



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS CERRO LARGO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**THALES BORDIGNON MILANESI**

**EFEITOS DO MECANISMO REGULADOR DA PROFUNDIDADE DE DEPOSIÇÃO  
DAS SEMENTES DE SEMEADORAS-ADUBADORAS SOBRE A EMERGÊNCIA  
DO MILHO**

**CERRO LARGO**  
**2017**

**THALES BORDIGNON MILANESI**

**EFEITOS DO MECANISMO REGULADOR DA PROFUNDIDADE DE DEPOSIÇÃO  
DAS SEMENTES DE SEMEADORAS-ADUBADORAS SOBRE A EMERGÊNCIA  
DO MILHO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de grau de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da  
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Marcos A. Z. Palma

Co-orientador: Eng. Agrônomo Daílson Dugatto

**CERRO LARGO**

**2017**

## PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Milanesi, Thales Bordignon

Efeitos do mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes de semeadoras-adubadoras sobre a emergência do milho/ Thales Bordignon Milanesi. -- 2017. 55 f.:il.

Orientador: Marcos Antônio Z. Palma.

Co-orientador: Dáilson Dugatto.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Cerro Largo, RS, 2017.

1. Introdução. 2. Revisão Bibliográfica. 3. Material e Métodos. 4. Resultados e Discussões. 5. Considerações Finais. I. Palma, Marcos Antônio Z., orient. II. Dugatto, Dáilson, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

**THALES BORDIGNON MILANESI**

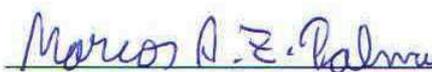
**EFEITOS DO MECANISMO REGULADOR DA PROFUNDIDADE DE DEPOSIÇÃO  
DAS SEMENTES DE SEMEADORAS-ADUBADORAS SOBRE A EMERGÊNCIA  
DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

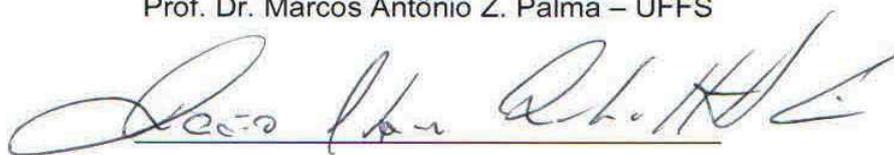
Orientador: Prof. Dr. Marcos A. Z. Palma  
Co-orientador: Eng. Agrônomo Daílson Dugatto

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:  
05 / 12 / 2017

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Marcos Antônio Z. Palma – UFFS



Prof. Dr. Décio Rebellatto – UFFS



Eng. Agrônomo Daílson Dugatto

## RESUMO

O milho é uma cultura que se destaca no cenário agrícola brasileiro, tendo grande importância econômica e social no mundo todo. Sua grande utilização e essencialidade vêm proporcionando a implementação de técnicas de cultivo, o que tem se traduzido em altas produtividades. Com a evolução dos níveis tecnológicos das semeadoras-adubadoras de precisão, aumentou-se, também, a preocupação com a qualidade de semeadura. De acordo com as regulagens, este processo interfere diretamente na distribuição de sementes, profundidade de semeadura, densidade de plantas e produtividade final da cultura. Assim, torna-se pertinente a avaliação de novos mecanismos desenvolvidos para semeadoras-adubadoras de precisão, a fim de buscar melhorias na qualidade do processo de semeadura da cultura do milho. Desta forma, partindo da hipótese de que o tipo de mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes pode influenciar diretamente a emergência e desenvolvimento da cultura, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a eficiência de dois tipos destes mecanismos (fixo e balancim), simulando semeadura em solo com pedregosidade superficial e, ainda, em condições de solo sem impedimentos à mecanização (solo não pedregoso). Foram avaliados os parâmetros relacionados à emergência de plantas de milho (índice de velocidade de emergência, distribuição longitudinal e estande de plantas). Os resultados indicam que o sistema limitador balancim não difere do sistema fixo no caso de semeaduras em solo sem impedimentos à mecanização, não havendo distinção entre estes nas variáveis analisadas. No entanto, no caso de semeaduras em solo com impedimentos à mecanização (pedregosos), o sistema limitador balancim apresenta performance e desempenho superior ao sistema limitador fixo, conferindo melhor estande de plantas, menor porcentagem de falhas e de duplos e, conseqüentemente, maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis.

Palavras-chave: Semeadoras de precisão. Mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes. Emergência do milho.

## ABSTRACT

Corn is a crop that stands out in the Brazilian agricultural scene, having great economic and social importance worldwide. Its great use and essentiality have been providing the implementation of cultivation techniques, which has translated into high yields. With the evolution of the technological levels of precision seeders, the concern with the quality of sowing was also increased. According to the regulations, this process directly interferes with seed distribution, sowing depth, plant density and final crop yield. Thus, it is pertinent to evaluate new mechanisms developed for precision seed drills in order to seek improvements in the quality of the sowing process of the maize crop. In this way, starting from the hypothesis that the type of mechanism regulating the depth of seed deposition can directly influence the emergence and development of the crop, this study aimed to evaluate the efficiency of two types of these mechanisms (fixed and rocker), simulating the effect of the type of mechanism of seed deposition depth sowing in soil with superficial stoniness and, also, in soil conditions without impediment to mechanization (not rocky soil). The parameters related to the emergence of corn plants (emergence speed index, longitudinal distribution and plant stand) were evaluated. The results indicate that the rocker limiting system does not differ from the fixed system in the case of soil sowing without impediment to mechanization, and there is no distinction between these in the analyzed variables. However, in the case of sowing in soil with mechanical impediments (rocky), the rocker limiter system presents performance and performance superior to the fixed limiter system, giving a better stand of plants, a lower percentage of failures and doubles and, consequently, a higher percentage of acceptable spacing.

**Keywords:** Precision seed drills. Limiting mechanisms of seed deposition depth. Corn emergence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Semeadora de precisão equipada com haste sulcadora.....	17
Figura 2 – Discos horizontais alveolados. Disco com 28 furos oblongos (8x12 mm) (Fig. 2A). Ao lado, disco com 28 furos redondos (12 mm) (Fig. 2B).....	18
Figura 3 – Linha de semeadura equipada com disco duplo, mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes fixo e rodas compactadoras em “V”. .....	20
Figura 4 – Reservatórios individuais de semente em semeadora de precisão. ....	21
Figura 5 – À esquerda, sistema limitador da profundidade de deposição das sementes tipo balancim (Fig. 5A). À direita, detalhe da banda limitadora do mesmo, constituída de borracha flexível (Fig. 5B). .....	22
Figura 6 – À esquerda, sistema limitador da profundidade de deposição das sementes fixo (Fig. 6A). À direita, detalhe da banda limitadora do mesmo, constituída de borracha dura e/ou maciça (Fig. 6B). .....	23
Figura 7 – Rodas compactadoras em “V” (Fig. 7A e Fig. 7B).....	24
Figura 8 – À esquerda, mecanismo desenvolvido para anular o balancim (Fig. 8A). À direita, mecanismo instalado (Fig. 8B). .....	26
Figura 9 – Balancim fixo, através do emprego dos calços desenvolvidos (Fig. 9A e Fig. 9B).....	26
Figura 10 – Haste utilizada na simulação (Fig. 10A) e fixada à roda limitadora (Fig. 10B).....	27
Figura 11 – Desenho 3D dos tratamentos (Fig.11 A, Fig. 11B, Fig. 11C e Fig. 11D). .....	28
Figura 12 – Distribuição das parcelas na área experimental.....	29
Figura 13 – Disposição dos tratamentos nas linhas da semeadora. ....	30
Figura 14 – Detalhe do T2 durante o processo de semeadura (Fig. 14A), com destaque à semente exposta na superfície do solo (Fig. 14B).....	35
Figura 15 - Da esquerda para a direita, respectivamente, T1, T2, T3 e T4.....	36
Figura 16 – De baixo para cima, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Destaque às falhas e duplos do T2. ....	38
Figura 17 - De baixo para cima, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Destaque às inúmeras falhas do T2 e a uma falha do T3. ....	41
Figura 18 – Histograma de frequência de espaçamento entre plantas dos tratamentos. ....	42

Figura 19 - Comparação entre os sistemas: Fixo com obstáculo (T2) X Balancim com obstáculo (T3). .....44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índices adotados para classificar o espaçamento entre plantas de acordo com o espaçamento agrônômico (EA). .....	33
Tabela 2 – Dados de umidade do solo.....	34
Tabela 3 – IVE da cultura do milho de acordo com os tratamentos empregados. ....	34
Tabela 4 – Estande inicial (plantas.ha <sup>-1</sup> ) de acordo com os diferentes mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes.....	36
Tabela 5 – Porcentagem de espaçamentos duplos entre plantas de milho de acordo com o mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes. ....	37
Tabela 6 – Porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas de milho de acordo com o mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes...	39
Tabela 7 – Porcentagem de falhas (espaçamentos falhos) entre plantas de milho de acordo com o mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes...	40
Tabela 8 – Classificação da distribuição longitudinal dos tratamentos, de acordo com a porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas.....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 A CULTURA DO MILHO .....	13
<b>2.1.1 Características fisiológicas e produtividade</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.2 Fatores que afetam a germinação e emergência do milho</b> .....	<b>15</b>
2.2 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NO PROCESSO DE SEMEADURA DO MILHO .....	17
<b>2.2.1 Deposição de fertilizantes</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.2 Mecanismo dosador de sementes</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2.3 Deposição de sementes</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.4 Tubo de descarga de sementes (tubo condutor)</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.5 Mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.6 Sistema de compactação do solo (compactadores/adensadores)</b> .....	<b>23</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO .....	25
3.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAL UTILIZADO .....	25
<b>3.2.1 Conjunto Trator e Semeadora</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2.2 Híbrido utilizado</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2.3 Limitador de profundidade</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2.4 Simulação de semeadura em solos pedregosos</b> .....	<b>27</b>
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	28
3.4 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	30
3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CULTIVO .....	31
3.6 AVALIAÇÕES REALIZADAS .....	31
<b>3.6.1 Índice de velocidade de emergência (IVE) da cultura do milho</b> .....	<b>31</b>
<b>3.6.2 Estande de plantas</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6.3 Distribuição longitudinal</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6.4 Classificação da regularidade de distribuição longitudinal</b> .....	<b>33</b>
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>34</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO .....	34
4.2 RESULTADOS RELACIONADOS À VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA DO MILHO .....	34

4.3 RESULTADOS RELACIONADOS AO ESTANDE INICIAL DE PLANTAS .....	35
4.4 RESULTADOS RELACIONADOS À DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DAS PLANTAS .....	37
<b>4.4.1 Espaçamentos duplos entre plantas .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4.2 Espaçamentos aceitáveis entre plantas .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4.3 Espaçamentos falhos (falhas) entre plantas .....</b>	<b>39</b>
4.5 CLASSIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL .....	41
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO A – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T1 .....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO B – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T2 .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO C – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T3 .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO D – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T4 .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.) é uma das principais culturas exploradas no Brasil, com grande importância econômica e social no mundo todo. Segundo dados da CONAB (2017), estima-se que aproximadamente 16,7 milhões de hectares foram ocupados pela cultura na safra 2016/2017 (milho primeira e segunda safra), sendo produzidos cerca de 89 milhões de toneladas do grão, o que representa um aumento de 33,7 % em relação à safra do ano anterior.

Sua grande utilização e essencialidade vêm proporcionando cada vez mais a implementação de técnicas de cultivo, o que tem se traduzido em altas produtividades principalmente aos médios e grandes produtores, que possuem melhor acesso a estas tecnologias. No entanto, baixas produtividades podem estar relacionadas a tecnologias e manejos inadequados. Aliado a isso, a qualidade do processo de semeadura é imprescindível para o estabelecimento adequado da cultura (SILVA, 2015).

Com a evolução dos níveis tecnológicos das semeadoras-adubadoras de precisão utilizadas pelos produtores mais tecnificados, aumentou-se também a preocupação com a qualidade de semeadura. De acordo com as regulagens, este processo interfere diretamente na distribuição de sementes, profundidade de semeadura, densidade de plantas e produtividade final da cultura implantada (MANTOVANI; CRUZ; OLIVEIRA, 2015; SILVA, 2015).

Para se obter distribuição uniforme de sementes em semeaduras de milho, tanto em profundidade quanto em relação à distância entre as plantas nas fileiras e entre fileiras, os mecanismos do sistema de deposição das sementes são partes e fatores essenciais para aumentos significativos na produtividade do milho (SILVA, 2015). Estudos apontam a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade das culturas. (KURACHI et al., 1989).

Diante do exposto, torna-se pertinente a avaliação de novos mecanismos desenvolvidos para semeadoras-adubadoras de precisão, a fim de buscar melhorias na qualidade do processo de semeadura da cultura do milho. Desta forma, partindo da hipótese de que o tipo de mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes pode influenciar diretamente a emergência e desenvolvimento da

cultura (SILVA, 2015), o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de dois tipos destes mecanismos (fixo e balancim), simulando uma semeadura em solo com pedregosidade superficial e/ou algum obstáculo entre o sistema limitador da profundidade e o solo, e também em condições de solo sem impedimentos à mecanização (solo não pedregoso).

Os dois sistemas foram avaliados em situações controladas, sendo instalado um obstáculo em uma das rodas limitadoras (bandas) de ambos os sistemas, buscando-se um efeito homogêneo. Além disso, como já mencionado, os sistemas limitadores foram avaliados sem o obstáculo instalado nas bandas, a fim de evidenciar a diferença entre os mesmos apenas em certas situações.

Avaliou-se o índice de velocidade de emergência da cultura do milho, quantificados os espaçamentos aceitáveis, duplos e falhas (distribuição longitudinal), e a população de plantas (estande inicial), de acordo com o sistema limitador.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea Mays* L.) é uma espécie da família Poaceae (gramíneas). Seu centro de origem é associado a uma região onde atualmente localiza-se o México e a Guatemala, na América Central. Desta forma, antigas civilizações que ali se desenvolveram, passaram a cultivá-lo há cerca de 9.000 anos (7.000 a. C.). A seleção artificial realizada pelo homem, assim como a domesticação da planta, contribuiu substancialmente com o melhoramento genético da mesma, originando as variedades e híbridos utilizados atualmente, sendo, essencialmente, mais produtivas (LERAYER et.al. 2006).

#### 2.1.1 Características fisiológicas e produtividade

O milho se destaca entre as culturas agrícolas devido sua alta produtividade, e tal fato se deve, dentre outros fatores, ao seu metabolismo fotossintético  $C_4$ , que impede que ocorra a fotorrespiração durante a fotossíntese. Na fotorrespiração, ocorre a perda do  $CO_2$  fixado pelo ciclo de Calvin. Este metabolismo se caracteriza por um mecanismo que mantém uma alta concentração de  $CO_2$  no sítio ativo da enzima ribulose-bifosfato-carboxilase-oxigenase (Rubisco), a qual é responsável pela fixação de carbono durante o processo, eliminando ou diminuindo drasticamente a perda deste elemento indispensável à fotossíntese (EHLERINGER; CERLING; HELLIKER, 1997 apud BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Entre os fatores que interferem no potencial produtivo da cultura, destacam-se, além do seu metabolismo fotossintético, as condições físicas, químicas e biológicas do solo, precipitação pluvial durante o ciclo da cultura, disponibilidade de água e nutrientes, radiação solar para realização de fotossíntese, incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, entre outros (CRUZ et al., 2009).

No que se refere à interceptação de radiação solar, o arranjo das plantas dentro da linha de semeadura influencia diretamente a capacidade destas aproveitarem esta energia. A eficiência de interceptação de radiação depende da área foliar e arquitetura da planta, que varia conforme o ângulo e formato das folhas. Todavia, para que as plantas consigam interceptar e absorver a radiação solar de

forma satisfatória, elas devem estar bem distribuídas na lavoura, ou seja, distribuídas de forma mais equidistante possível, a fim de minimizar a competição intraespecífica, resultando em maiores rendimentos (VON PINHO et al., 2008).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2017), a estimativa de produtividade média do milho (total) no estado do Rio Grande do Sul na safra 2016/2017 é de 7.300 Kg.ha<sup>-1</sup> (121,67 sacas), o que representa um aumento de 2,0 % em relação à safra anterior. Já a média do Brasil é estimada em 5.308 Kg.ha<sup>-1</sup> (88,47 sacas), representando um incremento de 10,6 % em relação à safra 2015/2016, sendo que o estado com maior produtividade estimada é o Paraná, onde a média bate em 8.785 Kg.ha<sup>-1</sup> (146,42 sacas), representando um acréscimo de produtividade de 10,5 % em relação à safra anterior. No entanto, alguns produtores com maior poder aquisitivo, detentores de um alto nível tecnológico e que podem investir exacerbadamente, têm atingido produtividades de até 16.535 kg.ha<sup>-1</sup> (275,58 sacas) (CRUZ et al., 2009).

Segundo Dourado Neto et al. (2003), atualmente, os programas de melhoramento genético de milho têm preconizado genótipos com alto potencial produtivo em densidades populacionais mais elevadas (80 à 100 mil plantas por hectare), aliando isto a espaçamentos entre linhas mais reduzidos (0,40 m). Neste sentido, segundo Argenta, Silva e Sangoi (2001), justifica-se reavaliar as recomendações de espaçamento entre linhas e densidade de semeadura para a cultura em função das características dos genótipos recentes, como: menor estatura de plantas, angulação mais ereta de folhas e elevado potencial produtivo.

Inúmeros experimentos realizados com diferentes combinações de densidades populacionais e arranjos de plantas indicam que é viável a obtenção de maiores produtividades com maiores populações, até certo ponto, sendo que os resultados dependem diretamente da característica da variedade ou híbrido utilizado. Demétrio et al. (2008) evidenciaram, para os híbridos avaliados na ocasião, em trabalho realizado em Jaboticabal – SP, aumento de produtividade em milho com a redução do espaçamento entre linhas, sendo que o espaçamento de 0,40 m e população entre 75 e 80 mil plantas por hectare foi o tratamento mais satisfatório.

No entanto, Dourado Neto et al. (2003), em experimento conduzido em Piracicaba – SP, concluíram que: na maior população avaliada (90 mil plantas.ha<sup>-1</sup>), a redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m teve efeito positivo no rendimento de grãos no genótipo de arquitetura foliar aberta, devido à otimização de

interceptação da luz; até 60 mil plantas.ha<sup>-1</sup>, independentemente do genótipo, a produtividade cresceu de acordo com a população; já com 90 mil plantas.ha<sup>-1</sup>, houve incremento de produtividade no genótipo de arquitetura foliar ereta, estabilidade no genótipo de arquitetura semiereta, estabilidade no genótipo de arquitetura aberta sob espaçamento 0,40 m e redução sob espaçamento de 0,80 m.

Neste contexto, a importância de uma adequada densidade de plantas realça-se como promotora de altas produtividades. A qualidade do processo de semeadura, portanto, é indispensável, pois, pode-se inferir que uma densidade inadequada é causada por falhas no processo de semeadura.

### **2.1.2 Fatores que afetam a germinação e emergência do milho**

Conhecido com um fruto do tipo cariopse, o grão de milho é formado por quatro estruturas principais: pericarpo (casca), endosperma, gérmen (embrião) e ponta (PAES, 2006). O processo de germinação compreende uma sequência de atividades metabólicas iniciadas com a embebição, onde o ponto vegetativo da raiz diferencia-se em uma radícula, originando o sistema radicular primário da planta, e o ponto vegetativo do embrião rompe o tegumento da semente e se desenvolve verticalmente (MIALHE, 2012, p. 24).

A germinação do milho é hipógea, o que é característico de gramíneas. Durante este processo, os cotilédones permanecem abaixo do solo, enquanto a plúmula (primeira folha do milho) desloca-se em direção à superfície do solo, emergindo. Uma estrutura que também se desenvolve a partir da semente, denominada coleóptilo, é fundamental nesta etapa, pois, além de proteger a plúmula, este ainda é responsável pelo rompimento do solo até a superfície. (MIALHE, 2012, p. 19). Vale ressaltar que o coleóptilo para de crescer ao receber energia solar. Nesse momento, se define a posição do primeiro nó, dois centímetros abaixo da superfície. Por isso, a profundidade de semeadura para o milho deve ser próxima a quatro centímetros, pois, independentemente da profundidade, o primeiro nó ficará a dois centímetros abaixo da superfície, determinado pelo momento em que o coleóptilo chega à superfície do solo e recebe radiação solar direta. Semeaduras rasas, com profundidades menores que quatro centímetros, forçarão a formação do primeiro nó muito próximo à superfície, aumentando a sensibilidade da semente a efeitos de temperaturas baixas ou radiação solar e calor. Além disso, a

plântula também sofrerá maiores efeitos de químicos aplicados na lavoura ou produzidos pela decomposição de material orgânico (alelopatia) (GASSEN, 2017).

De acordo com Mialhe (2012, p. 20), para que a germinação ocorra de forma satisfatória, há requisitos básicos associados à própria semente (maturidade) e as condições do leito de semeadura (fatores ambientais).

Os fatores ambientais que interferem na germinação e emergência das plantas são: água (umidade), ar (oxigênio e dióxido de carbono), luminosidade e temperatura (calor). A água é essencial na ativação enzimática, viabilizando a utilização das reservas acumuladas nas sementes. Para que a germinação ocorra, a semente de milho necessita atingir um nível de umidade de cerca de 35 %. Para tal, a umidade do solo deve estar em níveis satisfatórios. Entretanto, o excesso de umidade também é prejudicial, pois, outro requisito básico é a presença de oxigênio, para que haja respiração. Assim, se o solo estiver saturado e o nível de oxigênio for muito baixo, a germinação será retardada. Além da presença de água e oxigênio, a temperatura e luminosidade também devem ser adequadas para que a germinação ocorra e a emergência seja uniforme. Todavia, o milho germina tanto na presença como na ausência de luz (MIALHE, 2012, p. 20).

Portanto, as condições de semeadura devem ser ideais, dando-se um enfoque especial à profundidade em que a semente é depositada no solo. Semeaduras muito rasas podem comprometer a disponibilidade de água à semente, fazendo com que ela sequer germine. Além disso, a semente fica mais exposta ao ataque de predadores e pode haver exposição e destruição da raiz primária (GASSEN, 2017). No caso de semeaduras muito profundas, a emergência das plântulas é dificultada e têm-se um maior período de suscetibilidade a patógenos (MARCOS FILHO, 2005).

Evidentemente, a profundidade ideal de semeadura de qualquer cultura varia de acordo com o tipo de solo. Em solos mais argilosos, no caso do milho, preconiza-se uma profundidade de 3 a 5 cm, enquanto em solos mais arenosos este valor fica entre 5 e 7 cm (CRUZ et al., 2010).

Neste sentido, destaca-se a importância dos mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes de semeadoras-adubadoras de precisão, uma vez que constantemente áreas agrícolas utilizadas na produção de grandes culturas apresentam impedimentos à mecanização, tais como grandes inclinações e pedregosidade em superfície, fato que limita o desempenho dos mecanismos

limitadores. Além disso, em situações de solos muito pegajosos, predominantes em áreas de várzea, a performance dos limitadores também é prejudicada.

## 2.2 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NO PROCESSO DE SEMEADURA DO MILHO

### 2.2.1 Deposição de fertilizantes

As semeadoras-adubadoras utilizadas na semeadura do milho comumente são equipadas com sulcador (haste sulcadora tipo “facão”) para incorporação do fertilizante (Fig. 1).

Figura 1 – Semeadora de precisão equipada com haste sulcadora.



FONTE: foto tirada pelo autor.

No Sistema Plantio Direto (SPD), a principal função e também vantagem do emprego de hastes sulcadoras em relação a outros mecanismos, como o disco duplo, por exemplo, é a promoção da descompactação da camada superficial do solo e mobilização do solo em subsuperfície. Todavia, a ação do sulcador deve limitar-se ao subsolo, causando a mínima interferência possível na superfície, com o intuito de evitar condições propícias à emergência de plantas daninhas (CEPIK; TREIN; LEVIEN, 2005).

As máquinas semeadoras devem abrir um sulco para depositar o fertilizante na dosagem, posição e profundidade adequada. O sulco aberto pelos rompedores

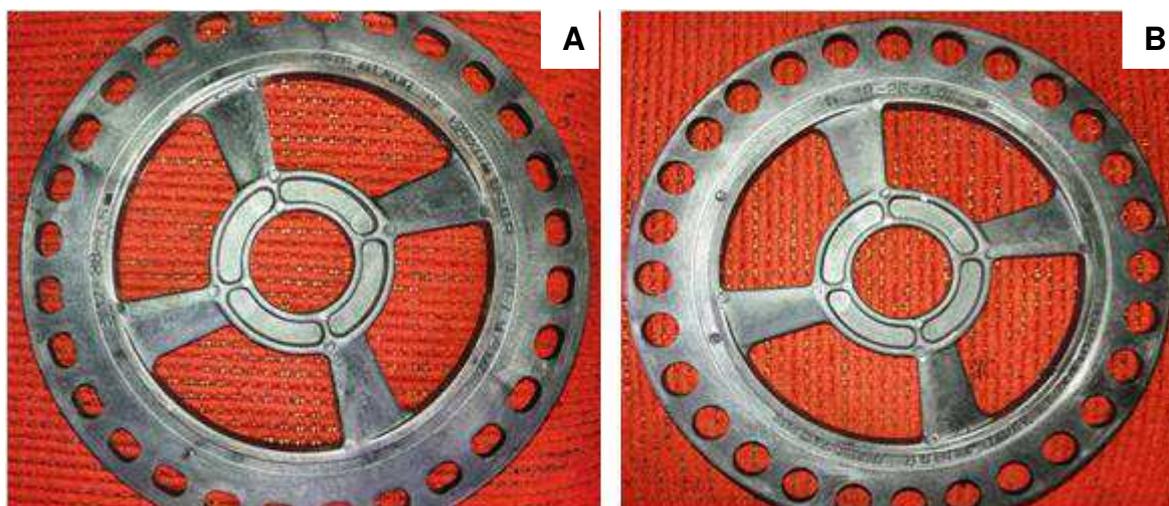
de solo deve ser fechado e, em seguida, aberto novamente para a deposição das sementes na profundidade adequada. Normalmente, o sulco é parcialmente fechado, após o trabalho do sulcador, pela própria ação da gravidade sobre o solo, que retorna em parte ao sulco. Em solos siltosos e argilosos úmidos, com vegetações que dificultam o fechamento do sulco, é recomendável o uso de um dispositivo aterrador complementar (CASÃO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2006).

A aderência de solo nos sulcadores é maior em condições de semeadura em solos com maior teor de argila e água. Esta agregação de solo acarreta em sulcos mais largos, aumentando a mobilização de solo, também ocasionando embuchamentos (SIQUEIRA, 2008).

### 2.2.2 Mecanismo dosador de sementes

Em semeadoras de precisão, os mecanismos distribuidores de sementes mais frequentes são os discos horizontais e os pneumáticos. Na maioria das semeadoras de precisão brasileiras, a dosagem de sementes é realizada por discos horizontais alveolados (Fig. 2), que têm a função de capturar, individualizar, dosar e liberar as sementes. Desta forma, cada semente entra em um alvéolo e é ejetada para o tubo de descarga (tubo condutor) individualmente, o que garante maior precisão na operação de semeadura (SIQUEIRA, 2008).

Figura 2 – Discos horizontais alveolados. Disco com 28 furos oblongos (8x12 mm) (Fig. 2A). Ao lado, disco com 28 furos redondos (12 mm) (Fig. 2B).



FONTE: foto tirada pelo autor.

A escolha do disco (número, forma e diâmetro dos furos) deve considerar as características da semente quanto à classificação. As células dos discos devem ter diâmetro 10 % superior aos das sementes, visando evitar erros de dosagem (SIQUEIRA, 2008).

Nos dosadores pneumáticos, as sementes são capturadas por vácuo parcial ou por pressão nos orifícios de um disco. Neste, há um dispositivo limpador que individualiza as sementes, devendo ser regulado com cuidado, assim como a pressão do fluxo de ar positivo ou negativo. Quando a semente chega próximo do tubo de descarga, o vácuo ou pressão é bloqueado fazendo com que a mesma caia em direção ao solo. Os dosadores pneumáticos mais usados no Brasil são a vácuo (CASÃO JÚNIOR, 2006).

### **2.2.3 Deposição de sementes**

Após o trabalho dos rompedores de solo (sulcadores), se inicia a atuação dos componentes de acabamento de semeadura. A deposição das sementes, geralmente feita no interior do disco duplo, deve permanecer na profundidade adequada, respeitando a distância entre plantas, recobertas com solo e palha sobre o sulco, a fim de evitar o selamento superficial (CASÃO JÚNIOR, 2006).

Segundo o mesmo autor, o mecanismo de deposição de sementes predominante são os discos duplos desencontrados para abertura do sulco, com rodas paralelas de controle de profundidade de sementes, sendo as mais modernas oscilantes, seguidas de uma roda compactadora em “V” (Fig. 3). Mais à frente, serão abordados os mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes e os mecanismos adensadores de solo.

Figura 3 – Linha de semeadura equipada com disco duplo, mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes fixo e rodas compactadoras em “V”.



FONTE: foto tirada pelo autor.

#### **2.2.4 Tubo de descarga de sementes (tubo condutor)**

O tubo condutor é responsável pelo descarregamento das sementes no leito de semeadura, dentro do qual, a semente se descola por gravidade, no caso de semeadoras equipadas com dosadores mecânicos (disco horizontal) (MIALHE, 2012, p. 146). Os condutores, geralmente corrugados, devem ter paredes internas lisas. Ao serem liberadas pelos mecanismos dosadores, as sementes podem entrar em contato com as paredes laterais do condutor, aumentando o tempo para a sua deposição no solo, num processo denominado ricocheteamento. Tubos com maiores comprimentos representam trajetórias mais longas, aumentando o ricocheteamento e, portanto, o tempo de queda da semente. Assim, tubos de perfil parabólico conduzem sementes até o sulco de maneira mais suave, diminuindo este efeito (SIQUEIRA, 2008).

Ainda segundo Siqueira (2008), a eficiência de qualquer sistema de distribuição de sementes depende da distância entre o dosador de sementes e o sulco de semeadura, sendo que quanto menor esta distância, mais satisfatório será o processo. Neste sentido, para que o dosador fique mais próximo do solo, as máquinas atuais são equipadas com reservatórios individuais para cada linha de semeadura, posicionados acima do disco duplo (Fig. 4).

Figura 4 – Reservatórios individuais de semente em semeadora de precisão.



FONTE: foto tirada pelo autor.

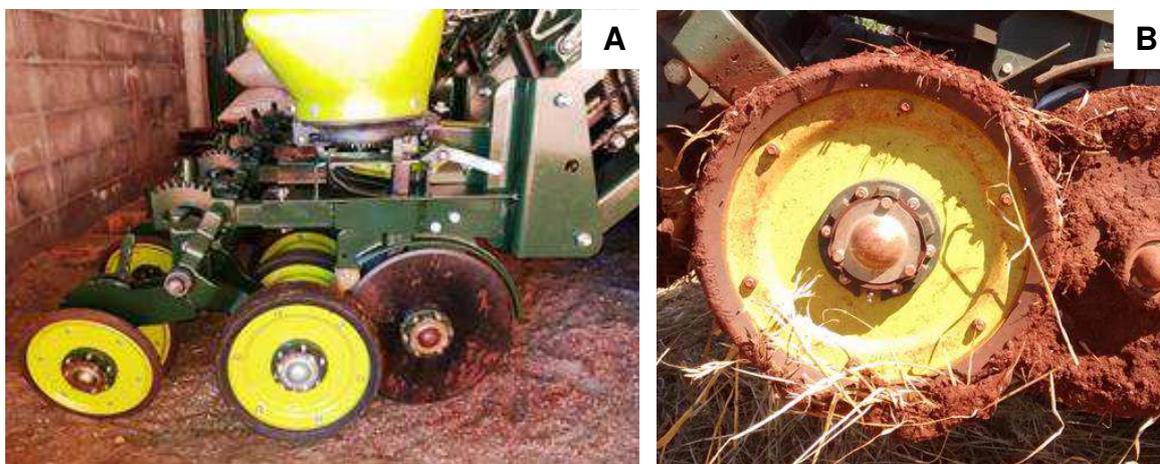
### **2.2.5 Mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes**

O controle da profundidade de deposição das sementes é realizado geralmente através de rodas posicionadas lateralmente aos discos duplos. Dugatto (2015) afirma que

Nas semeadoras mais modernas, estas rodas são acopladas através de mancais que permitem o seu movimento no sentido vertical. No entanto, estão ligadas entre si através de um sistema de balancim, por isso, quando uma roda se movimenta para cima, a outra se movimenta para baixo, mantendo a profundidade constante no centro da linha (DUGATTO, 2015, p. 12).

Este mecanismo permite que a máquina trabalhe em terrenos inclinados e com pedregosidade superficial sem haver grandes interferências na profundidade de deposição das sementes (Fig. 5). Cabe ressaltar que a banda de rodagem deste sistema é constituída de borracha flexível, retirando o eventual solo aderente por possuir superfície deformável (deformação elástica), portanto, trata-se de uma banda autolimpante (Fig. 5).

Figura 5 – À esquerda, sistema limitador da profundidade de deposição das sementes tipo balancim (Fig. 5A). À direita, detalhe da banda limitadora do mesmo, constituída de borracha flexível (Fig. 5B).



FONTE: foto tirada pelo autor.

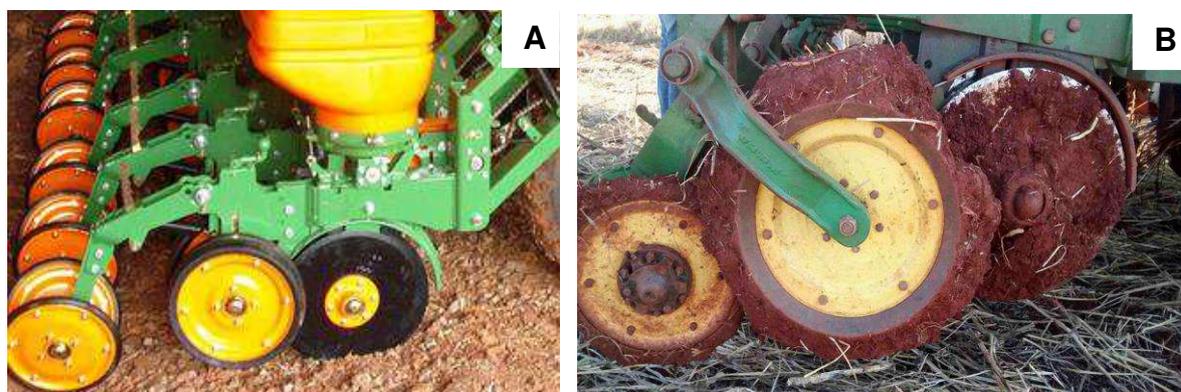
FONTE: Dailson Guimarães Dugatto, 2016.

Já o outro sistema limitador, empregado largamente nas semeadoras, denominado de limitador fixo, também conta com as rodas de controle (limitadoras) acopladas lateralmente aos discos duplos, entretanto, diferentemente do sistema balancim, estas não trabalham individualmente e, além disso, não possuem mancais que promovam seu movimento vertical. Sendo assim, se houver algum obstáculo entre uma delas e o solo, acarretará em diminuição da profundidade de semeadura, pois, todo o conjunto responsável pela deposição das sementes será suspenso. Notoriamente, a profundidade de semeadura somente será alterada se, no momento que ocorrer a suspensão, a semente estiver passando pelo tubo condutor.

Este sistema com rodas limitadoras fixas, além de atuar no controle de profundidade das sementes, também possui a função de aterramento, sendo inclinadas 20° em relação à direção de deslocamento da semeadora, diminuindo a retirada de palha sobre o sulco. Essas rodas podem ter regulagem de abertura (CASÃO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2006). Entretanto, a banda de rodagem é constituída geralmente de material rígido (borracha dura e/ou maciça), o que acarreta em aderência excessiva de solo em condições de semeadura com umidade elevada, diminuindo drasticamente a profundidade de semeadura, resultando em falhas neste processo.

A Figura 6 traz o sistema limitador da profundidade de deposição das sementes fixo, bem como o detalhe da implicação da utilização da banda rígida em condições de semeadura com umidade do solo elevada.

Figura 6 – À esquerda, sistema limitador da profundidade de deposição das sementes fixo (Fig. 6A). À direita, detalhe da banda limitadora do mesmo, constituída de borracha dura e/ou maciça (Fig. 6B).



FONTE: foto tirada pelo autor.

FONTE: Daílson Guimarães Dugatto, 2016.

Os mecanismos limitadores de profundidade posicionados tanto à frente como atrás do abridor de sulco (disco duplo, no caso) não produzem os melhores resultados, pois, distâncias relativamente grandes entre as rodas limitadoras e o disco duplo causam reações antecipadas ou tardias sobre as irregularidades do terreno. Conseqüentemente ocorrem erros na profundidade de abertura do sulco, afetando diretamente a profundidade de deposição das sementes. Os mecanismos limitadores que trazem resultados mais satisfatórios são aqueles onde as rodas limitadoras estão posicionadas lateralmente ao disco duplo (REIS; FORCELLINI, 2002).

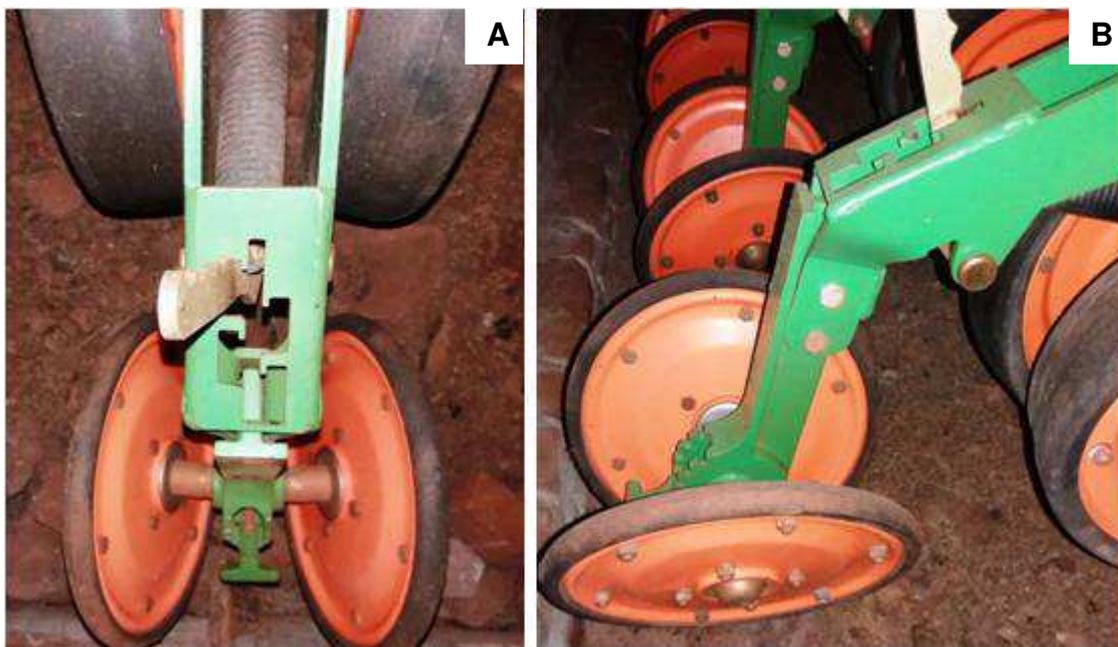
### 2.2.6 Sistema de compactação do solo (compactadores/adensadores)

Os órgãos adensadores que geralmente equipam as semeadoras-adubadoras são compostos por rodas com banda de rodagem específica para os diferentes casos. Estas rodas são montadas sobre suportes individuais, comumente providos de molas, que em alguns casos apresentam regulagem de ângulo de abertura e pressão de adensamento (MIALHE, 2012, p. 182).

Segundo Siqueira (2008), as rodas compactadoras são responsáveis por pressionar o solo nas laterais da semente, a fim de garantir o contato íntimo desta com as partículas de solo e deixar a camada acima menos densa, reduzindo o esforço necessário para a germinação e eliminando os bolsões de ar. Atualmente,

grande parte das semeadoras são equipadas com mecanismos de fechamento de sulco do tipo “V” (Fig. 7).

Figura 7 – Rodas compactadoras em “V” (Fig. 7A e Fig. 7B).



FONTE: foto tirada pelo autor.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO**

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, *Campus Cerro Largo*. O município situa-se na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (latitude 28°08'24" e longitude 54°43' 47").

A área experimental é manejada sob sistema plantio direto, sendo que antes da instalação do experimento em questão estava em pousio. O solo da área foi enquadrado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2013).

#### **3.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAL UTILIZADO**

##### **3.2.1 Conjunto Trator e Semeadora**

A semeadora-adubadora de precisão empregada na implantação do experimento foi a KF 7/50 Compacta<sup>®</sup>, equipada com quatro unidades de semeadura, espaçadas entre si 0,50 m. O dosador de sementes foi equipado com disco de 28 orifícios. Para abertura do sulco a máquina foi equipada com disco tipo corta palha e sulcador tipo haste. Para incorporar a semente ao solo utilizou-se o sulcador tipo disco duplo assimétrico. O fechamento e compactação do sulco foi realizado por roda duplo-angulada em "V".

O trator utilizado foi da marca New Holland<sup>®</sup>, modelo TL 75E, 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) – 57,4 kW (78 cv). Foi preconizada a velocidade de semeadura de 5 km.h<sup>-1</sup> (1,39 m.s<sup>-1</sup>).

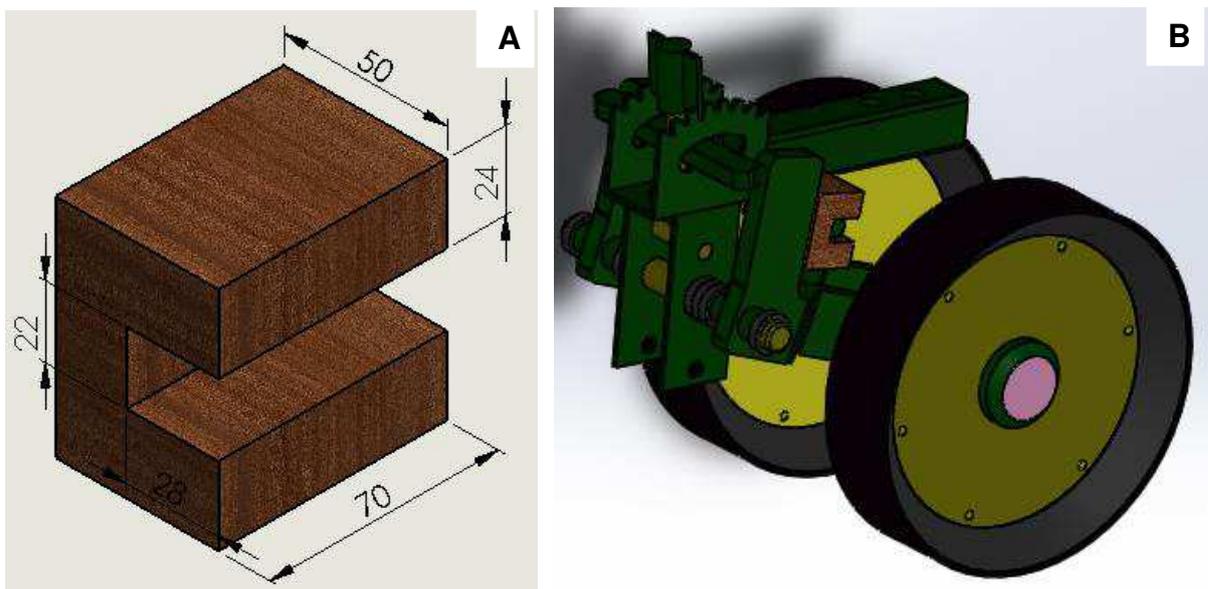
##### **3.2.2 Híbrido utilizado**

Foi utilizado o híbrido Dow AgroSciences<sup>®</sup> 2A106HR, de ciclo hiperprecoce, resistente ao glifosato, com 95 % de germinação e 99 % de pureza.

##### **3.2.3 Limitador de profundidade**

Devido incompatibilidade de componentes, em vez de se utilizar o sistema limitador fixo e o sistema limitador balancim para comparar o comportamento de ambos, empregou-se apenas o sistema limitador balancim. Por isso, foi desenvolvido mecanismo (Fig. 8) para torná-lo fixo, de acordo com o tratamento utilizado.

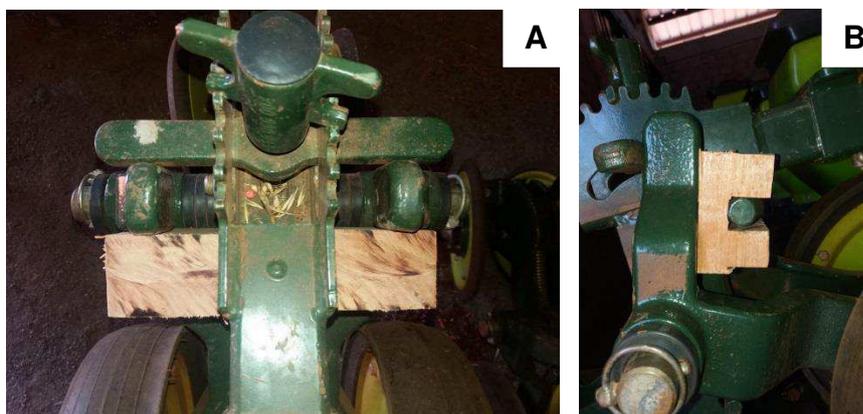
Figura 8 – À esquerda, mecanismo desenvolvido para anular o balancim, com cotas em mm (Fig. 8A). À direita, mecanismo instalado (Fig. 8B).



FONTE: elaborado pelo autor.

A Figura 9 demonstra o sistema limitador balancim com os calços já instalados, tornando-o fixo.

Figura 9 – Balancim fixo, através do emprego dos calços desenvolvidos (Fig. 9A e Fig. 9B).

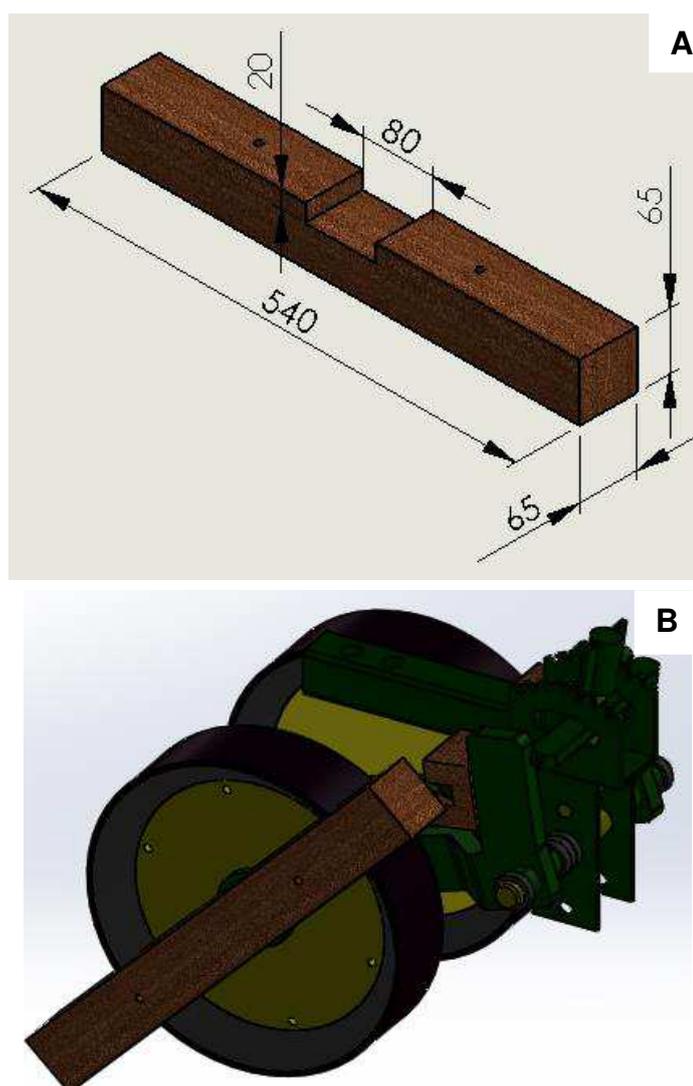


FONTE: elaborado pelo autor.

### 3.2.4 Simulação de semeadura em solos pedregosos

A simulação de solo pedregoso, para avaliar a diferença entre os dois mecanismos limitadores, deu-se através de uma haste de madeira fixada a uma das bandas limitadoras de cada sistema (balancim e balancim fixo), sendo esta fixada externamente à banda com auxílio de parafusos mais longos que substituíram os já existentes na estrutura. A madeira teve um comprimento de 540 mm, a fim de se estender por todo o diâmetro da banda limitadora (340 mm) e ainda mais 100 mm em cada extremidade, com o intuito de atuar como um obstáculo no trajeto da linha de semeadura (Fig. 10).

Figura 10 – Haste utilizada na simulação, com cotas em mm (Fig. 10A), e fixada à roda limitadora (Fig. 10B).



FONTE: elaborado pelo autor.

A área basal da madeira utilizada na simulação foi de 4.225 mm<sup>2</sup> (65 x 65 mm), visando evitar que a mesma penetre no solo, diminuindo a altura do obstáculo. A circunferência da banda limitadora é 1 m, portanto, instalando-se uma madeira em uma das bandas, com as duas extremidades atuando durante uma revolução da roda, obteve-se, teoricamente, dois obstáculos por metro linear.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 5 repetições (blocos), totalizando 20 parcelas, sendo os tratamentos:

Tratamento 1: Mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes fixo, sem obstáculo instalado na banda;

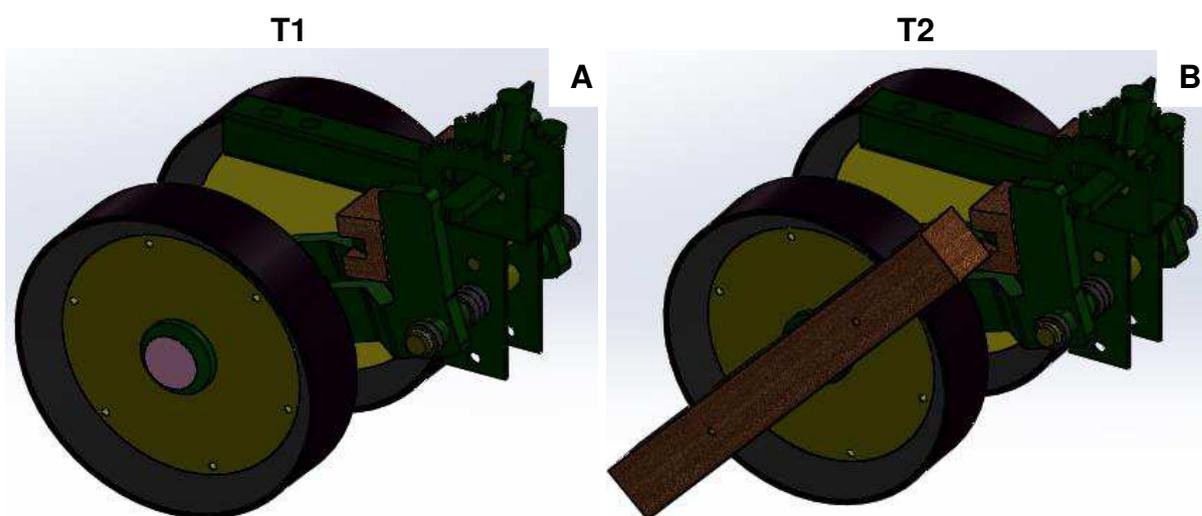
Tratamento 2: Mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes fixo, com obstáculo instalado na banda;

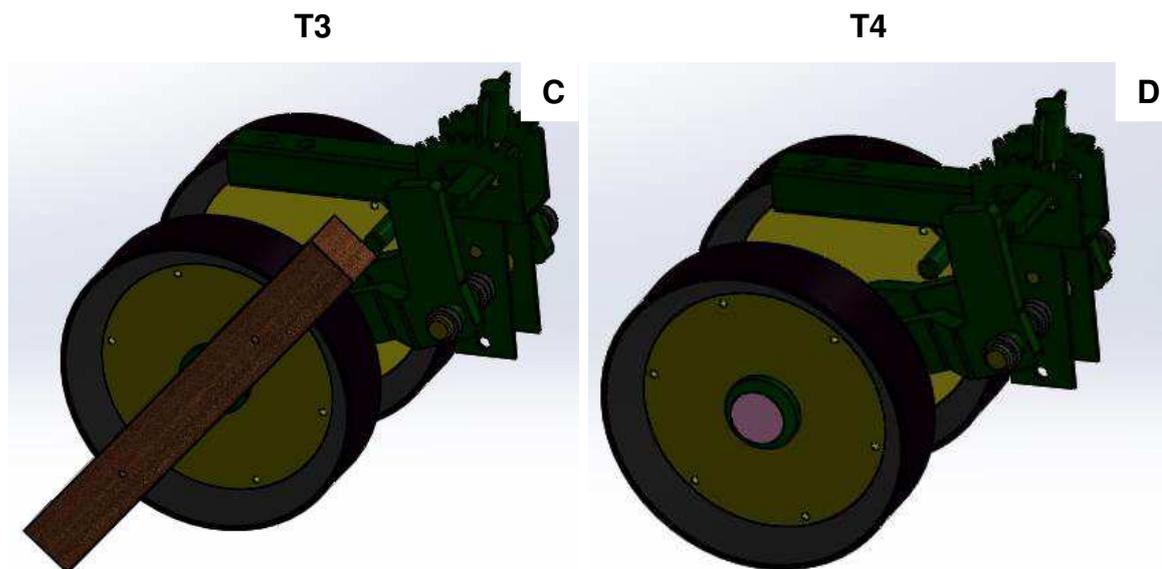
Tratamento 3: Mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes tipo balancim, com obstáculo instalado na banda;

Tratamento 4: Mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes tipo balancim, sem obstáculo instalado na banda.

A montagem dos diferentes tratamentos está representada na Figura 11.

Figura 11 – Desenho 3D dos tratamentos (Fig.11 A, Fig. 11B, Fig. 11C e Fig. 11D).

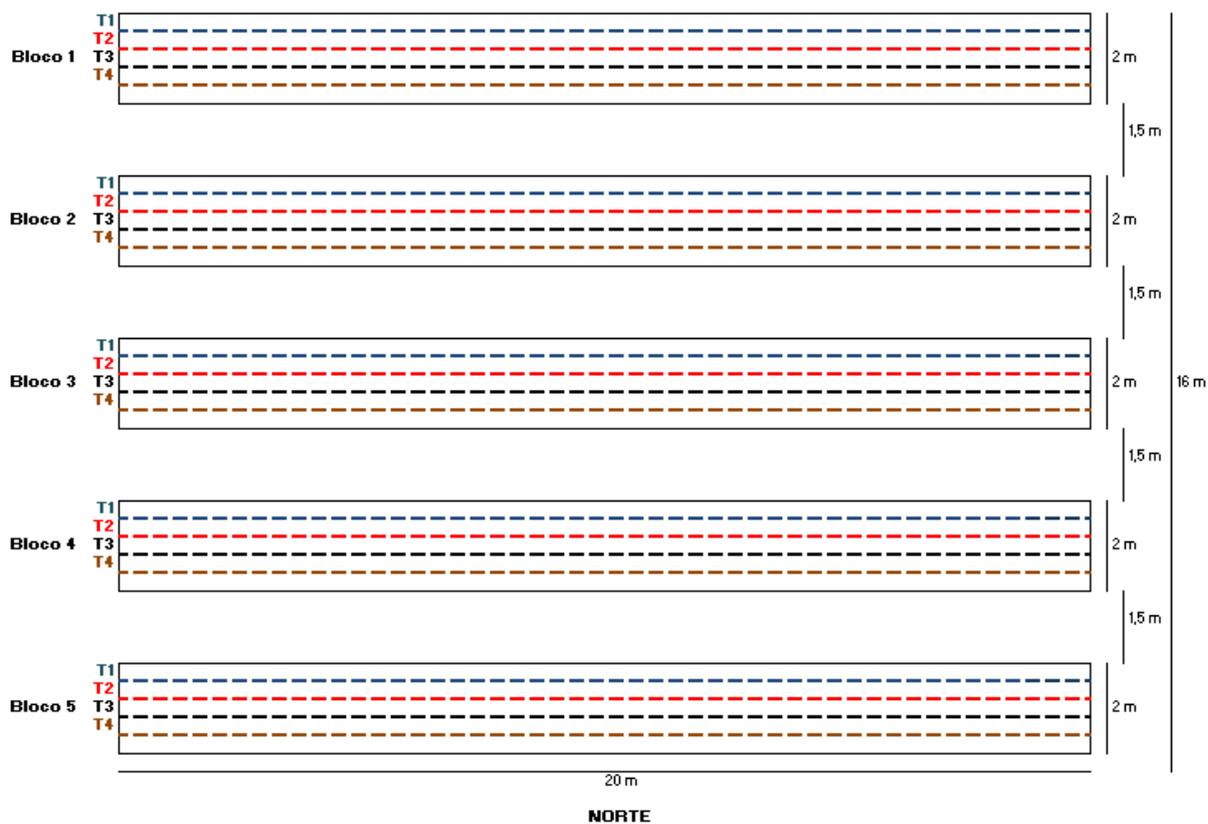




FONTE: elaborado pelo autor.

A distribuição das parcelas, na área experimental, deu-se de acordo com a Figura 12.

Figura 12 – Distribuição das parcelas na área experimental.



FONTE: elaborado pelo autor.

### 3.4 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

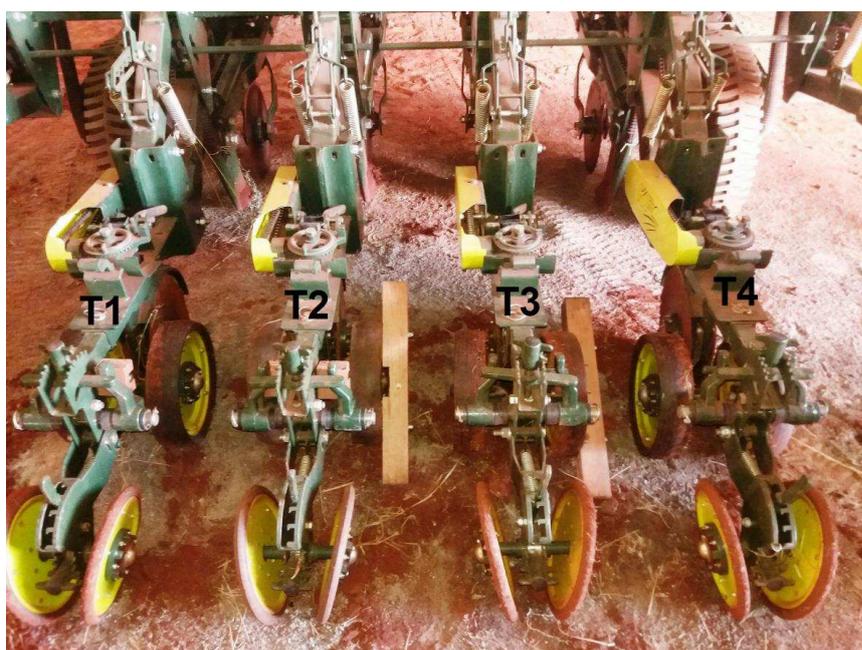
A semeadura foi realizada no dia 24 de janeiro de 2017. O manejo químico para instalação da cultura ocorreu 1 dia antes da semeadura do híbrido, empregando-se Paraquat (Gramoxone 200<sup>®</sup>), na dose de 2 L.ha<sup>-1</sup>.

A semeadora-adubadora foi regulada para depositar 4,1 sementes de milho por metro linear, à profundidade de 4 cm, resultando, teoricamente, em 82.000 sementes.ha<sup>-1</sup>. Não realizou-se a deposição de fertilizante, pois, o presente trabalho não visou avaliar a produtividade da cultura, somente os estádios iniciais.

As duas unidades de semeadura centrais da semeadora foram equipadas com mecanismos reguladores da profundidade de deposição das sementes do tipo balancim, sendo que um destes foi fixado, para proporcionar o comportamento do sistema fixo. Nestas duas unidades de semeadura também foi instalado o mecanismo para simular um obstáculo no percurso da roda limitadora. As duas unidades de semeadura laterais foram equipadas com os mesmos sistemas limitadores, sendo o balancim e o balancim fixo, porém, sem o simulador de semeadura em condições de solo adversas.

A Figura 13 permite a visualização da disposição dos tratamentos nas linhas da semeadora.

Figura 13 – Disposição dos tratamentos nas linhas da semeadora.



FONTE: foto tirada pelo autor.

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CULTIVO

Para a caracterização do solo, realizou-se a avaliação da umidade do mesmo de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997). Não foi avaliada a densidade, pois, como já mencionado, o presente trabalho teve por objeto avaliar somente os estádios iniciais (emergência) da cultura do milho, logo, esta variável é desprezível.

O teor médio de água no solo na camada de 0 a 0,10 m foi determinado no momento da semeadura através da coleta de solo com trado calador em cada um dos cinco blocos. Empregou-se o método padrão de estufa na determinação (método gravimétrico padrão).

### 3.6 AVALIAÇÕES REALIZADAS

As variáveis estudadas foram: índice de velocidade de emergência, população e distribuição longitudinal (espaçamentos aceitáveis, duplos e falhas). Além disso, foi realizada a classificação da regularidade de distribuição longitudinal, conforme a porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas proporcionada por cada tratamento.

#### 3.6.1 Índice de velocidade de emergência (IVE) da cultura do milho

O índice de velocidade de emergência foi determinado contando-se plântulas emergidas em um comprimento de 8 metros nas linhas de cada parcela. A planta foi considerada emergida a partir do instante em que rompeu o solo e pode ser visualizada. A contagem foi finalizada quando o número de plantas emergidas se manteve constante em três dias de contagem consecutiva. A partir das contagens, o índice de velocidade de emergência de plântulas foi expresso utilizando-se a Equação 1, de Maguire (1962 apud MIALHE, 2012, p. 350):

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn} \quad (1)$$

Em que:

*IVE*: índice de velocidade de emergência;

$E1, E2, En$ : número de plantas emergidas, na primeira, segunda, ..., última contagem;

$N1, N2, Nn$ : número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

### **3.6.2 Estande de plantas**

O estande inicial foi avaliado a partir do momento que se obteve o número constante de plantas emergidas, sendo realizada a contagem das plantas ao longo dos 20 metros nas linhas de cada parcela. O valor foi extrapolado para a população em um hectare.

### **3.6.3 Distribuição longitudinal**

A avaliação da distribuição longitudinal deu-se pela análise dos espaçamentos entre as plantas, aos 20 dias após a emergência (DAE), nos 20 metros úteis de cada linha de semeadura. As avaliações foram embasadas nas recomendações de Mialhe (2012, p. 341), que considera como aceitáveis todos os espaçamentos entre plantas de 0,5 a 1,5 vezes o espaçamento agrônômico (EA). Os valores obtidos fora desse limite foram considerados falhas (acima de 1,5 vezes EA) ou duplos (abaixo de 0,5 vezes EA). Sendo assim, dividindo-se 1 metro linear por 4,1 sementes por metro, tem-se  $EA = 24,4$  centímetros. Portanto, os valores de espaçamento entre plantas maiores do que 36,6 centímetros foram considerados falhas, valores menores do que 12,2 centímetros duplos, e valores dentro deste intervalo foram tidos como aceitáveis.

No que se refere aos espaçamentos falhos, foram adotados 5 índices de falhas, não apenas 1 como na metodologia proposta por Mialhe (2012), a fim de aprimorá-la. Isto porque, muitas vezes, ocorrem duas ou mais falhas consecutivas, e, portanto, com apenas 1 índice, ocorre subestimação deste parâmetro, pois, duas falhas consecutivas, por exemplo, são contabilizadas como apenas uma. Desta forma, com a adoção destes índices, é possível detectar a ocorrência de falhas subsequentes, apurando seu real número, de acordo com o tamanho destas. A Tabela 1 mostra os índices que foram adotados para classificar o espaçamento entre plantas de acordo com o EA.

Tabela 1 – Índices adotados para classificar o espaçamento entre plantas de acordo com o espaçamento agrônômico (EA).

Sentença	Índice	Intervalo (cm)
Duplos	0,5 x EA*	0 – 12,2
Aceitáveis	1,5 x EA	12,2 – 36,6
1 Falha	2,5 x EA	36,6 – 61,0
2 Falhas	3,5 x EA	61,0 – 85,4
3 Falhas	4,5 x EA	85,4 – 109,8
4 Falhas	5,5 x EA	109,8 – 134,1
5 Falhas	-	134,1 – 300,0

\* EA = 24,4 cm.

FONTE: elaborado pelo autor.

### 3.6.4 Classificação da regularidade de distribuição longitudinal

A regularidade de distribuição longitudinal de sementes na linha, segundo Dambrós (1998 apud MIALHE, 2012, p. 352), foi classificada em função da porcentagem dos espaçamentos aceitáveis, determinados em ensaios de bancada, da seguinte forma:

- Desempenho ótimo: 90 – 100 %
- Desempenho bom: 75 – 90 %
- Desempenho regular: 50 – 75 %
- Desempenho insatisfatório: abaixo de 50 %

### 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SASM – Agri, versão 3.2.4. Aplicou-se o teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade, pois, tratam-se de tratamentos qualitativos (mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

As análises realizadas para caracterizar as condições de cultivo revelaram uma umidade média na camada superficial (0 a 0,10 m) de 22,38 %. Sendo assim, a umidade na camada 0,10 a 0,20 m deverá ser mais elevada (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados de umidade do solo.

Profundidade (m)	Umidade gravimétrica (Kg.Kg <sup>-1</sup> )
0 – 0,10	0,22
CV (%)	1,28

FONTE: Elaborado pelo autor.

### 4.2 RESULTADOS RELACIONADOS À VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA DO MILHO

O índice de velocidade de emergência (IVE) apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Os tratamentos T4, T1 e T3 apresentaram os melhores índices, não diferindo significativamente entre si, com IVE equivalente a 24,88, 24,46 e 22,77, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – IVE da cultura do milho de acordo com os tratamentos empregados.

Tratamento	IVE
T1	24,46 a
T2	14,23 b
T3	22,77 a
T4	24,88 a
CV (%)	18,37

Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Duncan, em nível de 5 % de probabilidade de erro.

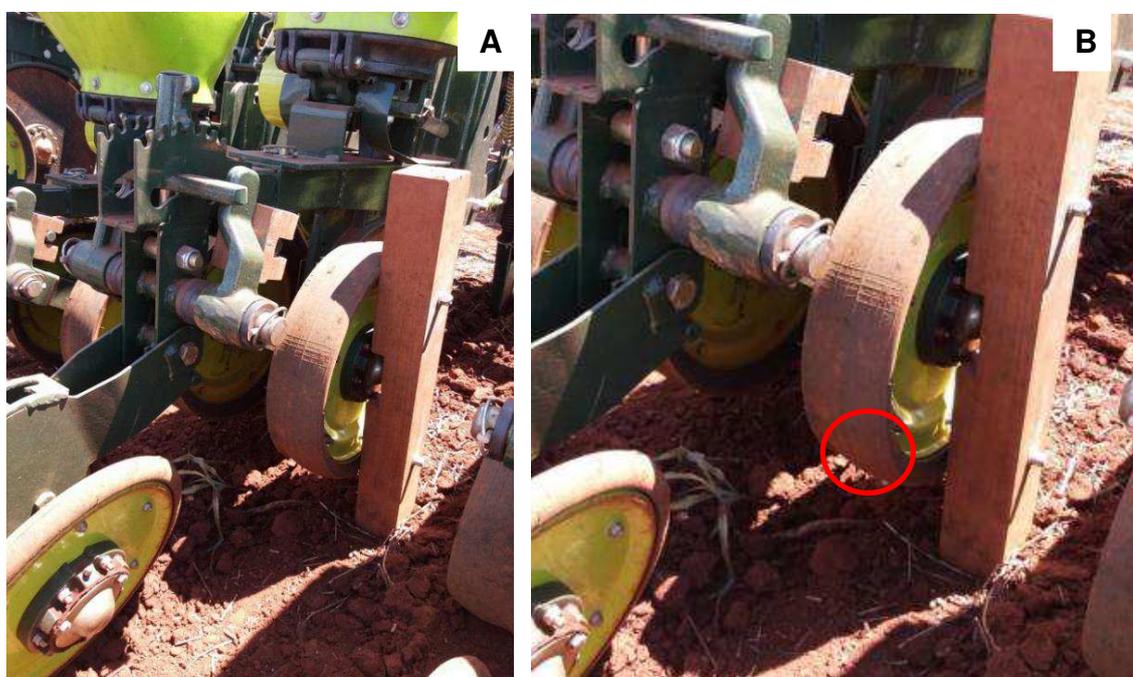
FONTE: Elaborado pelo autor.

Já o T2 teve o menor IVE, diferindo estatisticamente dos demais, sendo assim, o tratamento menos satisfatório nesta avaliação.

Conforme estes resultados é possível afirmar que, para esta variável, o mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes balancim não

difere do sistema fixo no caso de semeadura em solo sem impedimentos à mecanização, pelo fato de não haver grandes variações na profundidade de semeadura. Entretanto, no caso de semeadura em solo com pedregosidade superficial e/ou outro obstáculo entre a roda limitadora e o solo, o sistema limitador balancim apresenta performance superior ao fixo, tendo em vista que o valor mais baixo de IVE do T2 se deve ao fato de que algumas sementes ficaram expostas na superfície do solo no momento da semeadura, devido à ação do obstáculo instalado na roda limitadora, não germinando. A Figura 14 elucida tal situação.

Figura 14 – Detalhe do T2 durante o processo de semeadura (Fig. 14A), com destaque à semente exposta na superfície do solo (Fig. 14B).



FONTE: elaborado pelo autor.

#### 4.3 RESULTADOS RELACIONADOS AO ESTANDE INICIAL DE PLANTAS

Quanto ao estande inicial de plantas, também observou-se diferença significativa entre os tratamentos. T1 e T4 foram os tratamentos que obtiveram os melhores resultados nesta variável, proporcionando, respectivamente, 80.000 e 76.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, não diferindo entre si, conforme consta na Tabela 4.

Tabela 4 – Estande inicial (plantas.ha<sup>-1</sup>) de acordo com os diferentes mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes.

Tratamento	População (plantas.ha <sup>-1</sup> )
T1	80.000 a
T2	58.400 c
T3	64.800 b
T4	76.200 a
CV (%)	6,42

Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Duncan, em nível de 5 % de probabilidade de erro.

FONTE: Elaborado pelo autor.

O T2 apresentou o menor estande de plantas. O T3 mostrou-se um tratamento intermediário, diferindo dos melhores tratamentos (T1 e T4) e também do T2, chegando à casa das 64.800 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Estes resultados evidenciam o fato que, para esta variável, o sistema fixo e o sistema balancim não diferem entre si em sementeiras em solos sem impedimentos à mecanização, assim como constatou-se para a variável IVE. Além disso, comprova-se, no caso de sementeira em locais onde há algum obstáculo entre a roda limitadora de profundidade e o solo, que o sistema balancim, mesmo perdendo parte de seu desempenho, ainda mostra-se superior ao sistema fixo.

A Figura 15 permite a visualização da diferença de estande entre os tratamentos, aos 27 dias após a sementeira (DAS).

Figura 15 - Da esquerda para a direita, respectivamente, T1, T2, T3 e T4.



FONTE: elaborado pelo autor.

Inúmeros trabalhos apontam que um adequado estande inicial é de suma importância produtiva para a cultura do milho. Marcos Filho (2013) afirma que o estabelecimento do estande constitui base sólida para a obtenção de alta produtividade. A emergência rápida e uniforme das plântulas contribui significativamente para a obtenção da população desejada de plantas por área e falhas no estabelecimento do estande certamente contribuem para gerar frustrações. Segundo Sangoi (2001), uma baixa densidade de plantas reduz a interceptação da radiação solar por área, favorecendo a produção de grãos por planta, mas reduzindo a produtividade por área.

Pacheco et al (1996) informam que a desuniformidade no estabelecimento de plantas poderá dificultar operações subsequentes durante o ciclo da cultura, como pulverizações, tratos culturais e a colheita, além de resultar em quedas na produtividade.

#### 4.4 RESULTADOS RELACIONADOS À DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DAS PLANTAS

##### 4.4.1 Espaçamentos duplos entre plantas

No que se refere à porcentagem de espaçamentos duplos entre plantas, os tratamentos adotados proporcionaram diferença significativa. T4, T3 e T1 foram os melhores tratamentos, apresentando, respectivamente, 0,74, 1,20 e 1,26 % de espaçamentos duplos, não diferindo entre si, mesmo com uma tendência de superioridade do T4. O T2, com 7,18 % de duplos, foi o tratamento menos satisfatório, diferindo estatisticamente dos demais, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Porcentagem de espaçamentos duplos entre plantas de milho de acordo com o mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes.

Tratamento	Duplos (%)
T1	1,26 a
T2	7,18 b
T3	1,20 a
T4	0,74 a
CV (%)	74,65

\* Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Duncan, em nível de 5 % de probabilidade de erro.

FONTE: Elaborado pelo autor.

Analisando estes resultados, nota-se que o sistema limitador fixo com o obstáculo instalado em uma das bandas apresentou os maiores valores para espaçamentos duplos. Isto se deve, decisivamente, ao contato das sementes com as paredes laterais do tubo condutor ao serem liberadas, caracterizando um processo denominado ricocheteamento (SIQUEIRA, 2008), devido à ação do obstáculo instalado na banda de rodagem do sistema, o qual imita o comportamento do mesmo em situação de semeadura em solos com pedregosidade superficial.

Este processo foi mínimo em T1 e T4 e ocorreu mais expressivamente em T2 e T3. Todavia, devido ao fato do T3 se tratar do sistema balancim, mesmo com a ação do obstáculo, o ricocheteamento foi drasticamente diminuído em relação ao T2, pois, o balancim, por possuir rodas limitadoras que trabalham individualmente, proporcionou um menor impacto sobre a linha de semeadura como um todo, abrandando os efeitos gerados pela ação do mesmo. A Figura 16 traz uma visão transversal às linhas de semeadura do bloco 3 do experimento, aos 27 DAS, onde temos, de baixo para cima, T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Figura 16 – De baixo para cima, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Destaque às falhas e duplos do T2.



FONTE: elaborado pelo autor.

Quanto ao coeficiente de variação (CV) dos dados, este foi extremamente alto (CV% = 74,65) devido à discrepância entre as médias dos tratamentos, que variam de 0,74 % a 7,18 % para o T4 e o T2, respectivamente, nesta variável (espaçamentos duplos). Além disso, as médias também variam dentro do mesmo tratamento.

#### 4.4.2 Espaçamentos aceitáveis entre plantas

Para porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas, observou-se que T4 e T1 foram os melhores tratamentos, proporcionando, respectivamente, 90,92 e 87,00 % de espaçamentos aceitáveis, não diferindo significativamente entre si. O T3 foi um tratamento intermediário, com 71,66 % de aceitáveis, sendo inferior ao T4 e T1 e superior ao T2, que proporcionou apenas 48,54 % de aceitáveis (Tabela 6).

Tabela 6 – Porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas de milho de acordo com o mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes.

Tratamento	Aceitáveis (%)
T1	87,00 a
T2	48,54 c
T3	71,66 b
T4	90,92 a
CV (%)	9,92

Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Duncan, em nível de 5 % de probabilidade de erro.

FONTE: Elaborado pelo autor.

Estas variações de porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas nos diferentes tratamentos estão diretamente relacionadas à porcentagem de espaçamentos falhos entre plantas, que serão abordados no próximo item.

#### 4.4.3 Espaçamentos falhos (falhas) entre plantas

Com o aprimoramento da metodologia proposta por Mialhe (2012) para a avaliação e determinação das falhas, o número real de falhas pode ser verificado, classificando-a de acordo com seu tamanho. A Tabela 7 traz os resultados obtidos para este parâmetro.

Tabela 7 – Porcentagem de falhas (espaçamentos falhos) entre plantas de milho de acordo com o mecanismo limitador da profundidade de deposição das sementes.

Tratamento	Falhas (%)
T1	11,72 a
T2	44,30 c
T3	27,14 b
T4	8,32 a
CV (%)	27,09

Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Duncan, em nível de 5 % de probabilidade de erro.

FONTE: Elaborado pelo autor.

Para esta variável, assim como observou-se para espaçamentos aceitáveis, T4 e T1 foram os melhores tratamentos, conferindo, respectivamente, 8,32 e 11,72 % de falhas, não diferindo entre si. O T2, novamente, foi o tratamento mais irregular, com 44,30 % de falhas, confirmando os resultados já demonstrados anteriormente neste trabalho. O T3, outra vez, mostrou-se um tratamento intermediário, apresentando 27,14 % de falhas, sendo significativamente superior ao T2 e inferior aos melhores tratamentos.

Vale ressaltar que as falhas na distribuição longitudinal das plantas de milho referentes ao T2 (sistema limitador fixo, com obstáculo instalado na banda) e aos demais tratamentos não são devidas a falhas de deposição das sementes, e sim falhas relacionadas a proporcionar condições favoráveis à germinação das sementes e emergência da cultura. Ou seja, as sementes foram dosadas conforme a regulagem da semeadora-adubadora, entretanto, por se tratar do T2, boa parte destas foram dispostas sobre a superfície do solo, resultando em falhas no processo de semeadura. A Figura 17 apresenta uma visão transversal às linhas de semeadura do bloco 4 do experimento, aos 14 DAS, onde temos, de baixo para cima, T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Figura 17 - De baixo para cima, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Destaque às inúmeras falhas do T2 e a uma falha do T3.



FONTE: elaborado pelo autor.

Com estes resultados, evidencia-se as limitações que o sistema limitador da profundidade de deposição das sementes fixo apresenta quanto à performance em semeaduras em condições de solo com inclinação acentuada e/ou pedregosos, resultando em falhas no processo de semeadura, o que se traduz em um estande de plantas inadequado, assim como, má distribuição das plantas na lavoura.

#### 4.5 CLASSIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL

Levando em consideração o proposto por Dambrós (1998 apud MIALHE, 2012, p. 352), a regularidade de distribuição longitudinal de sementes na linha foi classificada em função da porcentagem de espaçamentos aceitáveis proporcionada por cada tratamento. A Tabela 8 apresenta a classificação dos tratamentos conforme esta metodologia.

Tabela 8 – Classificação da distribuição longitudinal dos tratamentos, de acordo com a porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas.

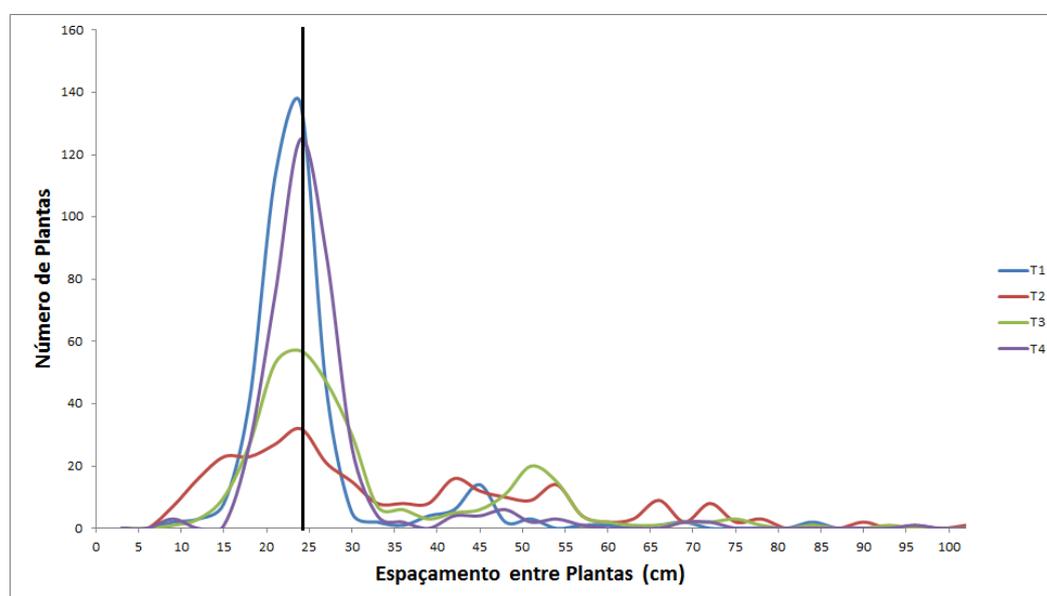
<b>Tratamento</b>	<b>Classificação da Distribuição Longitudinal</b>
T1	Desempenho bom
T2	Desempenho insatisfatório
T3	Desempenho regular
T4	Desempenho ótimo

FONTE: Elaborado pelo autor.

Desta forma, evidencia-se, mais uma vez, a superioridade do sistema limitador balancim em relação ao sistema limitador fixo, no caso de semeadura em condições de solo adversas. Ainda, comparando-se o desempenho dos sistemas em condições de solo favoráveis, o sistema balancim, nesta classificação, se mostrou superior ao fixo, mesmo que de forma menos acentuada.

Para ilustrar melhor esta situação, a Figura 18 traz um histograma de frequência de espaçamento entre plantas dos diferentes tratamentos.

Figura 18 – Histograma de frequência de espaçamento entre plantas dos tratamentos.



\* A linha vertical em preto equivale ao EA (EA = 24,4 cm).

FONTE: elaborado pelo autor.

De acordo com os dados da Figura 18, fica visível o melhor comportamento do T1 e do T4 no que diz respeito à manutenção de um espaçamento adequado entre plantas, o que já era esperado, tendo em vista que estes dois tratamentos imitam uma semeadura em solo sem pedregosidade superficial e/ou outro obstáculo entre a roda limitadora e o solo, ou seja, a melhor situação possível. Portanto, podemos afirmar que os mecanismos não diferem entre si no que diz respeito a semeaduras nestas circunstâncias (ver Anexo A e D para melhor visualização de espaçamentos duplos, aceitáveis e falhas correspondentes ao T1 e T4, respectivamente).

Já ao observar a curva de frequência projetada pelos dados de espaçamento do T3, nota-se uma grande diferença em relação ao T2, onde praticamente o dobro

de plantas encontraram-se distribuídas próximas ao EA. (ver Anexo B e C para melhor visualização de espaçamentos duplos, aceitáveis e falhas correspondentes ao T2 e T3, respectivamente). Novamente, o sistema balancim apresentou resultados satisfatórios em relação ao fixo, no caso de simulação de semeadura em solo com impedimentos à mecanização.

Pesquisas ressaltam a essencialidade de uma boa distribuição longitudinal das plantas na lavoura, sobretudo na cultura do milho, devido às características morfológicas da planta (KURACHI et al., 1989; TOURINO et al., 1993; ENDRES; TEIXEIRA, 1997; SANGOI, 2001; VON PINHO et al., 2008; CARPES, 2014). Conforme estes, o milho é uma cultura que exige um bom estande de plantas com uma distribuição uniforme destas na lavoura. Kurachi et al. (1989), afirmam que a distribuição longitudinal das plantas na linha deve ser uniforme, e os espaçamentos entre elas devem atender ao número agronomicamente recomendado de plantas por hectare.

O arranjo das plantas dentro da linha de semeadura influencia diretamente a capacidade destas aproveitarem a energia solar. A eficiência de interceptação de radiação depende da área foliar e arquitetura da planta, que varia conforme o ângulo e formato das folhas. Todavia, para que as plantas consigam interceptar e absorver a radiação solar de forma satisfatória, elas devem estar bem distribuídas na lavoura, ou seja, distribuídas de forma mais equidistante possível, a fim de minimizar a competição intraespecífica, resultando em maiores rendimentos (VON PINHO et al., 2008).

Endres e Teixeira (1997) concluíram que, se as plantas estiverem distribuídas de maneira uniforme na linha de semeadura, o fator população de plantas é o que menos influencia na produtividade da cultura. Ainda conforme estes autores, os ganhos ou perdas de produtividade são decorrentes da densidade das plantas e de seu espaçamento na linha de semeadura.

Segundo Carpes (2014), algumas culturas possuem grande sensibilidade à variação populacional e também ao arranjo dos espaçamentos entre as sementes na linha de semeadura. Desta forma, o desempenho dos mecanismos envolvidos na distribuição e acomodação das sementes no leito de semeadura deve proporcionar o maior número possível de espaçamentos aceitáveis, o que irá contribuir para que a cultura alcance níveis satisfatórios de produtividade.

As pesquisas realizadas por Tourino et al. (1993), mostraram que a distribuição espacial das plantas na linha de semeadura pode determinar perdas em torno de 15 % ou mais na cultura do milho.

A correta distribuição longitudinal de sementes na linha de semeadura proporciona um melhor arranjo de plantas, sendo de grande importância na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas para produtividade da cultura. Este efeito é de maior significância no milho, devido a características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das plantas (SANGOI, 2001).

Para complementar e também justificar tais diferenças entre o T2 e o T3, a Figura 19 exibe os dois mecanismos em ação, onde ambos os sistemas estão sob atuação do obstáculo em uma de suas rodas limitadoras.

Figura 19 - Comparação entre os sistemas: Fixo com obstáculo (T2) X Balancim com obstáculo (T3).



FONTE: elaborado pelo autor.

Como podemos notar, no T2, as duas rodas limitadoras da profundidade de deposição das sementes estão sendo elevadas pela atuação do obstáculo instalado na banda de rodagem, e, como se trata do sistema fixo, acarretará em diminuição drástica da profundidade de semeadura, pois, todo o conjunto responsável pela deposição das sementes está sendo suspenso, deixando sementes expostas sobre a superfície do solo, levando a falhas no processo de semeadura.

Já no T3, apenas uma roda limitadora encontra-se elevada, a qual está sob atuação do obstáculo instalado. Sendo assim, por se tratar do sistema balancim, onde as rodas limitadoras trabalham de forma individual, a profundidade se mantém constante no centro da linha de semeadura, proporcionando condições adequadas à germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema limitador balancim não difere do sistema limitador fixo no caso de semeaduras em solo plano e sem pedregosidade superficial e/ou outro obstáculo entre a roda limitadora e o solo (solo sem impedimentos à mecanização) para as variáveis analisadas neste trabalho (índice de velocidade de emergência da cultura do milho, estande de plantas, distribuição longitudinal).

No caso de semeaduras em solo com impedimentos à mecanização, o sistema limitador balancim apresenta performance e desempenho superior ao sistema limitador fixo, conferindo melhor estande de plantas, menor porcentagem de falhas e de duplos, e conseqüentemente, maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis.

Ressalta-se a necessidade de mais estudos relacionados aos diferentes mecanismos limitadores da profundidade de deposição das sementes de semeadoras-adubadoras de precisão, a fim de comparar suas performances nas mais variadas condições de semeadura.

## REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência rural**. Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, nov./dez. 2001.

BERGAMASCHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p. Disponível em: <[http://www.emater.tche.br/site/arquivos/milho/O\\_Milho\\_e\\_o\\_Clima.pdf](http://www.emater.tche.br/site/arquivos/milho/O_Milho_e_o_Clima.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

CARPES, Dauto Pivetta. **Distribuição longitudinal de sementes de milho e soja em função do tubo condutor, mecanismo dosador e densidade de semeadura**. 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Santa Maria, 2014.

CASÃO JÚNIOR, R. Máquinas e qualidade de semeadura em plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v. 96, p. 10-18, set./out. 2006.

CASÃO JÚNIOR, Ruy; SIQUEIRA, Rubens. Máquinas para manejo de vegetações e semeadura em plantio direto. In: CASÃO JÚNIOR, Ruy; SIQUEIRA, Rubens; MEHTA, Yeshwant Ranchandra (ed); PASSINI, João José (Org.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. cap. 6, p. 85-126.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 447-457, mai/ago. 2005.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2016/17**, v. 4, n. 6 - Sexto levantamento (março 2017). Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_03\\_14\\_15\\_28\\_33\\_boletim\\_graos\\_marco\\_2017bx.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

CRUZ, José Carlos; GARCIA, João Carlos; FILHO, Israel Alexandre Pereira; PINTO, Luciano Bruzi Brasil; QUEIROZ, Luciano R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Circular técnica, 124).

CRUZ, José Carlos; FILHO, Israel Alexandre Pereira; ALVARENGA, Ramon Costa; NETO, Miguel M. Gontijo; VIANA, João Herbert Moreira; OLIVEIRA, Maurílio Fernandes; MATRANGOLO, Walter José Rodrigues; FILHO, Manuel Ricardo de Albuquerque. **Cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/manejomilho.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2017.

DEMÉTRIO, C. S.; FILHO, D. F.; CAZZETA, J. O.; CAZZETA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1691-1697, 2008.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 03, 2003.

DUGATTO, Daílson Guimarães. **Efeitos do mecanismo compactador de semeadoras adubadoras sobre a emergência do milho**. 2015. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Cerro Largo, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

ENDRES, Valter Cauby; TEIXEIRA, Maria do Rosário de Oliveira. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Milho: informações técnicas**. Dourados, MS: EMBRAPA / CPAO, 1997. cap. 6, p. 105 – 108.

GASSEN, D. Manejo moldado para altas produtividades. **A Granja**. Porto Alegre, v. 73, n. 818, p. 30-33, fev./2017.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989.

LERAYER, Alda; VILLARI, Antônio Celso; MARQUES, Débora; SILVA, William; PATERNIANI, Ernesto; SOLOGUREN, Leonardo; DI CIERO, Luciana; AMBROSIO, Jacqueline; NAKAMURA, Erika; BRITO, Sérgio. Guia do Milho: Tecnologia do campo à mesa. **Conselho de Informações sobre Biotecnologia**, 2006.

MANTOVANI, E. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2005.

MARCOS FILHO, Júlio. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**, v. 23, n. 1, p. 21-23, 2013.

MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas Agrícolas para Plantio**. Campinas, SP: Millennium, 2012.

PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 209-214, 1996.

PAES, Maria Cristina Dias. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica, 75).

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Análise da precisão funcional da semeadora. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 6, n. 2, p. 91-104, 2002.

SANTOS, Humberto Gonçalves; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; OLIVEIRA, Virlei Álvaro de; LUMBRETERAS, José Francisco; COELHO, Maurício Rizzato; ALMEIDA, Jaime Antonio de; CUNHA, Tony Jarbas Ferreira; OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SANGOI, L. *Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield*. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SILVA, Vicente Filho Alves. **Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades**. 2015. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

SIQUEIRA, Rubens. Milho: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 34., 2008, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: IAPAR, 2008. Disponível em: <<http://www2.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Molin/leb432/Semeadoras/semeadora-adubadora%20para%20sistema%20de%20plantio%20direto%20com%20qualidade.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

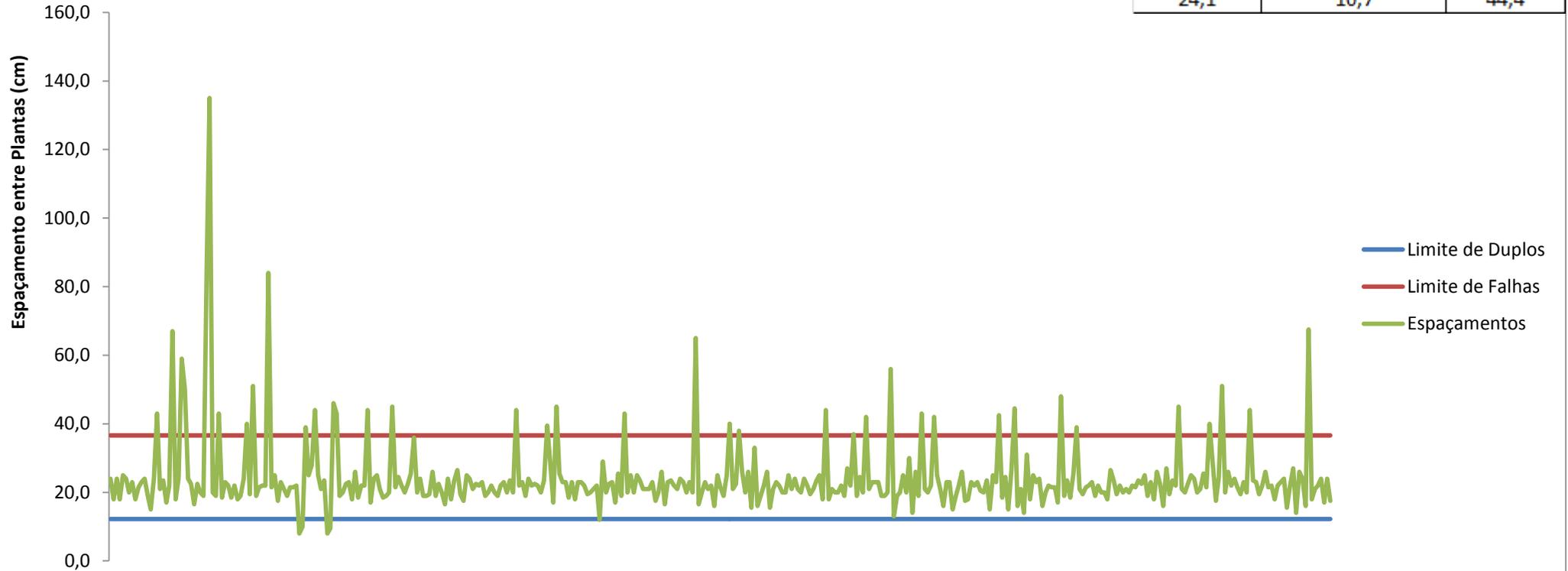
TOURINO, Maria Cristina Cavalheiro. **Influência da velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja na precisão de semeadura**. 1993. 114 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

VON PINHO, R. G.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENDES, M. C. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio direto na região sudeste do Tocantins. **Bragantia**, v. 67, n. 03, p. 733-739, 2008.

## ANEXO A – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T1

## Limitador Fixo - T1

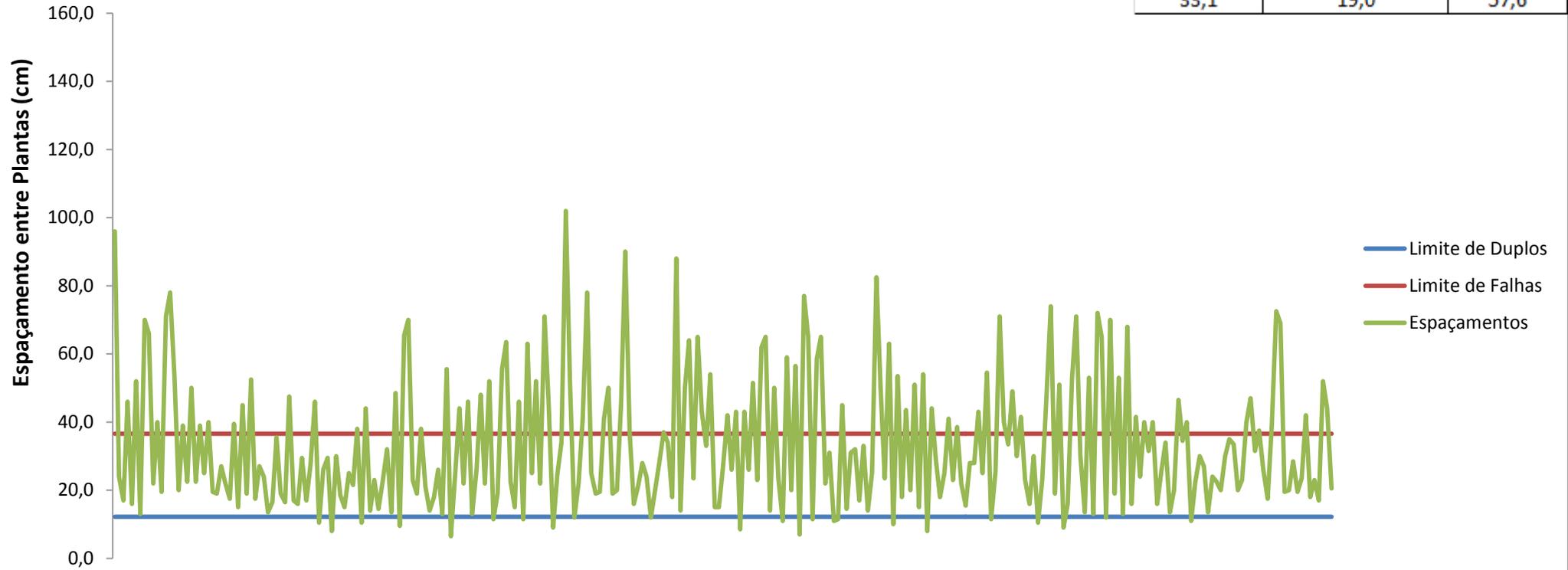
Média (cm)	Desvio-padrão	CV (%)
24,1	10,7	44,4



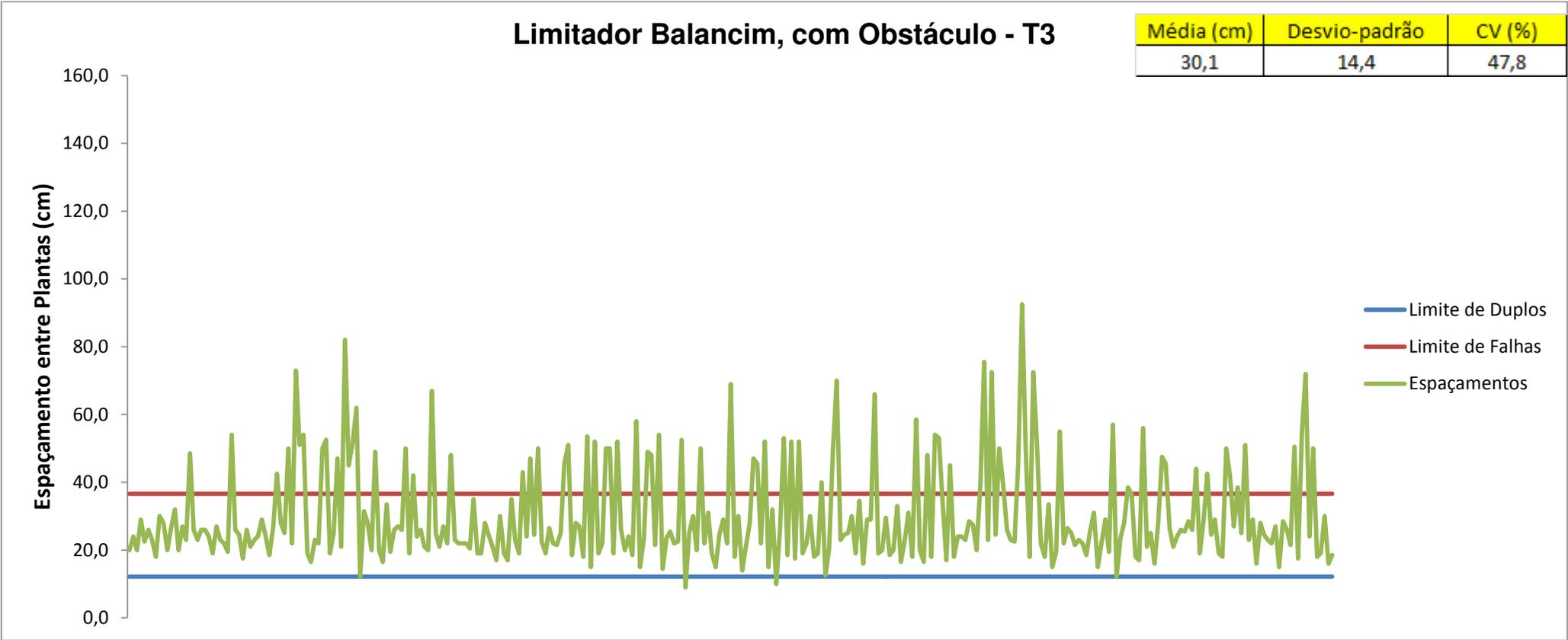
## ANEXO B – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T2

## Limitador Fixo, com Obstáculo - T2

Média (cm)	Desvio-padrão	CV (%)
33,1	19,0	57,6



ANEXO C – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T3



ANEXO D – Espaçamentos entre plantas obtidos pelo T4

Limitador Balancim - T4

Média (cm)	Desvio-padrão	CV (%)
24,9	8,7	34,9

