribuição (um dado por segundo). Após o cálculo do coeficiente de variação da distribuição, pode-se inferir que não houve diferença significativa em relação às três inclinações, nem entre as doses, sendo de 15,22; 15,84; 15,87 e 14,40% nas doses de 30, 40, 50, e 60 kg ha¹ respectivamente. Entretanto o mecanismo projetado apresentou menor variação da distribuição em relação ao mecanismo original.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de máquinas, Coeficiente de variação, Fertisystem®.

DESIGN OF A MECHANISM THAT ASSISTS IN THE TRANSSHIPMENT OF HELICAL DISPENSER USED IN THE DISTRIBUTION OF MICROGRANULATED FERTILIZER

ABSTRACT: The objective of this work was design, manufacture and test a mechanism that assists in the transshipment of helical dispenser used in the distribution of microgranulated fertilizer in low dosage. The mechanism was designed with the help of a CAD program and made in textile using a machining process. For the qualification of the mechanism tests were performed on bench with the helical thread doser, however the part responsible for the transshipment was replaced by the new designed mechanism. The experiment was employed a completely randomized design in a 4x3 factorial (dosages of 30, 40, 50 e 60 kg ha¹ and slopes of +10°, 0° e -10°) being performed 4 repetitions. The mass quantification was filmed, later he videos were analyzed, the mass was recorded during 30 s of distribution (one data for second). After calculating the coefficient of variation of the distribution, it was concluded that there was no significant difference in relation to the three slopes, nor between doses, being 15.22; 15.84; 15.87 and 14.40% at the doses of 30, 40, 50, and 60 kg ha¹, respectively. However, the designed mechanism presented smaller variation of the distribution in relation to the original mechanism.

KEYWORDS: Machinery design, Coefficient variation, Fertisystem®.

INTRODUÇÃO

A utilização da adubação fosfatada é uma alternativa que pode auxiliar no aumento da produtividade e redução dos custos na propriedade. Estes fertilizantes são aplicados em baixas dosagens e possuem partículas menores que os fertilizantes a base de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) que são utilizados atualmente em maior escala. A tecnologia de proteção do fósforo impede e bloqueia a ação de qualquer cátion do solo que pode interferir e insolubilizar o fósforo, tornando o produto totalmente disponível para as plantas, reduzindo a fixação pelos minerais do solo.

Estes tipos de fertilizantes, por serem microgranulados e aplicados em baixas doses requerem maior precisão dos dosadores. Frantz et al. (2011) encontraram que de 292 modelos de semeadoras analisadas no Brasil, 89,38% utilizam dosador do tipo rosca sem fim helicoidal, qualificando assim como o mais empregado no país. De acordo com Bonotto et al. (2013) a dosagem de fertilizantes por este sistema se dá pelo movimento rotatório de uma rosca sem fim onde o material a ser transportado preenche o espaço entre as cristas da rosca ou helicóide, sendo deslocado do reservatório para o tubo condutor, conforme a dose regulada pela relação de transmissão a qual movimentada o eixo da helicóide. Este mecanismo dosador é encontrado no mercado em três modelos: dosador de rosca helicoidal por gravidade, por transbordo e/ou transbordo lateral.

Um das formas de avaliação de dosadores é o coeficiente de variação, que de acordo com Portella et al. (1998), este coeficiente indica o percentual de irregularidade de uma determinada variável observada, assim sendo, quanto menor o seu valor, melhor é o desempenho do mecanismo.

Dentre tantos fatores influenciadores na dosagem de fertilizantes, a inclinação longitudinal de trabalho é um dos mais significativos, visto que é testada constantemente em experimentos, apontando para maiores variações em função de inclinações positivas (FERREIRA et al., 2010; FRANCK et al., 2015; BONOTTO et al., 2013; ROSA et al., 2017), ou seja, quando a semeadora estaria semeando no sentido de subida da rampa. Essas variações estão correlacionadas ao pulso do dosador de rosca helicoidal, que ao completar uma volta, chamado de “ciclo” a rosca se descarrega numa velocidade maior que a de carregamento, resultando assim numa “falha” de dosagem (ROSA et al., 2013).

Reynaldo & Gameiro (2015) comprovam a importância de analisar não somente o coeficiente de variação que estes dosadores proporcionam, mas também a dosagem (kg ha^{-1}). De acordo com os autores quanto maior o ângulo de inclinação longitudinal maior o erro na dosagem, sendo mais evidente quando a semeadura ocorre no sentido de subida da rampa.

Com o intuito de diminuir o coeficiente de variação na distribuição (%), bem como, a variação na dosagem (kg ha^{-1}) de dosadores de fertilizante microgranulado, o presente trabalho teve como objetivo projetar, confeccionar e testar um mecanismo que auxilia no transbordo de dosador helicoidal utilizado na distribuição de fertilizante microgranulados em baixa dosagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o método de brainstorming para a geração de possíveis soluções. Este método foi adaptado de Back et al. (2008). Para a aplicação do brainstorming foi realizada uma reunião a qual teve duração de aproximadamente 20 minutos. Participaram integrantes do Núcleo de Estudos em Solos e Máquinas Agrícolas do IFRS - Campus Sertão, entre eles estudantes de graduação e professores. Neste encontro, foram anotadas as soluções

consideradas mais promissoras, apresentadas por cada um dos participantes. Após a seleção da proposta considerada mais promissora foi realizado o seu projetado com auxílio de programa CAD e confeccionado um protótipo em texnil utilizando processo de usinagem.

Para a qualificação do mecanismo foram realizados testes em bancada com o dosador de rosca helicoidal Fertisystem® equipado com rosca de passo 19,05 mm (3/4”), sendo trocado a peça responsável pelo transbordo pelo novo mecanismo projetado. Com a utilização da bancada de testes de dosadores de fertilizante foi possível variar a inclinação no sentido longitudinal (figura 1). Na parte inferior dessa, foi colocada uma balança de precisão. Os dosadores da bancada foram acionados por um motor elétrico de 0,73 kW combinado a um sistema de moto redução que possuía um controlador lógico programável (CLP). Para execução dos experimentos foi utilizado como fertilizante o produto Rizostar PZ®.



FIGURA 1. A) Bancada de testes; B) Nível; C) 5° Active; D) 10° Active; E) 5° Declive, F) 10° Declive

Foi utilizada e adaptada a metodologia proposta pela norma ISO 5690/2 (1984). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3 (dosagens de 30, 40, 50 e 60 kg ha¹ e inclinação de -10°, 0° e +10°) sendo realizadas 4 repetições. A quantificação da massa foi filmada, posteriormente foram analisados os vídeos anotando-se a massa ao longo de 30 segundos de distribuição (um dado por segundo), sendo que os primeiros 13 segundos da filmagem não foram levados em consideração para que houvesse uma estabilização do fluxo de massa. Os dados foram tabulados em planilha eletrônica, calculando-se o coeficiente de variação e submetidos à avaliação estatística que constou de uma análise descritiva, teste de variância, e comparação de médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, todas realizadas pelo Assitat 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização do método do brainstorming gerou diferentes princípios de solução que poderiam ser utilizados para auxiliar no transbordo de fertilizante microgranulados em dosadores de rosca helicoidal. Entretanto foi selecionado o princípio de solução que a equipe julgou como mais claro, simples e seguro, conforme recomendação de Pahl et al. (2005).

Posteriormente o mecanismo foi projetado com auxílio de programa CAD. Utilizou-se o

conceito similar ao mecanismo de transbordo utilizado pelo dosador comercialmente utilizado pela empresa Fertisystem®. Na tentativa de diminuir o volume dosado, buscou-se reduzir os espaços vazios no interior da rosca helicoidal com a confecção do tubo redutor (figura 2). Mecanismo similar foi utilizado por Longaretti et al. (2016) para dosagem de fertilizante granulado. Os autores relatam que o mecanismo redutor de perdas é eficiente na redução dos picos de dosagem, porém apresenta maiores valores de coeficiente de variação da distribuição. Logo, com o intuito de promover redução no pulso gerado pela rosca helicoidal optou-se por diminuir a área de transbordo. Utilizou-se design circular para o novo transbordo com uma furação na parte superior de maneira centralizada, para que houvesse a menor interferência possível da inclinações transversais. (figura 3).

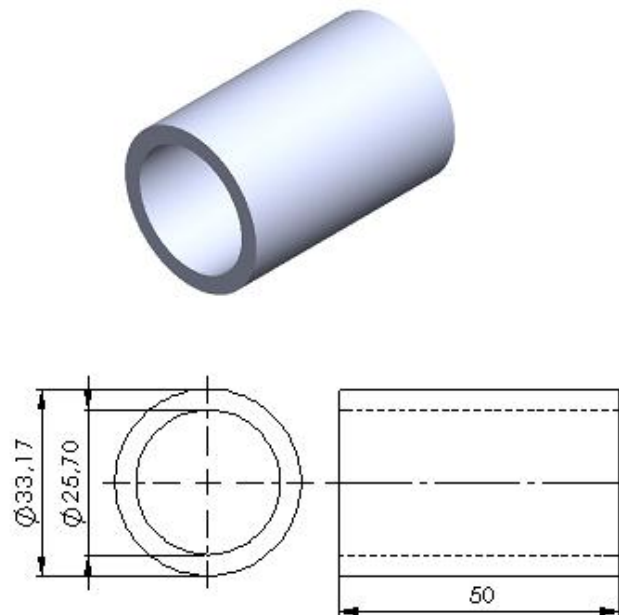


FIGURA 2. Tubo redutor.

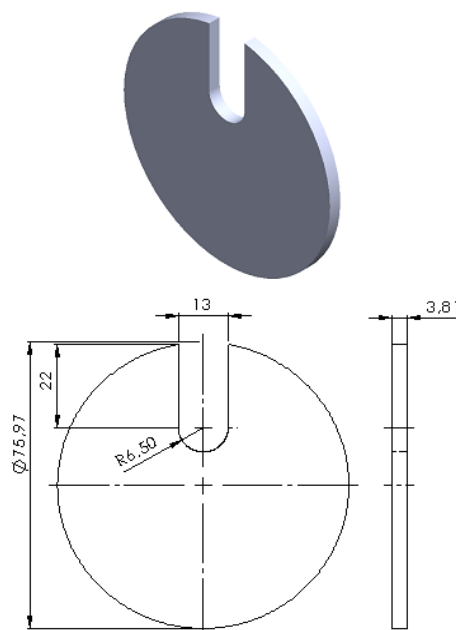


FIGURA 3. Novo transbordo.

A tabela 1 apresenta o coeficiente de variação da distribuição linear do fertilizante nas diferentes inclinações longitudinais quando utilizado dosador sem mecanismos que auxilia o transbordo (figura 4A).

TABELA 1. Coeficientes de variação (%) da distribuição linear do fertilizante nas diferentes inclinações longitudinais e repetições – Dosador sem mecanismos que auxilia o transbordo.

Dosagens (kg ha ⁻¹)	Inclinações (°)			Média
	0	+ 10	- 10	
30	37,88 aA	34,12 bA	38,71 bA	36,90 a
40	23,70 bA	26,03 bcA	22,11 cB	23,95 b
50	26,78 bA	23,68 cA	25,04 cA	25,17 b
60	18,37 bB	33,07 bA	20,89 cB	24,11 b

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O coeficiente de variação da distribuição (tabela 1) variou de 18,37% a 38,71% no experimento, demonstrando assim que o dosador do tipo rosca helicoidal por transbordo teve bom desempenho no teste em laboratório, corroborando com os resultados de Pagnussat et al. (2014) e Rosa et al. (2016) que encontraram resultados similares para este dosador utilizando fertilizante granulado.

A tabela 2 apresenta o coeficiente de variação da distribuição linear do fertilizante nas diferentes inclinações longitudinais quando utilizado dosador com mecanismo que auxilia o transbordo (figura 4B).

TABELA 2. Coeficientes de variação (%) da distribuição linear do fertilizante nas diferentes inclinações longitudinais e repetições – Dosador com mecanismos que auxilia o transbordo.

Dosagens (kg ha ⁻¹)	Inclinações (°)			Média
	0	+ 10	- 10	
30	12,73 bB	15,35 bAB	17,59 aA	15,22 a
40	12,36 bB	22,22 aA	12,93 abB	15,84 a
50	17,16 abA	14,03 bA	16,44 aA	15,87 a
60	21,15 aA	11,25 bB	10,81 bB	14,40 a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

A figura 4A apresenta dosador sem mecanismos que auxilia o transbordo, enquanto a figura 4B mostra o dosador com mecanismos que auxilia o transbordo (figura 4B), já a figura 4C encontra-se o tubo redutor utilizado em ambos os testes (tabela 1 e 2) e o novo transbordo projetado e utilizado nos teste que geraram os dados presentes na tabela 2.

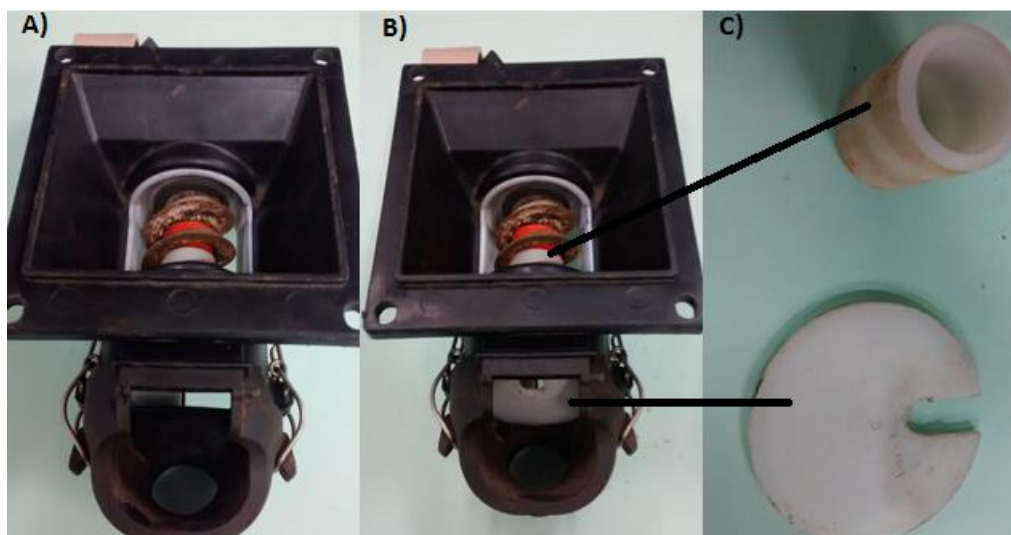


FIGURA 4. A) Dosador com tubo redutor e sem transbordo; B) Dosador com tubo e com transbordo; C) Tubo reduto e novo transbordo

Quando utilizado o mecanismo que auxilia o transbordo (tabela 2) o coeficiente de variação não apresentou diferença significativa em relação às três inclinações, nem entre as doses, sendo de 15,22; 15,84; 15,87 e 14,40% nas doses de 30, 40, 50, e 60 kg ha⁻¹ respectivamente. Na condição de nível o dosador realizou a melhor dosagem quando utilizado as menores doses de 30 e 40 kg ha⁻¹, variando 12,73% e 12,36%, respectivamente. Enquanto com doses de 50 e 60 kg ha⁻¹ as menores doses ocorreram com inclinação positiva e negativa respectivamente.

Ao comparar o coeficiente de variação da distribuição variou de 10,81% a 22,22% no experimento quando utilizado dosador com mecanismos que auxilia o transbordo (tabela 2), contra de 18,37% a 38,71% no experimento quando utilizado dosador sem mecanismos que auxilia o transbordo (tabela 1). Desta forma pode-se inferir que, a utilização do mecanismo que auxilia o transbordo proporciona menor coeficiente de variação na distribuição linear do fertilizante microgranulados.

É importante ressaltar que as doses foram estimadas e sofreram variação durante a realização dos testes, pois considerou-se constantes, o tempo de coleta (30s), o espaçamento entre linhas (0,45m) e a velocidade de aplicação (5,5km h⁻¹). Desta forma, foi considerada a velocidade de aplicação de 1,53m s⁻¹, respeitando o tempo de aplicação de 30s tem-se um comprimento de 45,83m que, ao ser multiplicado pela largura de aplicação de 0,45m resulta em uma área simulada de 20,625m².

Analisando-se por exemplo, o valor médio das 4 repetições da dosagem de 30kg ha⁻¹ na inclinação de 0° tem-se 61,525g, o que equivale a uma dosagem de 29,83 kg ha⁻¹. Estes dados podem ser observados na tabela 3, a qual apresenta a variação da dosagem conforme as inclinações testadas, considerando a utilização ou não do mecanismo que auxilia no transbordo do dosador. Utilizou-se a mesma velocidade de rotação da rosca sem fim do dosador nas duas condições testadas com e sem mecanismo auxiliar no transbordo, pode-se observar maior amplitude de variação na dosagem (kg ha⁻¹) para as condições em que o dosador foi utilizado sem o mecanismo que auxilia o transbordo.

TABELA 3. Comparação da dosagem (kg ha^{-1}) com e sem a utilização do mecanismo que auxilia o transbordo de fertilizante micrigranulado nas diferentes inclinações longitudinais.

Dosagens (kg ha^{-1})	Inclinações ($^{\circ}$)					
	-10		0		+10	
	Com mecanismos	Sem mecanismo	Com mecanismos	Sem mecanismo	Com mecanismos	Sem mecanismo
30	25,89	20,23	29,83	36,87	34,18	53,87
40	36,68	27,37	41,74	47,59	48,06	68,41
50	45,33	34,78	50,72	56,99	58,48	81,53
60	54,67	42,40	62,63	66,82	70,35	92,10

Os dados presentes na tabela 2 e 3 evidenciam que quanto maior o ângulo de inclinação longitudinal maior o erro na dosagem. Em inclinação positiva (semeadoras subido a rampa) ocorre superdosagem, enquanto em inclinação negativa (semeadoras descendo a rampa) acarreta subdosagem, fato que corrobora com Reynaldo e Gamero (2015).

Para auxiliar análise dos dados da tabela 3 foram confeccionados os dois gráficos a seguir apresentados nas figura 4 (dosagem do dosador sem mecanismos que auxilia o transbordo) e figura 5 (dosagem do dosador com mecanismos que auxilia o transbordo).

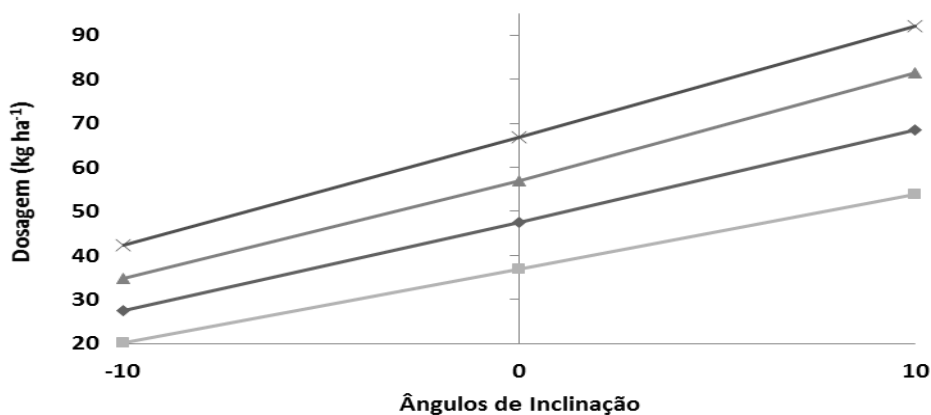


FIGURA 4. Variação da dosagem em relação à inclinação longitudinal do dosador sem mecanismos que auxiliam o transbordo.

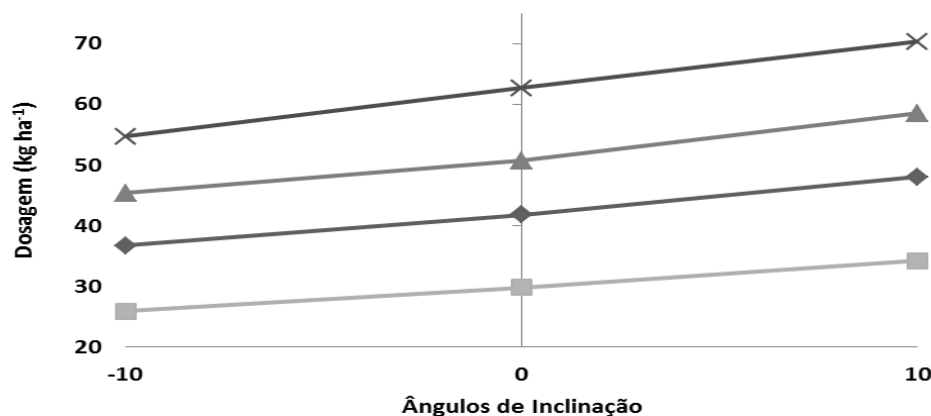


FIGURA 5. Variação da dosagem em relação à inclinação longitudinal do dosador com mecanismos que auxiliam o transbordo.

Nas figuras 4 e 5 pode-se observar a existência de três diferentes doses (uma para cada ângulo de inclinação) independente para qual dose (30, 40, 50 ou 60 kg ha⁻¹) foi regulado o dosador. A 0° de inclinação longitudinal, ou seja, quando a semeadora está no plano, o dosador apresentou pequena variação em relação à dose para qual foi regulado. De acordo com Reynaldo e Gamero (2015), isto ocorre, pois o fertilizante não apresenta resistência mecânica em relação a gravidade.

A -10° de inclinação longitudinal, quando a semeadora está operando no sentido de descida, o dosador apresentou dosagem abaixo da dose para o qual foi regulado, este fato corrobora com Reynaldo e Gamero (2015) os quais relatam que nesta condição a rosca gira para empurrar o fertilizante para cima. No caso a +10° de inclinação longitudinal, quando a semeadora estaria semeando no sentido de subida da rampa, o dosador apresentou dosagem acima da dose para o qual foi regulado. Reynaldo e Gamero (2015) descrevem que neste caso a rosca gira para empurrar o fertilizante para baixo, proporcionando maior fluidez o que gera dosagens maiores.

Com os testes aplicado ao mecanismo projetado ficou evidente que o novo transbordo quando utilizado para auxiliar no transbordo de dosador de rosca helicoidal ao utilizar fertilizantes microgranulados é uma alternativa promissora e viável pois, apresentou menor coeficiente de variação longitudinal, bem como, menor variação da dosagem.

CONCLUSÕES

O coeficiente de variação não apresentou diferença significativa em relação às três inclinações, nem entre as doses, sendo de 15,22; 15,84; 15,87 e 14,40% nas doses de 30, 40, 50, e 60 kg ha⁻¹ respectivamente. Entretanto o mecanismo projetado apresentou menor variação da distribuição em relação ao mecanismo original sendo considerado promissor para auxiliar no transbordo de dosador helicoidal utilizado na distribuição de fertilizante microgranulados.

REFERÊNCIAS

- BACK, N.; OGLIARI, A. DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri SP: Manole, 2008. 648 p.
- BONOTTO, G.J. et al. Distribuição Longitudinal de Fertilizantes por Dosadores de Semeadoras-adubadoras em Linhas. **Revista Engenharia na Agricultura** - Reveng, v. 21, n. 4, p.368-378, 31 ago. 2013.
- FERREIRA, M.F.P.; DIAS, V.de O.; OLIVEIRA, A.; ALONÇO, A.dos S., BAUMHARDT, U.B. Uniformidade de vazão de fertilizantes por dosadores helicoidais em função do nivelamento longitudinal. **Engenharia na agricultura**, v.18, n.4, 297-304p. 2010.
- FRANCK, Cristian J. et al. Modelos estatísticos para seleção de dosadores helicoidais com diferentes dispositivos de descarga de fertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p.512-518, 2015.
- FRANTZ, U. G.; LEINDECKER, J. A.; DAGIOS, R. F.; PRADE, R.; FRANCETTO, T. R. Nível tecnológico dos mecanismos dosadores de fertilizante empregados nas semeadoras adubadoras em linha de precisão. In: XVII Seminário de Iniciação Científica, II Salão de Ensino e Extensão, Vivenciando a Integração. UNISC – Santa Cruz do Sul-RS, 2011.
- ISO 5690/2. Equipment for distributing fertilizers – Test methods - Part 2: Fertilizer distributors in lines. Switzerland, 1984.
- LONGARETTI, M.; SPAGNOLO, R. T.; CANSIAN, C. A.; ALVES, A.; ROSA, D. P. da. Estratégia de melhoria do mecanismo de distribuição de fertilizantes do dosador rosca

helicoidal por transbordo de uma semeadora. Disponível em:
<publicacoes.conbea.org.br/anais/baixar/2642>. Acesso em: maio 2017.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411 p.

PAGNUSSAT, L.; ROSA, D. P. da, SANTOS, C. C. dos,; TONIASO, A. M.; PESINI, F. Eficiência de dosadores helicoidais em função da dosagem na cultura da soja. 2014. Disponível em: <<http://www.sbea.org.br/conbea/2014/livro/R0561-1.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

PORTELLA J- A.; SATTLER, A; FAGANELLO, A. Regularidade de distribuição de sementes e de fertilizantes em semeadoras para plantio direto de trigo e soja. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 17 (4), 1998. p.57-64.

REYNALDO, F. É.; GAMERO, C. A. Avaliação de mecanismos dosadores de fertilizantes helicoidais em ângulos de nivelamento longitudinal e transversal. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, vol. 30, n.2, p.125-136, abril-junho, 2015.

ROSA, D. P. da; PAGNUSSAT, L.; CANSIAN, C. A.; LONGARETTI, M.; PESINI, F. Dosadores de rosca helicoidal e suas relações com a produção de grão. 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj7gqz8xYvSAhVLhZAKHSrKDzIQFggmMAA&url=http://publicacoes.conbea.org.br/livros/baixar/324&usg=AFQjCNEkQ2VvFgzW7QLUAmIAhZM5_B6czw&sig2=1rUWMLtoo7X39S-XDCwGKQ&bvm=bv.146786187,d.Y2I>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ROSA, D. P. da; PAGNUSSAT, L.; PESINI, F.; AFLEN, J. A. Dose certa, **Cultivar Máquinas**, v.11, n 128, p. 46-48, 2013.

ROSA, D. P. da; SPAGNOLO, R. T; ALVES, A. CANCIAN, C. A; LONGARETTI, M. Redutor de perdas, **Cultivar Máquinas**, n 170, p. 12-14, 2017.

SILVA, F. de A. S. e. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.