

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

**TAMANHO AMOSTRAL PARA ENSAIOS EM  
ESTEIRA DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE  
SEMENTES DE MILHO E SOJA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Vilnei de Oliveira Dias**

**Santa Maria, RS, Brasil,  
2012**

**TAMANHO AMOSTRAL PARA ENSAIOS EM ESTEIRA DE  
DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE  
MILHO E SOJA**

**Vilnei de Oliveira Dias**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Airton dos Santos Alonço**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

de Oliveira Dias, Vilnei  
Tamanho amostral para ensaios em esteira de  
distribuição longitudinal de sementes de milho e soja /  
Vilnei de Oliveira Dias.-2012.  
109 p.; 30cm

Orientador: Airton dos Santos Alonço  
Coorientador: Reges Durigon  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2012

1. Semeadora-adubadora 2. Dosador de sementes 3.  
Dosador pneumático 4. Bootstrap I. dos Santos Alonço,  
Airton II. Durigon, Reges III. Título.

---

© 2012

Todos os direitos autorais reservados a Vilnei de Oliveira Dias. Permitida a reprodução de partes ou do todo deste trabalho mediante a citação da fonte.

Endereço: Avenida Tiaraju, 810, Alegrete, RS, CEP 97546-550

Fone (0xx) 55 96774411; E-mail: vilneidias@unipampa.edu.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**TAMANHO AMOSTRAL PARA ENSAIOS EM ESTEIRA DE  
DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO E SOJA**

elaborada por  
**Vilnei de Oliveira Dias**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

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

---

**Adroaldo Dias Robaina, Dr. (UFSM)**

---

**Catize Brandelero, Dra. (UFSM)**

---

**Mauro Fernando Ferreira, Dr. (UFPel)**

---

**Paula Machado dos Santos, Dra. (IFF – Campus Alegrete)**

Santa Maria, 19 de outubro de 2012.

À minha companheira, Cleciane, pelo amor,  
compreensão e incentivo, dedico.

Ao meu pai, seu Claudiomiro Dias e à minha mãe,  
dona Júlia (*in memoriam*), ofereço.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Airton dos Santos Alonço, pela amizade, paciência e respeito durante estes quase dez anos de convivência.

A Universidade Federal de Santa Maria, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

A Universidade Federal do Pampa, pelo apoio na reta final de conclusão deste trabalho.

Ao professor Reges Durigon, pelos céleres e sábios conselhos ao longo destes anos.

Aos professores Adroaldo Dias Robaina, Catize Brandelero, Mauro Fernando Pranke Ferreira e Paula Machado dos Santos, por aceitarem compor a banca de avaliação final deste trabalho.

Ao professor Pedro Weirich Neto, por incentivar à realização deste trabalho, e pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

Aos amigos e colegas de LASERG, Gassen, Ulisses, Gustavo, Paula, Kátia, Paulo, Benhur, Cristian, Tiago, Otávio, Bellé, Alexandre, Íria e tantos outros que contribuíram de alguma forma para este trabalho.

Agradeço aos amigos Dauto Carpes, Leodário Montemezzo, André Veit e Lucas Souza, que me ajudaram sobremaneira na execução dos dois ensaios.

Ao sempre alegre, que agora está soldando ou esmerilhando algo no céu, nosso grande e saudoso amigo Hendrigo Silveira.

A todos, que de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho, o meu agradecimento.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria

### **TAMANHO AMOSTRAL PARA ENSAIOS EM ESTEIRA DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO E SOJA**

AUTOR: VILNEI DE OLIVEIRA DIAS

ORIENTADOR: AIRTON DOS SANTOS ALONÇO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 19 de outubro de 2012.

Para avaliar o desempenho de semeadoras de precisão, torna-se necessária a coleta de uma amostra de espaçamentos entre sementes, para que estes sejam classificados de acordo com as normas vigentes, denotando assim, o desempenho da máquina quanto a sua qualidade, expressa na regularidade de distribuição. De uma maneira geral, quanto maior o percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes, melhor o desempenho de um dosador. Devido à grande heterogeneidade de tamanhos amostrais empregados nestas avaliações, o objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra para experimentos em laboratório, com dosadores de sementes tipo disco alveolado horizontal e pneumático, nas condições estabelecidas em normas, avaliando ainda na regularidade de distribuição de sementes das culturas de milho e soja. Para isso, foram conduzidos experimentos em condições de laboratório, conforme as normas internacionais ISO, UNE e o projeto de norma da ABNT, com quatro diferentes dosadores de sementes, sendo dois pneumáticos e dois de disco alveolado horizontal. No ensaio 1, os tratamentos compreenderam a combinação dos quatro mecanismos dosadores com três velocidades de semeadura, de 2,5, 5,0 e 7,5 km h<sup>-1</sup>. No ensaio 2, foram combinados os quatro mecanismos dosadores com quatro velocidades periféricas do disco dosador, de 0,09, 0,18, 0,28 e 0,38 m s<sup>-1</sup>, ambos em esquema fatorial com três repetições. Foram utilizados três métodos de determinação do tamanho de amostra: intensidade de amostragem, bootstrap adaptado e método prático. Quanto à distribuição de sementes de milho, os mecanismos dosadores estudados não apresentaram diferenças na regularidade de distribuição de sementes e a resposta à elevação da velocidade periférica foi negativamente linear para o percentual de espaçamentos aceitáveis. Para a cultura da soja, os mecanismos dosadores pneumáticos avaliados apresentam desempenho superior aos mecanismos de disco alveolado, sem correlação direta da regularidade com a velocidade periférica do disco. No que se refere ao tamanho da amostra, é possível reduzir para ambas as culturas, porém de maneira mais acentuada para a cultura do milho, cuja redução pode chegar a 73% do valor referido em norma. Para a cultura da soja, é possível reduzir em 27% o tamanho de amostra para ensaios em laboratório com um nível de precisão elevado.

**Palavras-chave:** Semeadora-adubadora. Dosador de sementes. Dosador pneumático. Bootstrap.

## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
Post-Graduate Program in Agricultural Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **SAMPLE SIZE FOR TESTS IN BELT TO EVALUATE THE LONGITUDINAL DISTRIBUTION WITH CORN AND SOYBEAN SEEDS**

**AUTHOR: VILNEI DE OLIVEIRA DIAS**  
**ADVISOR: AIRTON DOS SANTOS ALONÇO**  
Defense Place and Date: Santa Maria, October 19, 2012.

To evaluate the performance of precision sowing, it is necessary to collect a sample of seed spacing to be classified in accordance with current standards, thus demonstrating the performance of the machine as its quality that is expressed in regularity distribution. Generally, how much higher percentage of acceptable spacing between seeds, will be better the performance of the feeder. Due to the great heterogeneity of sample sizes used in these evaluations, the objective of this study was to estimate the sample size for laboratory experiments with horizontal plate and pneumatic seed meters, under the conditions described in rules, still evaluating the regularity of distribution of seeds of corn and soybeans. Experiments were conducted under laboratory conditions, according to the international standards ISO, UNE and design of ABNT, with four different seed feeders, two pneumatic and two horizontal plate. In test 1, the treatments comprised the combination of the four metering mechanisms with three seeding rates of 2.5, 5.0 and 7.5 km h<sup>-1</sup>. In test 2, were combined the four metering mechanisms and four peripheral speeds of the plate, 0.09, 0.18, 0.28 and 0.38 m s<sup>-1</sup>, both in a factorial design with three replications. We used three methods for determining the sample size: sampling intensity, bootstrap adapted and practical method. Regarding the distribution of maize seeds, the meter mechanism studied showed no differences in the regularity of seed distribution and response to elevated peripheral speed was negatively linear for the percentage of acceptable spacing. For soybean, the meter mechanism valued tires perform better mechanisms for horizontal plate, no direct correlation with the regularity of the peripheral speed of the plate. About the sample size, it is possible to reduce both cultures, but in a more pronounced for maize, the reduction of which can reach 73% of the value above the standard. For soybean, it is possible to reduce by 27% the sample size for testing in the laboratory with a high level of accuracy.

**Palavras-chave:** Seeder-fertilizer. Seed meter. Pneumatic meter. Bootstrap.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dimensionais das sementes utilizadas nos ensaios.....	37
Tabela 2 - Relação das frequências para configuração dos inversores com as velocidades de deslocamento simuladas em $\text{km h}^{-1}$ e $\text{m s}^{-1}$ na esteira carpetada da bancada de ensaios de mecanismos dosadores.....	41
Tabela 3 - Características dos mecanismos dosadores de sementes utilizados nos ensaios.....	41
Tabela 4 - Níveis dos fatores velocidade e dosador de sementes do ensaio 1.....	44
Tabela 5 - Combinação entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para compor os tratamentos do ensaio 1.....	45
Tabela 6 - Configuração do inversor de frequência que controla a rotação dos mecanismos dosadores de sementes para o ensaio 1 para ambas as culturas. ....	45
Tabela 7 – Combinação dos quatro mecanismos dosadores com as quatro velocidades tangenciais dos discos dosadores para obtenção dos tratamentos do ensaio 2.....	46
Tabela 8 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett para as variáveis avaliadas no ensaio 1 para a cultura do milho.....	53
Tabela 9 - Desdobramento das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura do milho no ensaio 1. ....	55
Tabela 10 - Desdobramento das interações entre mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de precisão e espaçamento médio entre sementes de milho.....	56
Tabela 11 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett das variáveis do ensaio 1 para a cultura da soja.....	57
Tabela 12 – Médias entre mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura da soja.....	58
Tabela 13 - Desdobramento das interações entre mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de precisão e espaçamento médio entre sementes de soja.....	59
Tabela 14 – Tamanho de amostra ( $n^\circ$ de espaçamentos entre sementes de milho) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e três velocidades de deslocamento.....	60
Tabela 15 – Média por mecanismo dosador do tamanho de amostra ( $n^\circ$ de espaçamentos entre sementes de milho) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral.....	61
Tabela 16 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura do milho.....	65
Tabela 17 – Médias do percentual de espaçamentos aceitáveis dos seis diferentes tamanhos de amostra simulados no ensaio 1, pelo método prático de determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho.....	65
Tabela 18 - Médias entre os diferentes tamanhos de amostra simulados e o fator velocidade de deslocamento para as variáveis espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos da cultura do milho.....	66

Tabela 19 – Tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e três velocidades de deslocamento para os mecanismos dosadores no ensaio 1.....	67
Tabela 20 – Média por mecanismo dosador do tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral. ....	68
Tabela 21 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura do milho. ....	71
Tabela 22 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett para os parâmetros avaliados no ensaio 2 para a cultura do milho. ....	72
Tabela 23 - Desdobramento das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades periféricas para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura do milho no ensaio 2. ....	73
Tabela 24 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett para as variáveis avaliados no ensaio 2 para a cultura da soja. ....	75
Tabela 25 - Desdobramento das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades periféricas para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura da soja no ensaio 2. ....	76
Tabela 26 – Tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de milho) mínimo para avaliação da regularidade de distribuição de sementes, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e três velocidades de deslocamento no ensaio 2. ....	79
Tabela 27 – Médias do tamanho de amostra mínimo (n espaçamentos entre sementes de milho), para avaliação da regularidade de distribuição de sementes de milho em quatro diferentes mecanismos dosadores e quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral. ....	80
Tabela 28 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura do milho no ensaio 2.....	84
Tabela 29 – Médias do percentual de espaçamentos aceitáveis dos seis diferentes tamanhos de amostra simulados no ensaio 2 pelo método prático de determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho. ....	85
Tabela 30 – Tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e quatro velocidades periféricas do disco para os quatro mecanismos dosadores no ensaio 2. ....	86
Tabela 31 – Média por mecanismo dosador do tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral no ensaio 2. ....	87
Tabela 32 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura da soja no ensaio 2.....	91

Tabela 33 – Médias do percentual de espaçamentos aceitáveis dos seis diferentes tamanhos de amostra simulados pelo método prático de determinação do tamanho de amostra para a cultura da soja no ensaio 2.....	92
Tabela 34 - Faixas de oscilação dos três métodos utilizados na determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho. ....	95
Tabela 35 – Tamanhos de amostra recomendados para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de milho em esteira carpetada através de três métodos de determinação.....	95
Tabela 36 - Faixas de oscilação dos três métodos utilizados na determinação do tamanho de amostra para a cultura da soja. ....	96
Tabela 37 – Tamanhos finais de amostra recomendados para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de soja em esteira carpetada.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do uso de câmera filmadora para medição do espaçamento entre sementes em experimentos de laboratório. Fonte: KARAYEL et al., 2006.....	22
Figura 2 - Estabilização do desvio padrão em função de diferentes valores de k calculados a partir do método Jackknife. Adaptado de Confalonieri et al., 2006.....	27
Figura 3 - Bancada de ensaios de mecanismos dosadores de sementes, mostrando detalhes do suporte dos dosadores, controles e mecanismos de acionamento. ....	38
Figura 4 - Esteira carpetada com sementes de soja depositadas, mostrando detalhes da estrutura, rolos formadores de sulco e fita métrica.....	38
Figura 5 - Inversores de frequência controladores das rotações da bancada. a) CFW 08, controlador da rotação dos mecanismos dosadores; b) CFW 10, controlador da rotação do rolo acionador da esteira. ....	39
Figura 6 – Bancada geradora de pressão negativa composta por ventilador centrífugo, motor elétrico trifásico, vacuômetro (escala de 10 kPa) e controlador de vácuo. ....	40
Figura 7 – Visualização geral dos mecanismos dosadores de sementes utilizados nos ensaios. DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco horizontal 1; DDH2: dosador de disco horizontal 2. ....	42
Figura 8 – Fluxograma do método utilizado na coleta de dados em esteira carpetada, visando à determinação do tamanho de amostra para ensaios em laboratório de quatro mecanismos dosadores de semente de milho e soja. ....	43
Figura 9 - Fluxograma da determinação do tamanho de amostra para ensaios em laboratório de quatro mecanismos dosadores de semente de milho e soja. ....	47
Figura 10 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T6; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.....	62
Figura 11 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T7 a T12; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.....	63
Figura 12 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja, em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T6; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.....	69
Figura 13 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja, em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T7 a T12; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.....	70
Figura 14 – Equações de regressão entre quatro diferentes velocidades periféricas e os percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes de milho.....	74
Figura 15 – Equações de regressão entre quatro diferentes velocidades periféricas e os percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes de soja. ....	78
Figura 16 - Tamanho da amostra para avaliação da regularidade de distribuição de sementes de milho em função de quatro diferentes velocidades periféricas do disco dosador no ensaio 2. ....	81

- Figura 17 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de milho em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T8 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC..... 82
- Figura 18 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de milho em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T9 a T16 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC..... 83
- Figura 23 – Tamanho da amostra para avaliação da regularidade de distribuição de sementes de soja em função de quatro diferentes velocidades periféricas do disco dosador no ensaio 2..... 88
- Figura 20 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T8 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC..... 89
- Figura 21 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T9 a T16 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC..... 90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
ANOVA	Análise da variância
CV	Coefficiente de variação
D%	Semi-amplitude do intervalo de confiança, dada em percentual da média
DDH1	Dosador de disco alveolado 1
DDH2	Dosador de disco alveolado 2
DMS	Diferença mínima significativa
DP1	Dosador pneumático 1
DP2	Dosador pneumático 2
ISO	Internacional Organization for Standardization
n	Tamanho de amostra
RPM	Rotações por minuto
VP	Velocidade periférica ( $m s^{-1}$ )
XREF	Espaçamento teórico nominal
IC	Intervalo de Confiança

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1. Hipóteses.....	17
1.2. Objetivo geral.....	17
1.3. Objetivos específicos.....	17
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
2.1. Variáveis e tratamento de dados em avaliações de semeadoras.....	18
2.2. Amostragem e estimativa do tamanho de uma amostra .....	24
2.3. Tamanho amostral em ciências agrárias .....	30
2.4. Tamanhos amostrais utilizados para avaliar distribuição de sementes .....	32
2.5. Síntese do capítulo .....	35
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
3.1. Local.....	36
3.2. Material .....	36
3.3. Métodos de ensaio .....	42
3.4. Ensaio 1: velocidade de deslocamento e periférica variável.....	44
3.5. Ensaio 2: velocidade de deslocamento constante e periférica variável.....	45
3.6. Métodos de determinação do tamanho amostral.....	46
3.7. Determinação da regularidade de distribuição de sementes .....	51
3.8. Análise dos dados de regularidade de distribuição de sementes .....	51
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
4.1. Ensaio 1: velocidade de deslocamento e periférica variável.....	53
4.2. Ensaio 2: velocidade de deslocamento constante e periférica variável.....	71
4.3. Apreciação dos métodos utilizados na determinação do tamanho de amostra ....	92
4.4. Tamanho recomendado de amostra: compilação dos dois ensaios .....	94
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>98</b>
5.1. Regularidade de distribuição de sementes .....	98
5.2. Tamanhos de amostra .....	98
<b>6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>100</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>101</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O retorno econômico das culturas agrícolas anuais depende da qualidade do processo de semeadura. Pequenos descuidos nesta etapa podem gerar perdas irreversíveis no estande de plantas e, conseqüentemente na produtividade. O avanço da agricultura somente se tornou possível, devido à capacidade da indústria e de instituições de pesquisa desenvolver e produzir máquinas capazes de operacionalizar grandes extensões de área. Neste contexto, as semeadoras têm papel fundamental, por propiciar a correta deposição de sementes e fertilizantes, garantindo condições para que a semente dê origem a uma planta com potencial produtivo.

O mecanismo dosador de sementes consiste no órgão mais importante da semeadora, logo, a grande maioria dos estudos voltados ao desempenho de tais máquinas se concentra na avaliação desses mecanismos. Para a avaliação da regularidade de distribuição de sementes, torna-se necessária a coleta de uma amostra de espaçamentos, para que sejam calculados os percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos.

Levantamentos por amostragem são amplamente utilizados na coleta de dados para diversos fins, como decisões governamentais, pesquisas em saúde pública, economia e sociologia, pesquisas eleitorais, de opinião e científica. O conhecimento do melhor tamanho de amostra tem relevada importância, quando se deseja reduzir os custos na pesquisa e, ainda assim, erradicar ou minimizar os erros cometidos nas inferências (JAMES-PIRRI, et al., 2007).

Diversos trabalhos tratam da determinação do tamanho ótimo de amostra em ciências agrárias, como para experimentos com a cultura da alface em sistema de hidroponia (MARODIM et al., 2000), estimar a população de pragas da erva-mate (LÚCIO et al., 2009), ou variáveis de experimentos envolvendo híbridos de mamoneira (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010). Baseando-se nestes e em outros trabalhos de diferentes áreas do conhecimento, pode-se pressupor que há como determinar o tamanho mínimo (senão ótimo) de amostra para avaliar a regularidade de distribuição de sementes por semeadoras de precisão.

Embora controverso, é bem estabelecido o fato de que a precisão das estimativas tende a aumentar com o aumento do tamanho da amostra (SILVA et al., 1993). Contudo, estimativas a partir de amostras grandes demandam muito tempo, trabalho e recursos. De acordo com Mourão Junior (2009), amostras muito grandes podem muitas vezes comprometer a precisão, pois quanto maior o  $n$  amostral, maior a probabilidade de se encontrar diferença



estatisticamente significativa entre os grupos (ou tratamentos) estudados, ainda que tal diferença não tenha definitivamente significado prático algum.

Existe uma grande amplitude nos padrões amostrais utilizados para avaliar a distribuição de sementes por semeadoras. De acordo com as normas técnicas, devem ser avaliadas ao menos 250 sementes em cada observação independente da cultura (International Organization for Standardization, ISO, 1984; Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, 1988; Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1994). Este valor é citado ainda por Kurachi et al. (1989), em trabalho clássico sobre tratamento de dados em avaliações de semeadoras. Entretanto, diversos trabalhos têm usado uma ampla gama de espaçamentos, variando desde trinta plantas (ÖZMERZI et al., 2002), cinquenta plantas (SILVEIRA et al. 2005), cento e cinquenta sementes (DIAS et al., 2009), trezentas plantas (JASPER et al., 2011), até quinhentas sementes (JASPER et al., 2006).

Em alguns casos, limitações técnicas impedem o uso de grandes amostras. Por outro lado, também é bem conhecido que, a partir de certo tamanho da amostra, aumentos adicionais não trazem ganhos compensatórios na precisão. Assim, frequentemente, existe interesse em se trabalhar com tamanhos de amostras que possibilitem estimativas com razoável precisão e que não comprometam o processo de amostragem. Raramente trabalhos são conduzidos visando estudar qual o melhor tamanho de amostra em diferentes condições de cultivo, prática comum em experimentação agrícola (CONFALONIERI et al., 2009).

Pouco se conhece sobre tamanho amostral para pesquisas na área de máquinas e mecanização agrícola. Normalmente as amostras são tomadas por conveniência ou pela citação de literaturas correlatas. Para a “subárea” do conhecimento tecnologia de semeadura de grandes culturas não é diferente. A avaliação de semeadoras ou mecanismos dosadores de sementes em condições de laboratório é extremamente dispendiosa em tempo, pelo fato dos espaçamentos entre sementes serem coletados de forma visual, com o auxílio de fita métrica. Neste sentido, qualquer redução no tamanho amostral utilizado nestas avaliações poderá representar significativa redução na duração destas avaliações.

A inexistência de estudos que delimitem a amostra a ser utilizada nestes experimentos ou ensaios faz com que cada autor utilize o tamanho de amostra que melhor lhe convém. Outro fato interessante é a escassez de trabalhos de avaliação da regularidade de distribuição de sementes de soja em condições de laboratório, e de experimentos que avaliem o efeito de mecanismos dosadores em diferentes velocidades de semeadura.

### **1.1. Hipóteses**

Com base no que foi estudado e revisado sobre o tema, formalizaram-se as hipóteses a seguir, que, com base nos resultados desta tese, poderão ser ou não aceitas. São elas:

Se as condições de ensaio (tratamentos) atribuem variação na regularidade de distribuição por dosadores de sementes de precisão, então o tamanho amostral também pode variar, podendo ser dimensionado para menos;

Se existe variação no tamanho amostral, então é possível encontrar um padrão ou um intervalo de confiança que seja representativo para todas as condições de ensaio de uma mesma variável resposta (distribuição longitudinal de sementes) reduzindo custos, mão de obra e tempo, aumentando a precisão do ensaio.

### **1.2. Objetivo geral**

Determinar o tamanho de amostra para experimentos em laboratório, com dosadores de sementes tipo disco alveolado horizontal e pneumático, nas condições estabelecidas pela norma ISO 7256/1, avaliando o efeito da amplitude amostral na classificação dos espaçamentos entre sementes.

### **1.3. Objetivos específicos**

Avaliar o efeito da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes por mecanismos dosadores em condições de laboratório com as culturas do milho e soja.

Comparar, quanto à eficiência e regularidade de distribuição de sementes, mecanismos dosadores de disco alveolado horizontal e pneumáticos de pressão negativa em diferentes velocidades de semeadura.

Averiguar se há efeito de diferentes velocidades de deslocamento e mecanismos dosadores no tamanho amostral em ensaios de semeadoras de precisão.

Determinar um tamanho amostral que sirva como padrão para uma possível edição da norma brasileira para ensaios de laboratório, baseado no projeto de norma 04:015.06-004 (ABNT, 1994).

Verificar se diferentes métodos de determinação do tamanho amostral geram diferentes tamanhos de amostra e qual o impacto deste fato na avaliação da regularidade de distribuição de sementes por mecanismos dosadores.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Variáveis e tratamento de dados em avaliações de semeadoras

Uma forma comumente usada para avaliar o espaçamento entre sementes consiste no uso de uma esteira engraxada que propicie a correta deposição e fixação das sementes, as quais posteriormente têm seus espaçamentos medidos (KACHMAN; SMITH, 1995; PANNING et al., 2000; KARAYEL et al., 2004). Entretanto, este tipo de aquisição de dados esbarra em diversos problemas, como o comprimento da esteira e consequentemente o tamanho da amostra, além do elevado tempo necessário para a tomada dos espaçamentos entre as sementes coletadas.

A norma ISO 7256/1 (ISO, 1984), estabelece os procedimentos para ensaio de semeadoras de precisão (*single seed drills*). Esta aborda, entre outros assuntos, algumas definições, condições gerais dos ensaios, resultados e sobre a confecção do relatório de ensaio. Embora elaborada ainda em 1983, tal norma serve até hoje como base para realização de ensaios em laboratório com semeadoras.

A norma UNE 68-081-88 (AENOR, 1988), rege os ensaios para a União Européia, e foi escrita com base na ISO 7256/1. Nos quadros 1 e 2 são apresentados os ensaios obrigatórios para caracterização de desempenho de semeadoras de precisão segundo a UNE. Os ensaios obrigatórios preveem principalmente:

- a) Influência do nível de grãos no reservatório (1/8, 1/2 e completamente cheio);
- b) Efeito da rotação do dosador (entenda-se velocidade tangencial), não sendo estabelecidos valores para este parâmetro, apenas indicações como mínima, média e máxima;
- c) Efeito da inclinação, longitudinal e transversal, em percentual, sendo os valores recomendados de 20%, o que corresponde a aproximadamente 11°;
- d) Velocidade de deslocamento: são recomendados três níveis, sem indicação de valores;
- e) Aplicação de movimentos parasitários (vibrações), visando induzir a segregação de sementes no reservatório.

Os ensaios estáticos são aqueles realizados em bancada, enquanto os ensaios móveis são realizados com a semeadora em deslocamento.

Designação do ensaio	Tipo de ensaio	Nº do ensaio	Inclinação	Nível do reservatório	Velocidade teórica	Rotação do dosador	Tipo de grão
<b>A - Ensaio obrigatórios</b>							
1. Influência do nível de grãos no reservatório	Estático ou Móvel	101	Nula	1/1	Superior	Média	C
	Eventualmente sem sulcador	102		1/8	Inferior	Média	C
		103		1/1	Superior	Média	D
		104		1/8	Inferior	Média	D
2. Influência da velocidade de dosador	Estático ou Móvel	201	Nula	1/2	Inferior	Mínima	B
		202			Superior	Máxima	B
	Eventualmente sem sulcador	203			Inferior	Mínima	C
		204			Superior	Máxima	C
		205			Inferior	Mínima	D
		206			Superior	Máxima	D
3. Influência da inclinação	Estático ou Móvel						
	Eventualmente sem sulcador	301	20% pendente descendente.	1/2	Média	Média	A
		302					C
		303					C
		304					20% pendente ascendente
	Com sulcador	305	20% pendente à direita. 20% pendente à esquerda				A
		306					C
		307					C
		308	A				
		309	Nula				A
320		C					

Quadro 1 - Programa de ensaios obrigatórios 1, 2 e 3 para avaliação de mecanismos dosadores de sementes, estabelecidos pela norma UNE 68-081-88. Fonte: AENOR, 1988.

A norma citada recomenda que sejam utilizados ao menos quatro tipos de grãos daquelas culturas cuja semeadora foi projetada para semear, mas não estabelece quais, ficando a critério dos pesquisadores/certificadores a escolha destas culturas.

Designação do ensaio	Tipo de ensaio	Nº do ensaio	Inclinação	Nível do reservatório	Velocidade teórica de semeadura	Velocidade do dosador	Tipo de grão
<b>A - Ensaio obrigatórios</b>							
4. Influência da velocidade	Estático ou móvel	401	Nula	1/2	Inferior	Máxima	A
		402			Média	Média	A
	Com sulcador	403			Superior	Mínima	A
		404			Inferior	Máxima	B
		405			Média	Média	B
		406			Superior	Mínima	B
		407			Inferior	Máxima	C
		408			Média	Média	C
		409			Superior	Mínima	C
		410			Inferior	Máxima	D
		411			Média	Média	D
		412			Superior	Mínima	D
5. Influência dos movimentos parasitas	Móvel sobre banco de areia	501	Nula	1/2	Média	Máxima	A
		502			Média	Máxima	B
	Com sulcador	503			Média	Máxima	C
6. Influência da segregação	Estático ou móvel	601	Nula	1/8	Média	Média	A
	Eventualmente sem sulcador	602			Média	Média	C
		603			Média	Média	D

Quadro 2 - Programa de ensaios obrigatórios 4, 5 e 6 para avaliação de mecanismos dosadores de sementes, estabelecidos pela norma UNE 68-081-88. Fonte: AENOR, 1988.

De acordo com a norma UNE 68-081-88 (AENOR, 1988), cada ensaio é identificado por um número, o que pode facilitar a execução dos trabalhos e organização dos dados. O quadro 3 apresenta os ensaios opcionais recomendados pelas normas técnicas referidas anteriormente. Tais ensaios norteiam-se principalmente no efeito do tratamento de sementes com produtos fitossanitários, o que pode alterar a rugosidade superficial da semente. A

indiscriminada adição de produtos às sementes pode acarretar alterações consideráveis na vazão de sementes dos mecanismos dosadores de semeadoras, decorrentes de mudança no ângulo de repouso ou de aderência de produtos a órgãos ativos dos dosadores (SATTLER & FAGANELLO, 2004).

Designação do ensaio	Tipo de ensaio	Nº do ensaio	Inclinação	Nível do reservatório	Velocidade teórica de semeadura	Velocidade do dosador	Tipo de grão
<b>B – ensaios opcionais</b>							
7. Influência de produtos de tratamento sementes	Estático ou móvel	701	Nula	1/2	Média	Média	A escolha
	Eventualmente sem grade	702			Média	Média	
		703			Média	Média	

Quadro 3 - Programa de ensaios opcionais para avaliação de mecanismos dosadores de sementes, estabelecidos pela norma UNE 68-081-88. Fonte: Fonte: AENOR, 1988.

De acordo com o texto da norma UNE 68-081-88 (AENOR, 1988) equivalente a ISO 7256/1 (ISO, 1984), os valores diferentes do espaçamento nominal teórico (XREF) devem ser agrupados em intervalos de classe iguais a  $0,1 XREF$  divididos em valores acima e abaixo do XREF, tendo-se dessa forma os intervalos ao redor do XREF:  $[0,9XREF, XREF]$ ;  $[XREF, 1,1XREF]$  ... confecciona-se então, uma tabela de frequência com os seguintes intervalos:  $[0 < XREF < 0,5]$ ;  $[0,5 < XREF < 1,5]$ ;  $[1,5 < XREF < 2,5]$ ;  $[2,5 < XREF < 3,5]$ ;  $[3,5 < XREF < \infty]$ .

Alguns estudos têm desenvolvido sensores no intuito de substituir o uso da esteira adesiva para a avaliação do desempenho de mecanismos dosadores de sementes. A maioria dos sistemas relatados na literatura está baseado em diodos emissores de luz (LED's) e foto-sensores que captam a passagem da semente e transmitem o sinal a um sistema de aquisição de dados (KOCHER et al., 1998; LAN et al., 1999). Outros trabalhos usaram a análise cinética de imagens para estudar a distribuição de sementes por dosadores (SHAOXING et al., 2000; ALCHANATIS et al., 2002; NAVID et al., 2011). Visando comparar os dados coletados manualmente com os obtidos através de câmeras, KARAYEL et al. (2006), conduziram experimento em condições de esteira engraxada (Figura 1). Os autores não encontraram diferenças significativas entre os dois métodos de aquisição de dados, mas

mencionam que a análise das imagens foi extremamente laboriosa, como ocorre nas leituras visuais dos espaçamentos entre sementes.

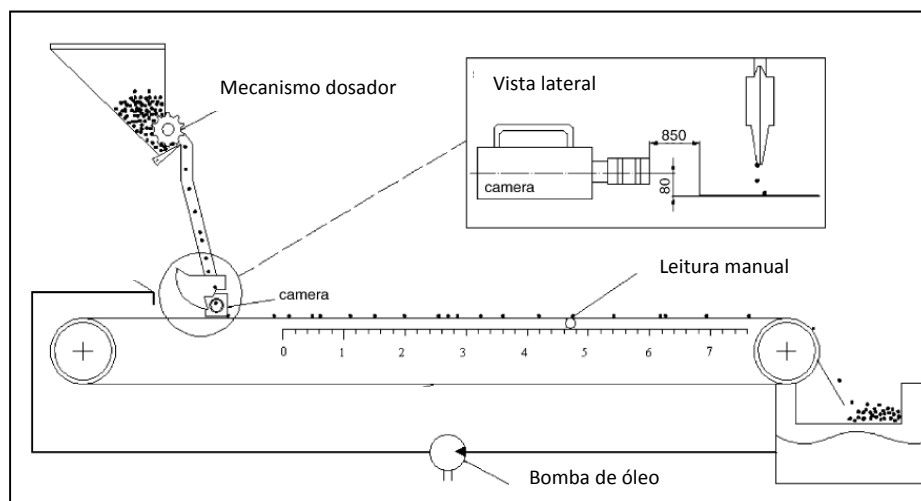


Figura 1 – Ilustração do uso de câmera filmadora para medição do espaçamento entre sementes em experimentos de laboratório. Fonte: KARAYEL et al., 2006.

Testando o uso de um sensor ótico-eletrônico para aquisição de dados de espaçamentos entre sementes de tamanho pequeno, variando de 1,8 a 4,5 mm de diâmetro, Lan et al. (1999), compararam o uso de tal sensor com uma esteira engraxada, constatando correlação entre os espaçamentos entre sementes obtidos pelo sensor e pelas medições realizadas direta e manualmente na esteira.

Medidas a campo de espaçamentos entre plantas podem ser usadas para medir a acurácia de dosadores de sementes, entretanto, os dados obtidos podem não ser uma representação do real desempenho do dosador. Lan et al. (1999), afirmam que este tipo de medição está sujeito a influência de condições ambientais, qualidade de preparação do leito de semeadura, capacidade de emergência da cultura e de invasoras que podem comprometer a fidelidade dos dados gerados.

De acordo com Singh et al. (2005), um parâmetro habitualmente utilizado para avaliar a uniformidade de distribuição de sementes por semeadoras é o coeficiente de variação (CV). O CV é dado pelo desvio padrão da média amostral dividido pela média sendo expresso em percentual (STORCK et al., 2000). Quanto menor os valores de CV maior a uniformidade de distribuição, tanto de sementes quanto de fertilizantes. Klein et al. (2002), em experimento conduzido sob condições de campo, encontraram CV's ao redor de 100%, denotando baixa precisão na deposição de sementes de soja em velocidades de semeadura de 3,6 a 10,8 km h<sup>-1</sup>.

Um novo método para avaliar a eficiência de distribuição de sementes por semeadoras ou comparar sistemas de dosadores de sementes foi apresentado por Maleki et al. (2006). Os autores denominaram tal índice de coeficiente de uniformidade ( $U_c$ ), e sugeriram que o mesmo pode ser uma alternativa ao que chamaram de método rotineiro, que avalia a uniformidade pelo coeficiente de variação, o qual julgam falho pela variação induzida pela amostragem ao acaso. O  $U_c$  baseia-se na técnica do “least absolute deviation” que possui a propriedade de ser menos sensível a dados periféricos (outlying's) e variações no entorno da média. O “least absolute deviation” não requer a hipótese de normalidade da distribuição dos erros para que o estimador seja consistente.

Tradicionalmente, é recomendado que sejam usados como critérios para avaliar a distribuição de sementes o índice de aceitáveis, índice de múltiplos e índice de falhos, índice de qualidade de alimentação e precisão além da média e coeficiente de variação da população de espaçamentos entre sementes (ISO, 1984; Kachman; Smith, 1995). De acordo com ISO (1984) os coeficientes de variação (CV) são calculados sobre os espaçamentos contidos no intervalo de 0,5 a 1,5 XREF. Entretanto, se os dados são estudados de acordo com o recomendado pela ABNT (1994), cada população é distribuída de modo semelhante ao tratamento ISO, porém os coeficientes de variação (CV%) são calculados sobre toda a população e as porcentagens de espaçamentos normais, determinadas no mesmo intervalo de 0,5 a 1,5 XREF.

Um estudo clássico da interpretação de dados em avaliação de semeadoras é o de Kurachi et al. (1989). Os autores utilizaram populações de 250 espaçamentos entre sementes de milho obtidos em bancada de ensaios e submeteram tais dados a diferentes tratamentos estatísticos. Foi investigado pelos autores o efeito do tratamento estatístico, segundo critérios preconizados pelos textos da norma de ensaios ISO 7256/1 (ISO, 1984), ABNT e também do método adotado experimentalmente pela Divisão de Engenharia Agrícola/Laboratório de ensaios de semeadoras e de adubadoras/seção de projetos e materiais. Os autores identificaram grandes diferenças nos valores de espaçamentos aceitáveis e coeficientes de variação de acordo com o modo avaliado. Os valores do CV calculado pela norma ISO 7256/1, corresponderam a metade do CV calculado pelas demais normas.

A necessidade de estabelecer combinações de fatores para tornar mais completa a avaliação de desempenho de semeadoras, ou seja, os chamados tratamentos em estatística experimental sugerem que alguns fatores devem ser considerados (DIAS et al., 2009). Kurachi et al. (1989), citam os fatores nível de sementes no reservatório; velocidades simuladas de deslocamento; velocidade de operação do mecanismo dosador, regulagens



básicas do mecanismo (dosagem) e posições do mesmo ou do equipamento ensaiado em relação ao solo.

Visando quantificar o efeito dos sulcadores na distribuição de sementes dentro do sulco de semeadura, Karayel e Özmerzi (2007), estudaram um método denominado área de distribuição de sementes. Foi caracterizada pelos autores a profundidade de deposição e distância de sementes que se afastam lateralmente ao sentido da linha de deslocamento. Por métodos matemáticos de equações elípticas e integrais, os autores concluíram que os métodos podem determinar com boa precisão bidimensional a distribuição de sementes no campo, e este fato subsidia o estudo de efeitos de mecanismos dosadores diferentes. Entretanto, estudos como este podem sofrer efeito de outras variáveis que não apenas os dosadores avaliados (LAN et al., 1999).

## **2.2. Amostragem e estimativa do tamanho de uma amostra**

No contexto da metodologia de pesquisa, se o pesquisador está trabalhando com todo o grupo que ele tenta compreender, ou explicar algum fenômeno, diz-se que está trabalhando com a população. Entretanto, o pesquisador trabalha com tempo, energia e recursos econômicos limitados. Portanto, raras vezes pode-se trabalhar com todos os elementos da população. Frequentemente é necessário, na prática, tirar conclusões válidas sobre um grande grupo de indivíduos ou objetos, estudando um pequeno grupo de indivíduos retirados da população, sendo este, denominado amostra (LEVIN, 1987). O objetivo é obter resultados sobre a população a partir daqueles observados na amostra; tal processo denomina-se inferência estatística (NOGUEIRA JUNIOR. et al., 2004). O planejamento amostral da pesquisa determina o dimensionamento numérico e também a técnica de amostragem dos elementos de um estudo, sendo fundamental na elaboração do projeto, e erros nesta fase do experimento podem comprometer a análise final dos dados e interpretação dos resultados (MIOT, 2011).

Basicamente, podem-se distinguir dois tipos de amostragem: a probabilística e a não probabilística (SILVA, 2004). De acordo com o autor, a amostragem será probabilística se todos os elementos da população tiverem probabilidade conhecida, e diferente de zero, de pertencer à amostra. Caso contrário, a amostragem será não probabilística. A amostragem probabilística implica em um sorteio com regras definidas, cuja realização só será possível se a população for totalmente acessível e a sua utilização é a melhor recomendação que se deve fazer no sentido de garantir a representatividade da amostra.

De acordo com Lúcio et al. (2009), vários métodos foram desenvolvidos para o dimensionamento do tamanho de amostras, sendo os mais utilizados o método da máxima curvatura do coeficiente de variação (REYNOLDS et al., 1934), sendo amplamente utilizado em determinações do número de repetições, a equação de Karadinos (1976), modificada por Ruesink e Kogan (1980) e o método proposto por Cochran (1977). O último método citado é uma das formas mais utilizadas para a determinação do tamanho de uma amostra, e consiste na expressão:

$$n = \frac{Nt^2(CV\%)^2}{N(D)^2 + t^2(CV\%)^2} \quad (1)$$

Onde:

$n$  é o tamanho da amostra;

$N$  é o número total de indivíduos da população;

$t_{\alpha/2}$  é um valor da tabela t, de Student, para um nível  $\alpha$  de significância, adotado;

CV% é o coeficiente de variação;

$D$  é a semi-amplitude do intervalo de confiança da média.

A equação modificada de Karadinos (LÚCIO et al., 2009), consiste na seguinte expressão:

$$n = \left( \frac{t_{\alpha/2}}{D} \right)^2 a\mu^{b-2} \quad (2)$$

Onde:

$n$  é o tamanho da amostra;

$t_{\alpha/2}$  um valor da tabela t, de Student, para um nível  $\alpha$  de significância adotado;

$D$  é a semi-amplitude do intervalo de confiança da média;

" $a$ " e " $b$ " são os coeficientes de Taylor; e  $\mu$ , a média do número de indivíduos por unidade amostral.

Os coeficientes " $a$ " e " $b$ " citados acima fornecem as estimativas do padrão de agregação de uma população (TAYLOR, 1961 citado por FARIAS et al., 2001). De acordo com os autores, a variância e a média tendem a aumentar juntas, obedecendo uma lei de

potência  $am^b$ , onde o coeficiente “ $a$ ” é conhecido como fator de amostragem, sendo afetado pelo tamanho da amostra e o coeficiente “ $b$ ” é conhecido como índice de agregação, sendo característico e constante para cada espécie.

A determinação do tamanho da amostra em pesquisas experimentais na área de saúde é descrita por Weyne (2004). O autor distingue o método de determinação amostral de acordo com a finalidade da pesquisa, se será para estudo de uma variável (quantitativo), ou de um atributo (qualitativo). Quando se trata de uma variável, o que se aproxima mais do cunho deste projeto, o autor faz a seguinte proposição: sendo  $X$  um valor da variável, e  $\mu$  a média dos valores desta variável,  $s$  o desvio-padrão da amostra e  $N$ , o tamanho da amostra, tem-se, pela distribuição de Student, válida para pequenas amostras:

$$t = \frac{X - \mu}{s / \sqrt{N}} \quad (3)$$

Como o número de desvios-padrão,  $t$  na distribuição de Student, depende dos graus de liberdade, que pressupõem conhecido o tamanho da amostra,  $t$  é substituído pelo número de desvios-padrão  $Z$  da distribuição normal. Uma transformação algébrica simples dá o tamanho da amostra  $N$ :

$$N = \frac{Z^2 S^2}{d^2} \quad (4)$$

Nota-se que  $N$  é inversamente proporcional a  $d^2$  ( $d$ =diferença) e, no caso das amostras da área de saúde, resulta em valor pequeno para  $N$ , ao contrário das pesquisas em engenharia, em que a tolerância, caracterizada também por  $d$ , é muitíssimo menor, o que conduz a amostras de tamanho  $N$  elevadas. Entretanto, segundo Pereira (1979), a expressão acima é válida se a população de interesse for extremamente grande ( $N$  infinito) ou se são selecionadas amostras com reposição.

No caso de amostras sem reposição de uma população finita é necessário introduzir um fator de correção:

$$\varepsilon = z \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (5)$$

Logo, pode-se obter o valor de  $n$ , o que é dado por:

$$n = \frac{z^2 \sigma^2 N}{(N - 1) * \varepsilon^2 + Z^2 \sigma^2} \quad (6)$$

De acordo com Nogueira Jr et al. (2004), essa equação retorna o tamanho mínimo que deve ter a amostra  $n$  para uma população finita ao se fazer a estimação da média com um erro máximo  $\varepsilon$ , a um nível de confiança desejado ( $\alpha$ ).

Outro método utilizado em processos de reamostragem é o método Jackknife, o qual foi desenvolvido inicialmente por Tukey (1958, citado por CONFALONIERI et al., 2006). O método Jackknife computa  $n$  subconjuntos ( $n$ =tamanho da amostra) pela eliminação sequencial de um caso de cada amostra ( $k$ ). Assim cada amostra tem um tamanho de  $n-k$  e difere apenas pelo caso omitido em cada amostra simulada, das quais são calculadas as estatísticas do método (CONFALONIERI et al., 2007).

Quando a amostra original ( $N$ ) for de tamanho reduzido (30 plantas, por exemplo), pode-se considerar  $k=1$ , sendo que em alguns casos, o método jackknife pode ser preferido caso as suposições de normalidade e homogeneidade das variâncias não seja atendido, como explicado por Confalonieri et al. (2006).

No chamado visual jackknife (CONFALONIERI et al., 2004), o tamanho ótimo de amostra é assumido como o menor valor de desvio padrão em função de acréscimos no tamanho amostral ( $k-1$ ), ou seja, quando o acréscimo na variabilidade for desprezível em função do aumento do número de indivíduos na população. De acordo com a figura 2, a partir da linha que corta o gráfico na vertical, os aumentos no desvio padrão tornam-se insignificantes, de acordo com as estatísticas calculadas no visual Jackknife.

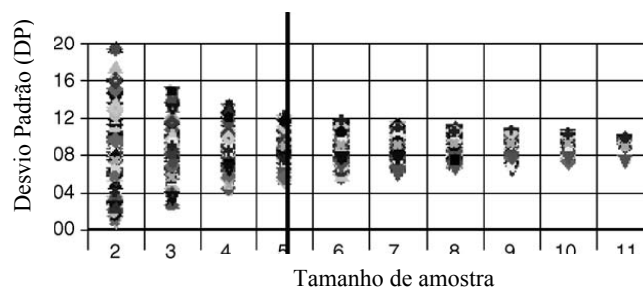


Figura 2 - Desvio padrão em função de diferentes valores de  $k$  calculados a partir do método Jackknife. Adaptado de Confalonieri et al., 2006.

### 2.2.1. O Método bootstrap

Dentro do contexto de amostragem, as técnicas de reamostragem com reposição têm ganhado espaço no meio científico, em especial a técnica de bootstrap. Esta técnica consiste basicamente de retirar amostras com reposição em uma amostra original (NUNES et al., 2006). Por esta técnica, geralmente são retiradas de 100 a 2000 reamostras. Com estas, é possível avaliar a dispersão e estimar erros-padrão dos estimadores, determinando sua precisão (EFRON; TIBSHIRANI, 1993). Além disso, pode-se utilizá-la em diversas situações para estimação de parâmetros, obtenção de intervalos de confiança para os parâmetros analisados, obtenção de distribuição empírica dos estimadores e determinação do tamanho da amostra (MANLY, 1997).

O método bootstrap obtém sua amostra via amostragem com reposição da amostra original. A chave é a substituição das observações após a amostragem, o que permite ao pesquisador criar tantas amostras quanto necessárias e jamais se preocupar quanto à duplicação de amostras, exceto quando isso acontecer ao acaso (COSTA, 2006). Cada amostra pode ser analisada independentemente e os resultados compilados ao longo da amostra. Por exemplo, a melhor estimativa da média é exatamente a média de todas as médias estimadas ao longo das amostras. Embora redundante, a frase anterior sintetiza a idéia da técnica bootstrap, onde a amostra é observada como se esta representasse exatamente toda a população (EFRON, 1993).

Para realizar o teste utilizando a técnica bootstrap é preciso colher uma amostra de tamanho  $n$ , que será denominada amostra mestre. Essa amostra deve ser coletada de maneira planejada, com vistas ao princípio da aleatoriedade, uma vez que se esta amostra for mal dimensionada e não representar bem a população, a técnica de bootstrap não levará a resultados confiáveis (RIZZO; CYMROT, 2006).

A amostra mestre representa a população da qual foi retirada. HESTERBERG et al. (2003) afirmam que as reamostras desta amostra mestre representam o que se deve obter quando se retiram muitas amostras da população original. A distribuição bootstrap da estatística, baseada em muitas reamostras, representa uma distribuição amostral desta estatística. Para que a aplicação da técnica resulte em valores confiáveis devem ser feitas, a partir da amostra mestre, centenas ou até milhares de reamostras do mesmo tamanho  $n$  (RIZZO; CYMROT, 2006). É importante que a reamostragem seja realizada com reposição, sempre selecionando os valores de forma aleatória. Deve-se utilizar algum programa computacional para a geração de números aleatórios a partir de uma distribuição discreta pré-

estabelecida (distribuição da amostra mestre). Uma vez geradas as reamostras, deve-se calcular para cada reamostra a estatística solicitada no problema. Essa técnica não altera nenhum valor da amostra mestre, ela apenas trabalha na análise da combinação dos valores.

Segundo Manteiga et al. (1994) uma aplicação da metodologia bootstrap é obter intervalos de confiança fidedignos. A variabilidade presente no bootstrap é dada pela escolha da amostra mestre e pelas reamostras, sendo a variabilidade devido à escolha da amostra mestre a mais significativa possível. Cruz (2006) apresenta diferentes métodos para determinação do intervalo de confiança, com estabelecimento dos Limites Superior e Inferior de controle (LS e LI, respectivamente). Via de regra, são utilizados parâmetros como desvio padrão amostral ( $\sigma$ ), média amostral ( $\hat{m}$ ), média da população ( $\mu$ ), graus de liberdade (gl) e intervalo de confiança ( $1-\alpha$ ). Tais intervalos podem ser utilizados para confecção de cartas controle (MONTGOMERY, 1996), uma forma de representação comumente utilizada em controle estatístico do processo – CEP (MONTGOMERY, 2002). Estudando o tamanho mínimo de amostra para avaliar caracteres de raízes de cenoura, Vieira e Silva (2008), também se utilizaram de uma variação desta metodologia, estabelecendo limites superior e inferior para observar a estabilização da média amostral do caractere a ser avaliado, em função do número de plantas amostradas.

A distribuição bootstrap usualmente tem aproximadamente a mesma forma e amplitude que a distribuição amostral, porém está centrada na estatística dos dados originais (amostra mestre), enquanto a distribuição amostral está centrada no parâmetro da população. A principal diferença entre as metodologias bootstrap e jackknife é que a primeira utiliza reamostragem com reposição enquanto que a segunda não usa repor os dados amostrados.

### 2.2.2. Tamanho único de amostra

Em sua obra sobre técnicas de amostragem, Cochran (1977) especifica como proceder para determinar o tamanho amostral com mais de uma especificação. Pelo lado da pesquisa experimental, podemos considerar estas especificações como sendo tratamentos aplicados visando perceber efeito sobre a variável em questão. O autor comenta que, depois de determinar  $n$  para cada caso, é o momento de proceder com a seguinte verificação: se  $n$  for próximo para todos os casos, deve-se considerar o maior valor; ou, se existe variação suficiente para deixar dúvida quanto à escolha do maior valor, pode-se optar por um intervalo, considerando recursos e tempo disponíveis para realização da pesquisa e o nível de precisão desejado.

### 2.3. Tamanho amostral em ciências agrárias

É bem estabelecido o fato de que a precisão das estimativas tende a aumentar com o aumento do tamanho da amostra (SILVA et al., 1993). Contudo, estimativas a partir de amostras grandes demandam muito tempo, trabalho e recursos. Os autores comentam que, em alguns casos, limitações técnicas impedem o uso de grandes amostras. Por outro lado, também é bem conhecido que, a partir de certo tamanho da amostra, aumentos adicionais da amostra não trazem ganhos compensatórios na precisão. Assim, frequentemente, existe interesse em se trabalhar com tamanhos de amostras que possibilitem estimativas com razoável precisão e que não comprometam o processo de amostragem. A seguir, serão apresentados trabalhos conduzidos visando determinar tamanho de amostra em diferentes setores da experimentação em ciências agrárias. Nota-se que a grande maioria dos trabalhos foi conduzida no âmbito da produção vegetal, seguidamente denominada fitotecnia, o que demonstra a especialização de pesquisadores desta área no que tange à qualidade na execução e interpretação de experimentos agrícolas.

Avaliando os efeitos de alguns métodos de amostragem e tamanho de amostra sobre a precisão da avaliação das alturas da planta e de inserção da espiga e do tamanho do pendão do milho, Silva et al. (1993), concluíram que o número de ramificações do pendão foi avaliado com menor precisão que as alturas da planta e de inserção da espiga. Os resultados encontrados pelos autores fornecem um indicativo que de acordo com a variável a ser estudada, um método de determinação de tamanho de amostra pode ser mais indicado que o outro. Comparando os métodos de amostragem fixa e sequencial, Santana et al. (1997), concluíram que este último se aplicou melhor quando os objetivos foram redução de tempo e consumo de sementes, na avaliação da porcentagem de germinação de sementes de milho.

Em experimentos realizados em estufas plásticas são coletadas informações de todas as plantas das fileiras, o que reflete no aumento do custo de condução do experimento e maior necessidade de mão de obra (LÚCIO et al., 2003). Visando mitigar esses aspectos negativos, os autores conduziram experimento para dimensionar o tamanho de amostra para a cultura do pimentão em estufa plástica para a variável rendimento de massa de frutos. Através do método de Cochran (1977), os autores encontraram variações no tamanho amostral de acordo com a estação de cultivo e semi-amplitude estudada. Também em ambiente protegido, Marodim et al. (2000), determinaram o tamanho de amostra para o cultivo da alface em hidroponia, pelo sistema NFT (técnica de filme de nutrientes), avaliando a variável massa fresca de plantas. O tamanho de amostra obtido, com um grau de confiança de 95%, foi de 40

plantas para uma semi-amplitude do intervalo de confiança em percentagem da média (D%) igual a 5% e de 7 plantas para um D% igual a 20%.

Analisando a variabilidade do tamanho de amostra para determinar a massa de matéria seca da cultura do arroz irrigado em dois estádios de desenvolvimento, fertilização nitrogenada, técnicas de semeadura e variedades utilizando o método Jackknife, Confalonieri et al. (2006), comentam a importância dos fatores experimentais e tratamentos para a determinação do tamanho amostral, expresso em número de plantas por parcela, em arroz irrigado.

Em trabalho conduzido por Nunes et al. (2006), visando determinar o tamanho amostral para estimar o teor de sólidos solúveis totais em talhões de melão amarelo, os autores utilizaram para estimação do tamanho amostral o método de bootstrap e a expressão clássica do tamanho da amostra com limites de erro de 5 e 10%. O tamanho amostral estimado pelo método do bootstrap, em média, produziu estimativas próximas àquelas originadas pela fórmula clássica com limite de erro de 10%, embora em dez talhões as estimativas obtidas no método bootstrap tenham sido superiores a estas.

Para a cultura do milho-pipoca, Catapatti et al. (2008), consideram que para a avaliação de caracteres de pré-colheita, podem ser adotadas amostras de 5 a 25 plantas na parcela, sem afetar a precisão experimental. No que se refere ao número de repetições, foi exposto que o número de repetições influenciou o número de caracteres com efeitos estatisticamente significativos, sendo esse número maior para seis repetições.

Para determinar o tamanho de amostra em caracteres de cultivares de feijão, Cargnelutti Filho et al. (2008) conduziram trabalho avaliando quatorze variedades em dez experimentos conduzidos em Santa Maria, RS. Com uso de análise conjunta, os autores avaliaram a variabilidade do tamanho amostral entre os experimentos. A análise dos resultados permitiu aos autores concluir que para melhorar a precisão da avaliação de caracteres em plantas de feijão, deve-se usar maior número de repetições e, pelo menos, 10 plantas por unidade experimental.

O tamanho de amostra para estimar a densidade populacional do ácaro-do-bronzeado em cultivos comerciais de erva-mate foi determinado por Lúcio et al. (2009). De acordo com estes, pode-se amostrar cerca de três folhas por planta de erva-mate ao acaso numa área de aproximadamente 7.500 m<sup>2</sup>. Os autores constataram que caso o talhão seja de 1 ha, pode-se trabalhar com 29 plantas, sendo a amostragem realizada, preferencialmente, de fevereiro a abril, período de maior infestação na região onde foi realizado o estudo. Esse procedimento



garante a praticidade desejada em trabalhos de monitoramento e mantém boa precisão na obtenção das estimativas amostrais.

Visando determinar o tamanho de amostra de caracteres em híbridos de mamoneira, Cargnelutti Filho et al. (2010), conduziram trabalho com os híbridos Sara e Lyra, e encontraram diferenças no tamanho de amostra para diversas variáveis de produção e desenvolvimento das plantas. Os autores afirmam que há aumento do tamanho de amostra (número de plantas) para estimar caracteres de semente, de plântula, de planta adulta e de produção, na referida ordem, ou seja, quanto mais desenvolvida a planta, maior o tamanho de amostra.

Com o intuito de avaliar a influência da área de amostragem na determinação de perdas totais na colheita, Câmara et al. (2007), conduziram experimento com a cultura da soja. Os autores variaram a velocidade de deslocamento e abertura do côncavo, em um total de 12 tratamentos. Os resultados evidenciaram que o coeficiente de variação para a armação de 2 m<sup>2</sup> foi de 88,26%, enquanto que para a armação de 3 m<sup>2</sup> este valor foi de 32,85%, e que com a armação de 2 m<sup>2</sup> foram detectadas perdas totais de 45 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que com a de 3 m<sup>2</sup> quantificou-se 73 kg ha<sup>-1</sup>, indicando que a área das armações interfere na quantificação das perdas totais na cultura da soja.

Embora com algumas variações, a maioria dos trabalhos citados utiliza como metodologia a expressão de Cochran (1977), e o método definido como intensidade de amostragem (KARADINOS, 1976). Entretanto, o método apresentado por Confalonieri et al. (2004), e o método bootstrap nos oferecem outras duas opções, que conjugadas a confecção de cartas controle para observação da média da variável em estudo, podem ser usadas para confrontar os resultados com os do método anterior, aumentando a confiabilidade dos resultados gerados e a segurança para quem for empregar, em trabalhos futuros, os tamanhos de amostra que resultarão desta tese.

#### **2.4. Tamanhos amostrais utilizados para avaliar distribuição de sementes**

Nesta seção, serão discutidos alguns trabalhos realizados para avaliar a distribuição de sementes por semeadoras de precisão. O objetivo principal do tópico é mostrar a grande diversidade de condições e tamanhos amostrais empregados em tais avaliações. Na maioria dos casos, a distribuição de sementes é apenas uma variável resposta de certo tratamento aplicado, o qual pode ter ou não relação com o tamanho da amostra. Pretende-se ainda,

relatar, caso seja encontrado, qual procedimento foi adotado pelos autores para definir o tamanho ideal da amostra para realização do experimento.

Propondo o uso de um sensor ótico para a coleta de dados referentes a regularidade de distribuição de sementes em condições de laboratório, Lan et al. (1999) utilizaram contagens de 25 sementes consecutivas em esteira engraxada para comparação dos dados em relação aos espaçamentos entre sementes determinados pelo sensor.

Em experimento realizado por Panning et al. (2000), foi avaliada a regularidade de distribuição de sementes de cinco semeadoras com características distintas, em três velocidades de deslocamento. O experimento foi conduzido em duas condições, a campo e sobre esteira engraxada com auxílio de um sensor ótico para a coleta dos dados em laboratório. Os autores utilizaram amostras de 450 espaçamentos entre sementes para cada tratamento com três repetições. Özmerzi et al. (2002), avaliaram o efeito da profundidade de semeadura na uniformidade de distribuição de sementes de milho por uma semeadora de precisão após a semeadura. Os autores utilizaram 30 plantas por parcela para coleta dos dados referentes à regularidade de distribuição.

Com o objetivo de estudar o enchimento de discos dosadores de milho em laboratório, Santos et al. (2001) utilizaram imagens de 400 sementes como amostra de cada tratamento. Silveira et al. (2005), avaliando a distribuição de plantas de milho após a emergência, utilizaram 50 plantas por repetição, totalizando 200 espaçamentos entre plantas. Mahl (2006), também após a semeadura, avaliou a quantidade de plantas contida em três metros, das quatro linhas de cada parcela, não informando o número de espaçamentos medidos, método também utilizado por Silva et al. (2000), que avaliaram a distribuição de plantas de milho em três metros de três linhas por parcela.

Com a intenção de modelar matematicamente a pressão negativa de trabalho em uma semeadora de precisão pneumática, Karayel et al. (2004), fizeram a avaliação da distribuição de sementes em sete metros da linha de semeadura no campo e em sistema de esteira engraxada. Tais amostras responderam a aproximadamente 30 sementes para milho, 41 para algodão, 70 para soja, 47 para beterraba açucareira, 14 para melancia e 82 sementes para cebola.

Em trabalho visando estudar a distribuição de plantas em 48 propriedades do Estado do Paraná, as parcelas foram compostas por quatro ou cinco linhas da semeadora com comprimento de três metros (SCHIMANDEIRO et al., 2006). Por sua vez, Dias et al. (2009), avaliando a distribuição longitudinal de sementes de milho e soja em leito de areia, utilizaram populações de 150 espaçamentos por tratamento.

Avaliando a regularidade de distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite, Jasper et al. (2006), determinaram o tamanho de amostra para distribuição longitudinal através do método de estabilização da média e do desvio padrão da variável estudada. Os autores determinaram como sendo em 500 sementes o tamanho de amostra para distribuição longitudinal.

Em seu trabalho com as culturas de milho e soja, Karayel (2007) estudou a distribuição de sementes por uma semeadora pneumática com modificações para a realização de semeadura direta. O autor avaliou a distribuição através da medição de 50 (cinquenta) plantas por tratamento, 17 (dezessete) dias após a emergência.

Propondo a utilização de um novo critério para avaliar a qualidade de distribuição de sementes, Maleki et al. (2006) estudaram em esteira engraxada os espaçamentos entre sementes de 4 metros da esteira, não informando o espaçamento nominal tampouco a quantidade de sementes por metro, denotando o descaso com o tamanho amostral em seu trabalho.

Com o objetivo de aperfeiçoar a distribuição de sementes por uma semeadora pneumática de disco vertical através da utilização da metodologia de superfícies de resposta, Yazgi e Degirmencioglu (2007), conduziram experimento com a cultura do girassol. Os autores utilizaram esteira engraxada para deposição das sementes, com coleta de dados em 10 metros da esteira, usando de 140 a 280 espaçamentos entre sementes por teste realizado.

Em trabalho para estudar a produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura, avaliando ainda a distribuição de sementes, Mello et al. (2003), usaram duas linhas centrais de três metros para avaliar a distribuição de sementes, o que resulta em um total de aproximadamente 34 plantas por parcela, de acordo com a densidade média de semeadura praticada pelos autores foi de 5,7 sementes  $m^{-1}$ .

Visando avaliar a profundidade e uniformidade de distribuição de sementes de milho em função de duas velocidades de deslocamento, Modolo et al. (2004), utilizaram 80 espaçamentos para quantificar a regularidade de distribuição. Objetivando elucidar o desempenho de três semeadoras pneumáticas em diferentes velocidades e espaçamentos entre sementes, Bozdoğan (2008), conduziu experimento onde os tamanhos amostrais variaram de 15 a 42 sementes por linha da semeadora, dependendo da densidade expressa em sementes por metro, com três repetições. Jasper et al. (2011), conduziram experimento com objetivo de estudar a influência da velocidade da semeadura na cultura da soja, com sistemas dosadores de sementes dos tipos disco alveolado horizontal e pneumático. Os autores utilizaram 400

espaçamentos entre plantas após a emergência para quantificar a regularidade de distribuição de sementes nas velocidades de 4, 6, 8, 10 e 12 km h<sup>-1</sup>.

## **2.5. Síntese do capítulo**

Existem diversos métodos de determinação do tamanho amostral, de diferentes graus de complexidade e aplicações distintas. Após a revisão, constatou-se uma grande faixa de tamanhos amostrais utilizados para as diferentes condições dos trabalhos revisados neste capítulo. Evidenciou-se também, que a grande maioria dos trabalhos conduzidos, com o intuito de avaliar a regularidade de distribuição de sementes, não utilizou nenhum método de estimativa do tamanho amostral, e que este é definido em função das dimensões da parcela experimental, para experimentos a campo, e do comprimento da esteira, para experimentos em laboratório, fato que se opõe à lógica da qualidade na execução de experimentos, onde o tamanho de amostra deveria determinar as extensões de ensaios e avaliações.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG) vinculado à Universidade Federal de Santa Maria, posicionada fisiograficamente na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul/Brasil, (Santa Maria/RS).

#### 3.2. Material

O trabalho foi realizado sobre esteira carpetada em laboratório de acordo com a norma internacional ISO 7256/1. A seguir, serão descritos os materiais que foram empregados comumente aos experimentos e suas particularidades.

##### 3.2.1. Sementes

Para realizar as avaliações, foram utilizadas sementes de milho híbrido Dekalb<sup>1</sup> 240, peneira C2 e cultivar de soja Syngenta NK 7059 RR peneira 6,5. As características dimensionais comprimento, diâmetro e espessura (Tabela 1), foram obtidas através de paquímetro digital com precisão de 0,05 mm em amostras de 50 sementes (YAZGI; DEGIRMENCIOGLU, 2007). Calculou-se ainda a esfericidade pela expressão de acordo com KARAYEL et al. (2004):

$$\emptyset = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

$\emptyset$  é a esfericidade, %;

L, W e T referem-se a comprimento, largura e espessura (mm), respectivamente.

Foram determinados ainda a massa de mil sementes e o ângulo de repouso. Para o cálculo do ângulo de repouso, foi construído e utilizado dispositivo específico, que libera por

---

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

gravidade as sementes através de um funil para sua deposição sobre uma superfície plana (ALTMANN et al., 2010). O ângulo de repouso foi determinado a partir da relação trigonométrica (arco tangente) entre a altura e o raio do tronco de cone formado pela deposição das sementes; foram realizadas três medições desta variável.

Tabela 1 - Características dimensionais das sementes utilizadas nos ensaios.

Variável	MILHO			SOJA		
	Média	DP	CV (%)	Média	DP	CV (%)
Comprimento (mm)	7,4	0,8	11,4	4,2	0,4	10,0
Diâmetro (mm)	5,1	0,3	6,2	3,9	0,3	8,1
Espessura (mm)	2,1	0,3	15,1	3,3	0,5	14,6
Massa de 1000 sementes (g)	280,1	4,1	1,5	110,0	3,5	3,1
Ângulo de repouso (°)	29,8	3,8	11,6	33,4	1,3	3,8
Esfericidade (%)	58,2	5,6	9,6	90,0	6,7	7,5

DP: desvio padrão.

### 3.2.2. Bancada de ensaios em laboratório

As sementes de milho e soja foram depositadas sobre esteira carpetada montada em estrutura metálica tubular com 17,5 m de comprimento e 0,015 m de largura, a qual é forçada a tomar a forma de “V” (formato de sulco), por dois rolos verticais posicionados junto à saída do tubo condutor de sementes (Figura 3).

O princípio de funcionamento da esteira consiste em inverter o que ocorre no processo de semeadura em campo, onde a máquina movimenta-se sobre o solo; neste caso, a esteira movimenta-se sob o mecanismo dosador.

A potência necessária para movimentação da esteira carpetada e acionamento do mecanismo dosador é fornecida por dois motores elétricos de 2,30 e 0,36 kW de potência, trifásico e monofásico respectivamente.

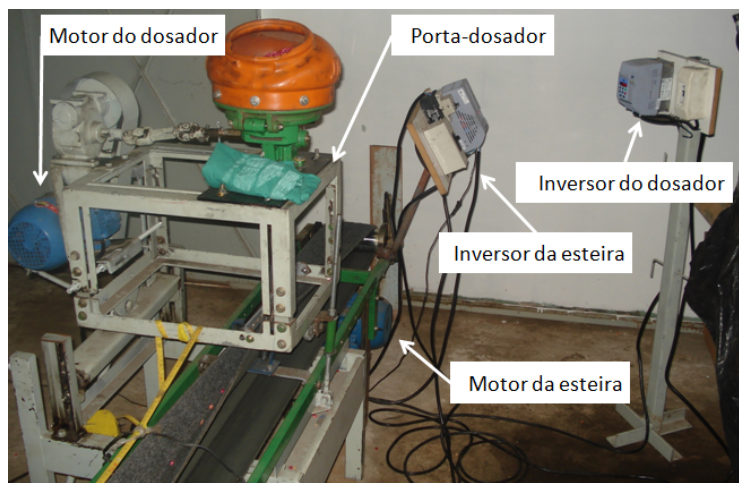


Figura 3 - Bancada de ensaios de mecanismos dosadores de sementes, mostrando detalhes do suporte dos dosadores, controles e mecanismos de acionamento.

A bancada (Figura 4) foi desenvolvida no próprio LASERG/UFMS; esta é capaz de fornecer inclinações, rotações do mecanismo dosador (para diferentes velocidades periféricas), pressões de trabalho (mecanismos pneumáticos) e velocidades de deslocamento previstas nas normas que foram consideradas para o trabalho. Foram realizados testes iniciais para determinar o deslizamento da esteira em relação ao rolo acionador, sendo que não foram encontrados valores significativos desta variável. Mais detalhes sobre as especificações da bancada podem ser obtidos em Alonço et al. (2010) e Silveira et al. (2010).



Figura 4 - Esteira carpetada com sementes de soja depositadas, mostrando detalhes da estrutura, rolos formadores de sulco e fita métrica.

Para promover a correta adequação à faixa necessária de rotações das fontes de potência, os motores elétricos foram controlados por inversores de frequência da marca WEG, modelos CFW 08 (monofásico) e CFW 010 (trifásico), com faixas de trabalho variando de 1 a 1800 RPM (Figura 5).



(a)



(b)

Figura 5 - Inversores de frequência controladores das rotações da bancada. a) CFW 08, controlador da rotação dos mecanismos dosadores; b) CFW 10, controlador da rotação do rolo acionador da esteira.

Para fornecer a pressão negativa necessária à captação de sementes pelos mecanismos dosadores pneumáticos, foi utilizada bancada composta por: um ventilador centrífugo Matermacc acionado por motor elétrico trifásico à rotação de 3600 RPM, vacuômetro para aferição da pressão de trabalho e um controlador de vácuo. O controlador de vácuo foi empregado para estabelecer a pressão negativa necessária específica para cada mecanismo dosador pneumático utilizado (Figura 6).

O princípio de funcionamento do controlador de vácuo é a liberação gradativa da entrada de ar no sistema, permitindo, desta forma, que pressões diferenciadas possam ser trabalhadas (Silveira et al., 2010). O ar aspirado pelo ventilador centrífugo é conduzido desde o mecanismo dosador através de mangueira flexível de 50 mm de diâmetro.





Figura 6 – Bancada geradora de pressão negativa composta por ventilador centrífugo, motor elétrico trifásico, vacuômetro (escala de 10 kPa) e controlador de vácuo.

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros para configuração dos inversores de frequência que controlam a velocidade de deslocamento simulada pela esteira. A bancada de ensaios de mecanismos dosadores contempla, com pequenas adaptações no suporte de fixação do mecanismo dosador, tanto dosadores pneumáticos (montados com o disco verticalmente disposto) quanto de disco alveolado horizontal (montados com o disco dosador em posição horizontal). Dado o fato de que os dosadores foram acionados por motor elétrico controlado por inversor de frequência, as velocidades periféricas foram calculadas a partir da rotação de entrada do eixo de acionamento, pela seguinte expressão:

$$V_p = \frac{RPM \times 2\pi r}{60} \quad (8)$$

Onde:

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

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

$r$ : raio do centro do eixo motriz ao centro da linha de orifícios do disco, m.

Foram medidos, com auxílio de tacômetro digital, valores de rotação do eixo de saída em intervalos iguais de frequência estabelecida nos inversores. De posse dos pares de dados, foram traçadas equações de regressão linear entre as rotações de saída e frequências, sendo que o valor do coeficiente de correlação foi igual a 1. Nestas equações, foram inseridos os valores desejados de rotação, resultando nas frequências necessárias à realização do trabalho.

Tabela 2 - Relação das frequências para configuração dos inversores com as velocidades de deslocamento simuladas em  $\text{km h}^{-1}$  e  $\text{m s}^{-1}$  na esteira carpetada da bancada de ensaios de mecanismos dosadores.

Frequência (Hz)	Velocidade ( $\text{km h}^{-1}$ )	Velocidade ( $\text{m s}^{-1}$ )
7,1	2,5	0,69
14,3	5,0	1,40
21,1	7,5	2,10
28,0	10,0	2,77

### 3.2.3. Mecanismos dosadores de sementes

Foram utilizados mecanismos dosadores de sementes do tipo disco alveolado horizontal e pneumático (DDH e DP respectivamente). Foram utilizados dois espécimes de cada tipo de mecanismo dosador, com características diferentes, cujo propósito foi aumentar o grau de confiabilidade da metodologia para um maior número de exemplares e identificar possíveis erros de deposição de um dado mecanismo, através da análise da regularidade de deposição de sementes. Como dosadores de sementes pneumáticos (Figura 7), tomaram-se exemplares das marcas comerciais John Deere e Jumil (DP1 e DP2, respectivamente), cujas principais características técnicas são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Características dos mecanismos dosadores de sementes utilizados nos ensaios.

Característica	Milho	Soja	Milho	Soja
	DP1*		DP2*	
Pressão de trabalho (kPa)	- 5	-5	-2,8	-2,0
Diâmetro dos discos (mm)	200	200	220	200
Número de orifícios dos discos	24	84	30	108
Numero de fileiras	1	1	1	3
Diâmetro do orifício (mm)	5,5	4,5	3,57	4,37
	DDH1*		DDH2*	
Diâmetro dos discos (mm)	180	180	185	185
Número de orifícios dos discos	28	90	28	90
Número de fileiras	1,0	2,0	1,0	2,0
Diâmetro do orifício (mm)	5,0	5,5	5,0	5,5

\*DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco horizontal 1; DDH2: dosador de disco horizontal 2.

Os dosadores de sementes tipo disco alveolado horizontal utilizados (Figura 7), foram das marcas comerciais Stara e Semeato. Os orifícios dos dosadores tipo disco alveolado horizontal foram dimensionadas de acordo com o ajuste do espaço livre entre orifícios e o tamanho da semente (Santos et al., 2001; Santos et al., 2003), conforme será descrito no subitem ensaios e tratamentos.



DP1



DP2



DDH1



DDH2

Figura 7 – Visualização geral dos mecanismos dosadores de sementes utilizados nos ensaios. DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco horizontal 1; DDH2: dosador de disco horizontal 2.

### 3.3. Métodos de ensaio

A bancada foi previamente calibrada, visando à obtenção de cada tratamento do experimento, os quais serão apresentados posteriormente. Após a aferição da conformidade dos níveis de cada tratamento, como o proposto no trabalho, foi iniciada a coleta dos valores referentes aos espaçamentos entre sementes. A leitura da posição das sementes foi feita visualmente com auxílio de trena com escala em milímetros fixada ao longo de todo o

comprimento da esteira, após a sua passagem sob o mecanismo dosador em velocidade constante. Assim que os mecanismos dosadores, bem como a esteira, atingiram velocidade constante, estes permaneceram em funcionamento por cerca de 1 minuto para que não houvesse interferência do início do movimento de ambos. Após a completa deposição de sementes ao longo da esteira, os inversores foram desligados fazendo com que os mecanismos cessassem o movimento, iniciando-se então a tomada de espaçamentos, descontando-se as extremidades da esteira como bordadura. Devido ao fato dos inversores de frequência cessar seu movimento gradativamente, minimizou-se o efeito da inércia das sementes, o que poderia causar o seu rolamento ao longo da esteira carpetada. A figura 8 ilustra a sequência utilizada para obtenção dos dados junto à bancada de ensaios.

Para compor a amostra mestre, foram coletados 280 espaçamentos entre sementes em cada uma das três repetições de cada tratamento, compreendendo o tamanho de amostra recomendado nas normas supracitadas mais 30 espaçamentos. Os espaçamentos entre sementes foram aferidos manualmente visando controlar ao máximo as condições dos ensaios elevando assim a confiabilidade dos dados eliminando os erros até agora encontrados nos sensores testados na esteira de deposição de sementes. Os sensores testados, embora possibilitem enorme ganho em tempo na tomada de dados, não apresentaram grau de confiabilidade adequado para este estudo. Salienta-se que os tamanhos de amostra aqui determinados poderão ser utilizados para ensaios com sensores, quando estes apresentarem confiabilidade adequada demonstrada cientificamente.

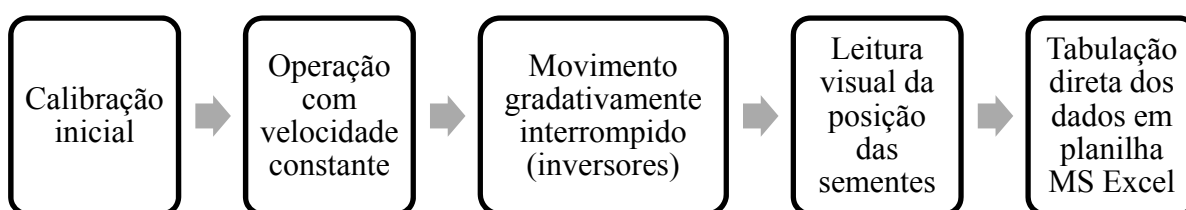


Figura 8 – Fluxograma do método utilizado na coleta de dados em esteira carpetada, visando à determinação do tamanho de amostra para ensaios em laboratório de quatro mecanismos dosadores de semente de milho e soja.

Para compor os tratamentos, foram simuladas algumas das diferentes condições estabelecidas nas normas que serviram como referência para o trabalho. Para limitar o número de ensaios e não comprometer a resposta das variáveis e a determinação do tamanho amostral, estes foram limitados de acordo com a conveniência de cada combinação, definindo fatoriais

passíveis de serem realizados para maximizar, quando houver, o efeito de determinado tratamento sobre as variáveis resposta. Segue a descrição dos ensaios realizados.

### 3.4. Ensaio 1: velocidade de deslocamento e periférica variável

Os tratamentos do ensaio 1 foram compostos pela combinação dos quatro mecanismos dosadores (dois pneumáticos e dois de disco alveolado horizontal) com três velocidades de deslocamento em esquema fatorial com três repetições. As três velocidades de deslocamento foram simuladas com alteração da velocidade da esteira e da velocidade periférica dos mecanismos dosadores. Este procedimento foi adotado visando manter o mesmo espaçamento nominal entre sementes e, conseqüentemente, a densidade de semeadura para ambas as culturas, simulando uma condição em que acontece elevação da velocidade de semeadura sem alteração da densidade de sementes. A densidade de semeadura foi mantida próxima a 06 e 14 sementes por metro para as culturas do milho e soja respectivamente.

A tabela 4 mostra as velocidades de deslocamento e respectivas velocidades tangenciais resultantes para ambas as culturas, as quais foram utilizadas para formação dos tratamentos do ensaio 1. As velocidades de 5,0 e 7,5 km h<sup>-1</sup> foram escolhidas por representar a faixa de velocidades recomendada para ambas as culturas. A velocidade de 2,5 km h<sup>-1</sup> foi usada no intuito de estabelecer uma condição ótima de distribuição de sementes, em que as velocidades tangenciais e de deslocamento, teoricamente, não influenciariam na uniformidade de distribuição de sementes.

Tabela 4 - Níveis dos fatores velocidade e dosador de sementes do ensaio 1.

Fator	Velocidade de deslocamento (km h <sup>-1</sup> )	Velocidade periférica do disco (m s <sup>-1</sup> )
V1	2,5	0,10
V2	5,0	0,20
V3	7,5	0,30

A tabela 5 ilustra a combinação entre os fatores mecanismo dosador e velocidade de deslocamento para formação dos tratamentos do ensaio 1. Considerando as combinações possíveis e o número de repetições, foram coletados 10080 (dez mil e oitenta) espaçamentos entre sementes para cada cultura avaliada somente neste ensaio.

Tabela 5 - Combinação entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para compor os tratamentos do ensaio 1.

Dosador	Velocidade de deslocamento (km h <sup>-1</sup> )		
	2,5	5,0	7,5
DP1	T1	T2	T3
DP2	T4	T5	T6
DDH1	T7	T8	T9
DDH2	T10	T11	T12

\*DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco horizontal 1; DDH2: dosador de disco horizontal 2.

Na tabela 6, são apresentados os parâmetros de configuração dos inversores de frequência que controlam as rotações dos mecanismos dosadores de sementes. As diferenças visualizadas entre as frequências se devem a características particulares de cada mecanismo dosador, principalmente a redução final que ocorre no acoplamento entre o último par de engrenagens, sendo este o par que transmite o movimento final ao disco.

Tabela 6 - Configuração do inversor de frequência que controla a rotação dos mecanismos dosadores de sementes para o ensaio 1 para ambas as culturas.

Dosador	Velocidade (km h <sup>-1</sup> )					
	2,5		5,0		7,5	
	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja
	Frequências (Hz)					
DP1	121,0	70,0	258,0	154,6	395,0	239,2
DP2	160,0	125,6	340,0	267,4	520,0	409,2
DDH1	592,0	390,0	1198,0	794,0	1805,0	1198,0
DDH2	440,0	288,6	895,0	591,8	1349,0	895,0

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco horizontal 1; DDH2: dosador de disco horizontal 2.

### 3.5. Ensaio 2: velocidade de deslocamento constante e periférica variável

O objetivo deste ensaio foi avaliar o efeito de diferentes velocidades tangenciais dos discos dosadores propiciando assim, diferentes densidades de semeadura na linha, expressas em sementes por metro. Os tratamentos do ensaio 2 foram compostos pelo fatorial de quatro dosadores de sementes e quatro velocidades tangenciais em delineamento blocos ao acaso,

com 3 repetições. Os tratamentos são mostrados na tabela 7. Os dosadores foram os mesmos detalhados no ensaio 1. O diferencial foi que, neste ensaio, a velocidade de deslocamento simulada foi mantida constante em  $5 \text{ km h}^{-1}$ , alterando assim, o espaçamento e consequentemente a densidade de sementes.

Através da inversão da equação de cálculo da velocidade periférica, pela determinação da rotação (RPM) do disco dosador, do número de alvéolos (dosador de disco alveolado) ou orifícios (dosador pneumático) e do espaçamento entre linhas, determinou-se o espaçamento entre sementes (mm) e, por conseguinte, a densidade de semeadura (sementes  $\text{ha}^{-1}$ ), com tolerância de 10% pelas características de cada mecanismo dosador. É conhecido o fato de que mecanismos pneumáticos podem trabalhar com velocidades periféricas maiores; no entanto, novamente para efeito de comparação, e devido aos resultados de trabalhos anteriores (SILVEIRA et al., 2010; ALONÇO et al., 2010), em que a velocidade de deslocamento influenciou significativamente a regularidade de distribuição de sementes por dosadores pneumáticos, foram utilizadas velocidades periféricas semelhantes para os quatro mecanismos dosadores.

Tabela 7 – Combinação dos quatro mecanismos dosadores com as quatro velocidades tangenciais dos discos dosadores para obtenção dos tratamentos do ensaio 2.

Dosador	Velocidade periférica ( $\text{m s}^{-1}$ )			
	0,09	0,18	0,28	0,38
DP1	T1	T2	T3	T4
DP2	T5	T6	T7	T8
DDH1	T9	T10	T11	T12
DDH2	T13	T14	T15	T16

\*DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco horizontal 1; DDH2: dosador de disco horizontal 2.

### 3.6. Métodos de determinação do tamanho amostral

Durante a revisão bibliográfica, foram identificados diversos metodologias de determinação do tamanho de uma amostra. Para aumentar a confiabilidade dos resultados gerados pelo trabalho, foram utilizados três métodos: método da intensidade de amostragem, método bootstrap adaptado e método prático. As particularidades de cada um deles serão discutidas a seguir. A figura 9 apresenta o fluxograma de determinação do tamanho amostral.

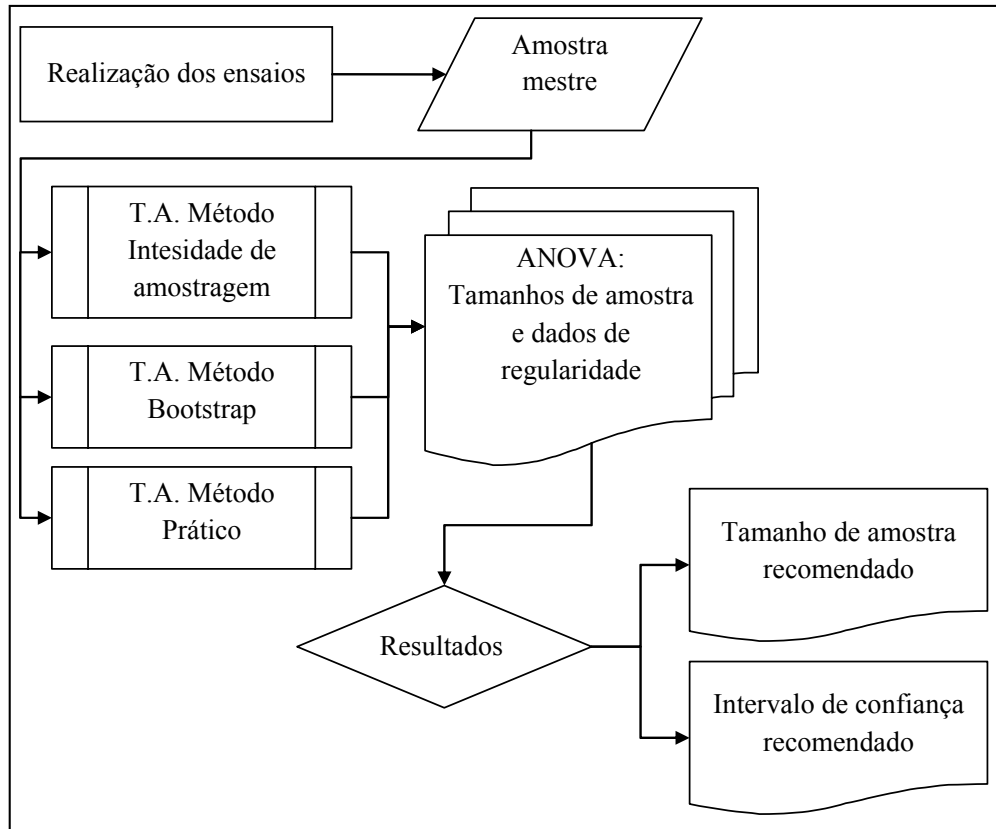


Figura 9 - Fluxograma da determinação do tamanho de amostra para ensaios em laboratório de quatro mecanismos dosadores de semente de milho e soja.

### 3.6.1. Método da Intesidade de Amostragem

O primeiro método utilizado para determinar o tamanho de amostra, consiste na expressão descrita por Cochran (1977) e Silva (2004), e apresentada e adaptada por Feijó et al. (2006):

$$n_0 = \frac{(t_{\alpha/2}^2 \cdot CV\%^2)}{D^2} \quad (9)$$

Onde:

$n_0$ : tamanho da amostra;

$t_{\alpha/2}$ : valor da tabela t, de Student, para um nível  $\alpha$  de significância, adotado 5%;

CV%: coeficiente de variação experimental e,

D: semi-amplitude do intervalo de confiança, expresso em percentual da média, sendo que foram adotados quatro níveis: 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0% da média amostral (adaptado de CARGNELUTTI FILHO et al., 2010, que utilizaram 2, 4, 6 e 8%).



Este procedimento considera o coeficiente de variação experimental em porcentagem (CV%), obtido através da média aritmética e da variância obtidos para cada conjunto de dados (LEITE, 2007). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (STEEL; TORRIE, 1997) para identificar o atendimento ao pressuposto de homogeneidade das variâncias.

A dimensão do tamanho amostral foi processada tomando a população de espaçamentos como infinita, e posteriormente fez-se a correção do tamanho amostral de acordo com a população finita ( $n$ ) de 280 espaçamentos entre sementes. Esta correção ocorreu através da expressão que determina o número final de amostras ( $nf$ ) (SILVA, 2004; LEITE, 2007):

$$nf = \frac{n_0}{1 + \left(\frac{n_0}{n}\right)} \quad (10)$$

Para determinação dos tamanhos de amostra através do método da intensidade de amostragem, foi utilizado como ferramenta o aplicativo MS Excel, seguida da análise estatística pelo aplicativo ASSISTAT.

### 3.6.2. Método bootstrap adaptado

Pelo método bootstrap adaptado, foram estipulados cinco tamanhos de amostra: 50, 100, 150, 200 e 250 espaçamentos entre sementes para ambas as culturas. De posse dos dados da amostra mestre, foram realizados, com auxílio da ferramenta “*amostragem*” do aplicativo Microsoft Office Excel, 100 subamostragens, com reposição de dados, para cada tamanho de amostra simulado (SILVA et al., 2011). Como resultado, obtiveram-se cinco, dez, quinze, vinte e vinte e cinco mil espaçamentos entre sementes respectivamente para cada tamanho simulado.

Para cada tamanho amostral simulado, foi estimado o parâmetro percentual de espaçamentos aceitáveis das 100 subamostragens. Os resultados foram plotados em gráficos de tamanho de amostra em função do parâmetro de interesse - percentual de espaçamentos aceitáveis - para observação e avaliação (MONTGOMERY, 2002; LEITE et al., 2009). No gráfico resultante, adicionaram-se barras horizontais representativas do intervalo de confiança e da média da amostra mestre para facilitar a visualização e interpretação.

Por exemplo, para obter a estimativa da média do percentual de espaçamentos aceitáveis da amostra de 50 espaçamentos entre sementes:

- a) Realizaram-se 100 sorteios consecutivos de 50 espaçamentos na amostra mestre de 280 espaçamentos;
- b) Após este processo, as estimativas das médias da característica para cada tamanho de amostra analisado foram plotadas em um gráfico (tamanho da amostra no eixo “x”) para análise e visualização da estabilização de cada estimativa, o que determina quando o tamanho de cada subamostra passa a representar adequadamente a amostra mestre e consequentemente a população;
- c) Foi considerado que a amostra de tamanho reduzido representou a amostra mestre quando não houver nenhum valor simulado fora do intervalo de confiança (IC).

Sendo assim, para delimitar qual o tamanho mínimo de amostra que poderia ser utilizado para cada tratamento, ou seja, qual tamanho amostral simulado representaria adequadamente a amostra mestre, estabeleceram-se intervalos de confiança, a partir da média da subamostra (VIEIRA; SILVA, 2008). Os limites superiores (LS) e limites inferiores (LI) foram determinados pelas seguintes expressões (CRUZ, 2006):

$$LI_{97,5\%} = \hat{\mu} - D \quad (11)$$

$$LS_{97,5\%} = \hat{\mu} + D \quad (12)$$

Onde:

$\hat{\mu}$ : valor obtido do parâmetro estudado, com a utilização de todas as subamostras tomadas do experimento original;

$D$ : erro admitido para mais ou para menos, dado em percentual da média da subamostra (adotado como 2,5%).

Optou-se por utilizar o menor valor de semi-amplitude ( $D\%$ ) do método prático para estabelecer os intervalos de confiança do método bootstrap adaptado. Considerou-se que o tamanho reduzido de amostra representou adequadamente a amostra mestre e, por conseguinte a população, quando nenhum valor das 100 estimativas de espaçamentos aceitáveis encontrava-se fora do intervalo de confiança estabelecido (Silva et al., 2011).

### 3.6.3. Método prático

Este método foi adaptado da metodologia proposta por Leite (2007) e Silva et al. (2011). Pelo método prático, foram simulados com auxílio da ferramenta “amostragem” do aplicativo Excel do MS Office 2007<sup>®</sup>, com reposição de dados, diferentes tamanhos de

amostra com 50, 100, 150, 200, 250 e a amostra mestre completa de 280 espaçamentos. Cada tamanho de amostra foi simulado três vezes a partir da amostra mestre.

De posse do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos (ensaio 1) e apenas aceitáveis (ensaio 2), para cada tamanho de amostra simulado, realizou-se o teste do Bartlett para verificar a hipótese de homogeneidade das variâncias, fator necessário à análise da variância com diferentes tamanhos de população. Quando as variâncias foram classificadas como homogêneas e os dados atenderam a suposição de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, efetuou-se a análise da variância, considerando um experimento trifatorial em parcelas subdivididas, onde a parcela principal constituiu-se dos mecanismos dosadores de sementes (quatro níveis), a subparcela constou das velocidades de deslocamento (três níveis) e a subsubparcela dos cinco tamanhos de amostra simulados mais a amostra mestre de 280 espaçamentos entre sementes (seis níveis) com três repetições.

Quando a análise da variância indicou diferença significativa pelo teste F, as médias do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos foram comparadas pelo teste de Tukey com  $P < 0,05$  (PEIXOTO; RICCI, 1984).

Quando as variâncias foram classificadas como heterogêneas, utilizaram-se variâncias ponderadas de acordo com o tamanho de amostra simulado para prosseguir com a análise (LEITE, 2007). Se identificada a condição de não normalidade, os dados foram transformados pela expressão  $xf = \arcsen\sqrt{x/100}$ , onde  $xf$  representa o dado transformado e  $x$  o dado original. Permanecendo a condição de não normalidade, os dados receberam tratamento não paramétrico através do teste de Kruskal-Wallis (teste H). Tal teste é a versão não-paramétrica para medições da ANOVA de um fator independente. Seu uso é conveniente quando se têm mais de duas amostras independentes (inclusive com  $n$  diferentes, como no caso em estudo), e pode-se assumir que elas são de populações com o mesmo formato, não necessariamente normal (RODRIGUES, 2008; POCINHO, 2010).

#### 3.6.4. Compilação dos resultados de tamanho de amostra

De posse dos resultados finais dos tamanhos de amostra gerados pelas três metodologias, procedeu-se a apreciação qualitativa dos três métodos utilizados. Para determinar um intervalo que fosse de fácil entendimento e aplicação, quantificou-se a importância relativa de cada método (média ponderada). Este fator foi multiplicado pelos tamanhos de amostra máximo e mínimo obtido em cada método. Para cálculo do tamanho mínimo de amostra, utilizou-se a seguinte expressão:

$$TA_{\min} = (TA_{\min(LA)} \cdot a) + (TA_{\min(BA)} \cdot b) + (TA_{\min(MP)} \cdot c) \quad (13)$$

Onde:

$TA_{\min}$ : Tamanho de amostra mínimo, em número de espaçamentos entre sementes;

$TA_{\min(LA)}$ : Tamanho de amostra mínimo pelo método da intensidade de amostragem;

$TA_{\min(BA)}$ : Tamanho de amostra mínimo pelo método bootstrap adaptado;

$TA_{\min(MP)}$ : Tamanho de amostra mínimo pelo método prático;

a, b, c: coeficientes correspondentes aos pesos atribuídos aos três métodos utilizados.

Da mesma forma, para cálculo do tamanho de amostra máximo a ser utilizado, procedeu-se a ponderação dos resultados gerados pelos três métodos através da expressão:

$$TA_{\max} = (TA_{\max(LA)} \cdot a) + (TA_{\max(BA)} \cdot b) + (TA_{\max(MP)} \cdot c) \quad (14)$$

Onde:

$TA_{\max}$ : Tamanho de amostra máximo, em número de espaçamentos entre sementes;

$TA_{\max(LA)}$ : Tamanho de amostra máximo pelo método da intensidade de amostragem;

$TA_{\max(BA)}$ : Tamanho de amostra máximo pelo método bootstrap adaptado;

$TA_{\max(MP)}$ : Tamanho de amostra máximo pelo método prático;

a, b, c: coeficientes correspondentes aos pesos dos três métodos utilizados.

### 3.7. Determinação da regularidade de distribuição de sementes

A uniformidade de distribuição longitudinal de sementes foi avaliada de acordo com a ISO 7256/1 (1984) pelo percentual de espaçamentos aceitáveis, falhos e múltiplos com base no espaçamento teórico/nominal esperado na regulagem do mecanismo dosador (XREF). Foram considerados falhos os espaçamentos com valor  $\geq 1,5$  XREF, múltiplos os espaçamentos  $\leq 0,5$  XREF e os demais foram classificados como aceitáveis (ISO, 1984).

### 3.8. Análise dos dados de regularidade de distribuição de sementes

Os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov (SILVA; AZEVEDO, 2009), com  $P < 0,05$ , no intuito de testar a aderência dos dados à distribuição normal e ao teste de Bartlett ( $P < 0,01$ ) para identificar a condição de homogeneidade. Identificadas estas

condições, através da análise da variância (ANOVA, com  $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise das médias dos espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos (ensaios 1 e 2), precisão e espaçamento médio entre sementes (ensaio 1). Após o teste F, quando contrastes significativos foram encontrados, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. Quando interações entre os tratamentos foram observadas, procedeu-se a confecção de tabelas com as médias alocadas nas últimas linhas e colunas da tabela para facilitar a interpretação dos dados.

Quando não identificada a condição de normalidade, os dados foram transformados de acordo com a expressão  $xf = \arcsen\sqrt{x/100}$ , onde  $xf$  representa o dado transformado e  $x$  o dado original. De acordo com Silva e Azevedo (2009), esta transformação é adequada para dados com valores menores que 100, como no caso de dados percentuais, enquadrando-se assim nos resultados deste trabalho por se tratar, sem sua maioria, de percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos.

Todas as simulações, testes e análises foram realizadas com auxílio do aplicativo MS Excel (amostragem), da ferramenta de simulação do software livre Genes versão 2009.7.0 (CRUZ, 2006) e do aplicativo ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Ensaio 1: velocidade de deslocamento e periférica variável

#### 4.1.1. Regularidade de distribuição de sementes de milho

Na tabela 8 são apresentados os dados referentes às análises de normalidade e homogeneidade para regularidade de distribuição de sementes de milho. A homogeneidade das variâncias compreende o passo fundamental para estabelecer um tamanho de amostra comum, e não ponderado de acordo com as variâncias de cada parâmetro avaliado. Com exceção da variável espaçamento médio, todas as demais apresentaram variâncias homogêneas. Os dados referentes ao percentual de espaçamentos aceitáveis e falhos necessitaram de transformação para atender ao pressuposto de normalidade.

Tabela 8 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett para as variáveis avaliadas no ensaio 1 para a cultura do milho.

Variável	Normalidade (5%)			Homogeneidade (1%)		
	Valor	Valor crítico	Normal	$\chi^2$	$\chi^2$ crítico	Variâncias
Aceitáveis	0,19	0,15	Não	25,33	19,67	Heterogêneas
Aceitáveis <sup>1</sup>	0,14	0,15	Sim	23,53	24,72	Homogêneas
Múltiplos	0,08	0,15	Sim	19,21	19,70	Homogêneas
Falhos	0,19	0,15	Não	20,20	24,72	Homogêneas
Falhos <sup>1</sup>	0,14	0,15	Sim	16,98	19,68	Homogêneas
Precisão	0,08	0,15	Sim	20,64	24,72	Homogêneas
Espaçamento médio	0,13	0,15	Sim	55,23	19,67	Heterogêneas

<sup>1</sup>dados submetidos à transformação  $xf = \arcsen\sqrt{x/100}$ .

Na tabela 9 são apresentadas as médias e os desdobramentos das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidade de deslocamento para as variáveis em estudo. A análise da variância, através do teste F, não mostrou diferenças significativas, quanto ao fator mecanismo dosador de sementes, e significativas para o fator velocidade de deslocamento, para as variáveis percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos.

Em relação às interações entre mecanismo dosador e velocidade de deslocamento (Tabela 9), observou-se efeito apenas da velocidade de deslocamento, quando estudada a variável percentual de espaçamentos aceitáveis, exceto para o mecanismo dosador DP1. Analisando as médias das velocidades na tabela 9, nota-se a tendência de redução do percentual de espaçamentos aceitáveis com aumento da velocidade de semeadura. Em contrapartida, ocorreu redução no percentual de falhos e múltiplos. Estes resultados acordam com os obtidos por Mahl et al. (2004), que pesquisando três velocidades de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km h<sup>-1</sup>) e duas condições de solo, concluíram que nas duas menores velocidades de semeadura a eficiência na distribuição de sementes de milho foi semelhante e significativamente melhor que na velocidade de 8,1 km h<sup>-1</sup>.

O mecanismo dosador de sementes DDH1 apresentou os menores índices de aceitáveis para a cultura do milho nas velocidades de 5,0 e 7,5 km h<sup>-1</sup>, indicando sensibilidade à elevação da velocidade de semeadura deste mecanismo dosador. Por sua vez, o mecanismo dosador de sementes DDH2 apresentou os índices mais elevados no percentual de espaçamentos aceitáveis independente da velocidade de semeadura. Estes resultados corroboram os encontrados por Furlani et al. (1999), que avaliando as velocidades de deslocamento de 3,0 e 5,0 km h<sup>-1</sup> na semeadura do milho, encontraram comportamento superior para a menor velocidade de deslocamento.

O fato de terem sido estudadas apenas três velocidades de deslocamento, torna pouco eficiente o processo de regressão linear, por isso optou-se pela comparação através do teste F seguido do teste de Tukey para comparação das médias.

O índice de precisão de deposição de sementes e espaçamento médio da cultura do milho são apresentados na tabela 10. Não houve efeito significativo do mecanismo dosador de sementes no índice de precisão com 5% de probabilidade de erro. A ANOVA também não indicou interação significativa entre as três velocidades de semeadura e os mecanismos dosadores de sementes. Houve efeito da velocidade no índice de precisão apenas quando se elevou para 7,5 km h<sup>-1</sup>. Quanto a variável espaçamento médio entre sementes, apenas o DDH1 apresentou valores diferenciados em relação aos demais mecanismos dosadores de sementes. Os dois mecanismos pneumáticos não foram sensíveis à elevação da velocidade nesta variável, o que também foi observado para o mecanismo dosador de disco alveolado DDH2. Na média dos quatro mecanismos dosadores, houve elevação do espaçamento médio entre sementes quando do aumento da velocidade de 5,0 para 7,5 km h<sup>-1</sup>, o que representaria uma redução na densidade de semeadura, um fator indesejável para a qualidade da operação. Estes

resultados contestam a afirmação de Dias et al. (2009), que não encontraram diferenças significativas na densidade de semeadura com elevação da velocidade de deslocamento.

Tabela 9 - Desdobramento das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura do milho no ensaio 1.

Dosador	Velocidade de deslocamento (km h <sup>-1</sup> )			Média
	2,5	5,0	7,5	
Espaçamentos aceitáveis (%)				
DP1	78,0aA	83,2aA	81,8aA	81,0 <sup>ns</sup>
DP2	87,3aA	79,9aAB	75,9aB	81,0
DDH1	83,3aA	66,2aB	51,4aC	66,9
DDH2	93,6aA	89,4aA	79,3aB	87,4
Média	85,5A	79,7B	72,1C	79,1
Espaçamentos múltiplos (%)				
DP1	13,0aA	10,5aA	10,1aA	11,2 <sup>ns</sup>
DP2	6,5aA	9,8aA	10,5aA	8,9
DDH1	8,1aB	15,7aA	15,9aA	13,2
DDH2	3,3aB	5,6aAB	8,3aA	5,7
Média	7,7B	10,4A	11,2A	9,8
Espaçamentos falhos (%)				
DP1	9,0aA	6,3aA	8,1bA	7,8 <sup>ns</sup>
DP2	6,2aB	10,4aAB	13,6bA	10,1
DDH1	7,7aC	18,1aB	32,6aA	19,5
DDH2	3,1aB	5,0aB	12,4bA	6,8
Média	6,5C	9,9B	16,6A	11,0
DMS das interações				
	DMS das interações		CV (%)	
	Dosadores	Velocidades	Dosadores	Velocidades
Aceitáveis	32,1	4,1	24,8	4,9
Múltiplos	15,5	4,9	104,6	23,8
Falhos	14,2	4,3	44,4	9,2

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2; DMS: diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey com com 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.



Em observação ao exposto anteriormente, fica evidenciada a semelhança de desempenho dos dosadores pneumáticos DP1 e DP2 e do mecanismo dosador de disco alveolado DDH2 para semeadura de sementes de milho. Como comentado acima, o mecanismo dosador DDH1 apresentou os piores índices, fato que o distanciou dos demais em qualidade de deposição de sementes de milho.

Tabela 10 - Desdobramento das interações entre mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de precisão e espaçamento médio entre sementes de milho.

Dosador	Velocidade de deslocamento (km h <sup>-1</sup> )			Média
	2,5	5,0	7,5	
	Precisão (%)			
DP1	78,3 <sup>ns</sup>	79,5	78,2	78,6 <sup>ns</sup>
DP2	79,5	79,4	76,7	79,2
DDH1	79,1	77,0	78,2	77,4
DDH2	82,9	81,0	78,9	80,9
Média	80,5A	79,2A	78,0B	79,1
	Espaçamento médio entre sementes (mm)			
DP1	160,0aA	178,6aA	162,9bA	167,2b
DP2	165,1aA	166,8aA	171,2bA	167,7b
DDH1	163,4aB	173,9aB	222,2aA	186,5a
DDH2	161,2aA	161,7aA	171,4bA	164,8b
Média	162,4B	170,3B	181,9A	171,5
	DMS das interações		CV (%)	
	Dosadores	Velocidades	Dosadores	Velocidades
Precisão (%)	-	-	7,4	1,5
Espaçamento médio entre sementes (mm)	17,0	11,3	6,1	6,2

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2; DMS: diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

## 4.1.2. Regularidade de distribuição de sementes de soja

À exceção do índice de precisão, todas as demais variáveis atenderam a pressuposição de normalidade dos dados, sendo que os índices de espaçamentos aceitáveis e falhos necessitaram ser transformados (TABELA 11). Quanto a homogeneidade, apenas as variâncias do índice de precisão persistiram heterogêneas após a transformação.

Tabela 11 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett das variáveis do ensaio 1 para a cultura da soja.

	Normalidade (5%)			Homogeneidade (1%)		
	Valor	Valor crítico	Normal	$\chi^2$	$\chi^2$ crítico	Variâncias
Aceitáveis	0,17	0,15	Não	11,57	19,67	Homogêneas
Aceitáveis*	0,14	0,15	Sim	14,99	19,67	Homogêneas
Múltiplos	0,11	0,15	Sim	19,81	19,67	Homogêneas
Falhos	0,20	0,15	Não	19,81	19,67	Heterogêneas
Falhos*	0,14	0,15	Sim	30,28	19,67	Homogêneas
Precisão**	0,41	0,15	Não	94,67	19,67	Heterogêneas
Espaçamento médio	0,12	0,15	Sim	19,29	19,67	Homogêneas

\*dados submetidos à transformação  $xf = \arcsen\sqrt{x/100}$ ; \*\*dados não normais mesmo após transformação.

Na tabela 12 são apresentados os resultados referentes à análise da variância e teste de médias para as variáveis percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos. Houve efeito significativo (Teste de Tukey,  $P < 0,05$ ), apenas para o fator mecanismo dosador de sementes. Para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis, os mecanismos dosadores do tipo pneumáticos apresentaram melhores resultados, sendo que os do tipo disco alveolado horizontal não apresentaram diferenças significativas entre si.

De maneira análoga, os mecanismos dosadores pneumáticos apresentaram menores índices de espaçamentos falhos e múltiplos. A velocidade de deslocamento não influenciou estas três variáveis e a análise da variância não mostrou interações significativas entre os tratamentos. Os valores encontrados para percentual de espaçamentos aceitáveis estão acima dos encontrados por Klein et al. (2002). Entretanto, os resultados contrastam com os descritos por Jasper et al. (2011) que encontraram interação entre velocidade e tipo de mecanismo dosador, onde houve efeito da velocidade apenas para mecanismos pneumáticos. Cortez et al.

(2006), também identificaram redução no percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura da soja com elevação da velocidade de semeadura.

Tabela 12 – Médias entre mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura da soja.

Dosador	Velocidade de deslocamento (km h <sup>-1</sup> )			Média
	2,5	5,0	7,5	
Espaçamentos aceitáveis				
DP1	61,4 <sup>ns</sup>	59,7	55,9	59,0B
DP2	67,4	68,4	65,8	67,2A
DDH1	44,5	45,2	45,1	45,0C
DDH2	44,4	40,5	39,3	41,4C
Média	54,4 <sup>ns</sup>	53,4	51,5	
Espaçamentos múltiplos (%)				
DP1	27,0 <sup>ns</sup>	24,9	27,9	26,6B
DP2	18,3	24,9	20,0	19,2C
DDH1	39,6	19,3	33,5	35,8A
DDH2	28,2	34,3	30,3	30,3B
Média	28,3 <sup>ns</sup>	27,7	27,9	28,0
Espaçamentos falhos (%)				
DP1	11,5 <sup>ns</sup>	15,4	16,1	14,4C
DP2	14,3	12,4	14,2	13,6C
DDH1	15,8	20,5	21,4	19,2B
DDH2	27,4	27,2	30,5	28,3A
Média	17,3 <sup>ns</sup>	18,8	20,5	18,8
DMS das interações				
	DMS das interações		CV (%)	
	Dosadores	Velocidades	Dosadores	Velocidades
Aceitáveis	-	-	4,5	6,5
Múltiplos	-	-	9,5	14,5
Falhos	-	-	15,9	21,0

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2; DMS: diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup>: não significativo.

Para o índice de precisão (Tabela 13), não houve efeito significativo de nenhum dos tratamentos, enquanto que para o espaçamento médio entre sementes, observaram-se índices de significância e interação entre os tratamentos. A velocidade de 2,5 km h<sup>-1</sup> apresentou menor espaçamento entre sementes, o que também foi observado nos mecanismo dosador DP1, corroborando as conclusões de Mercante et al. (2005) que estudaram duas semeadoras nas velocidades de 5,2 e 8,4 km h<sup>-1</sup> onde encontraram tendência de aumento no espaçamento entre plantas com o aumento da velocidade de deslocamento.

Tabela 13 - Desdobramento das interações entre mecanismos dosadores e velocidades de deslocamento para as médias de precisão e espaçamento médio entre sementes de soja.

Dosador	Velocidade de deslocamento (km h <sup>-1</sup> )			Média
	2,5	5,0	7,5	
Precisão (%)				
DP1	73,9 <sup>ns</sup>	73,5	72,8	73,4 <sup>ns</sup>
DP2	73,4	73,5	73,0	73,3
DDH1	71,8	72,9	72,0	72,2
DDH2	74,1	73,3	72,4	73,3
Média	73,3 <sup>ns</sup>	73,3	72,5	73,0
Espaçamento médio entre sementes (mm)				
DP1	61,8cA	66,0bA	64,9bA	64,2C
DP2	68,6bA	68,7bA	66,6bA	68,0BC
DDH1	60,6cB	74,2aA	76,3aA	70,3B
DDH2	76,9aA	77,3aA	81,1aA	78,4A
Média	67,0B	71,5A	72,2A	
DMS das interações				
	DMS das interações		CV (%)	
	Dosadores	Velocidades	Dosadores	Velocidades
Precisão (%)	-	-	10,2	10,2
Espaçamento médio entre sementes (mm)	5,4	4,5	3,9	3,0

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2; DMS: diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup>: não significativo.

## 4.1.3. Tamanho de amostra para a cultura do milho

## 4.1.3.1. Método da intensidade de amostragem

A seguir são apresentados os dados do tamanho de amostra determinado pelo método da intensidade de amostragem para os quatro mecanismos dosadores, nas três velocidades de deslocamento e para as quatro semi-amplitudes praticadas no trabalho (Tabela 14).

Tabela 14 – Tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de milho) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e três velocidades de deslocamento.

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Semi-amplitude (D%)			
	2,5	5,0	7,5	10,0
DPI				
Tamanho de amostra (n espaçamentos entre sementes)				
2,5	176 <sup>ns</sup>	84	45	28
5,0	156	67	34	20
7,5	155	67	35	21
DP2				
2,5	108	44	23	13
5,0	144	66	36	22
7,5	165	81	45	28
DDH1				
2,5	169	78	41	25
5,0	195	103	57	36
7,5	193	100	56	34
DDH2				
2,5	130	55	29	17
5,0	106	42	21	12
7,5	147	79	46	29
Média	156A	72B	39C	23D

DPI: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

A análise da variância mostrou efeito significativo apenas da semi-amplitude, indicando que podem ser usados os mesmos tamanhos de amostra independente do mecanismo dosador ou velocidade de semeadura, escolhendo-se apenas o nível de erro desejado (2,5, 5,0, 7,5 ou 10%). Pelo método da intensidade de amostragem, verificou-se que não há tendência de aumento do tamanho de amostra com o aumento da velocidade de semeadura, o que poderia ser dado como pressuposto deste trabalho.

A análise da variância não mostrou interação entre os fatores velocidade de deslocamento e semi-amplitude. Os tamanhos de amostra obtidos variaram de 12 espaçamentos entre sementes para o dosador DDH2 a 5,0 km h<sup>-1</sup> com erro de 10% da média amostral, até 195 espaçamentos entre sementes para o mecanismo dosador DDH1 na mesma velocidade com erro de 2,5% da média amostral (Tabela 14).

Quando observado o desdobramento das interações entre mecanismo dosador e semi-amplitudes, novamente verificou-se efeito apenas deste último fator no tamanho de amostra, sendo que para os mecanismos dosadores DDH2 e DP2, não houve diferença entre os níveis de erro de 7,5 e 10% (Tabela 15), resultado da interação entre os dois fatores apenas nestes dois casos. Este resultado é interessante do ponto de vista prático para a condução de ensaios de mecanismos dosadores: pelo método da intensidade de amostragem, uma vez escolhido o nível de precisão não há diferença no tamanho de amostra em função do mecanismo dosador para regularidade de distribuição de sementes de milho.

Tabela 15 – Média por mecanismo dosador do tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de milho) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral.

Mecanismo dosador	Semi-amplitude (D%)				Média
	2,5	5,0	7,5	10,0	
DP1	162aA	73aB	38aC	23aD	74 <sup>ns</sup>
DP2	139aA	64aB	35aC	21aC	65
DDH1	186aA	94aB	52aC	32aD	91
DDH2	135aA	58aB	30aC	18aC	60

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

## 4.1.3.2. Método bootstrap adaptado

Nas figuras 10 e 11, são apresentadas as dispersões das 100 estimativas para cada um dos seis tamanhos de amostra simulados nos tratamentos de T1 a T12 para a cultura do milho no ensaio 1. Apenas dois tratamentos apresentaram valores fora dos limites de controle, ambos para os dosadores de disco alveolado na velocidade de deslocamento de  $7,5 \text{ km h}^{-1}$ .

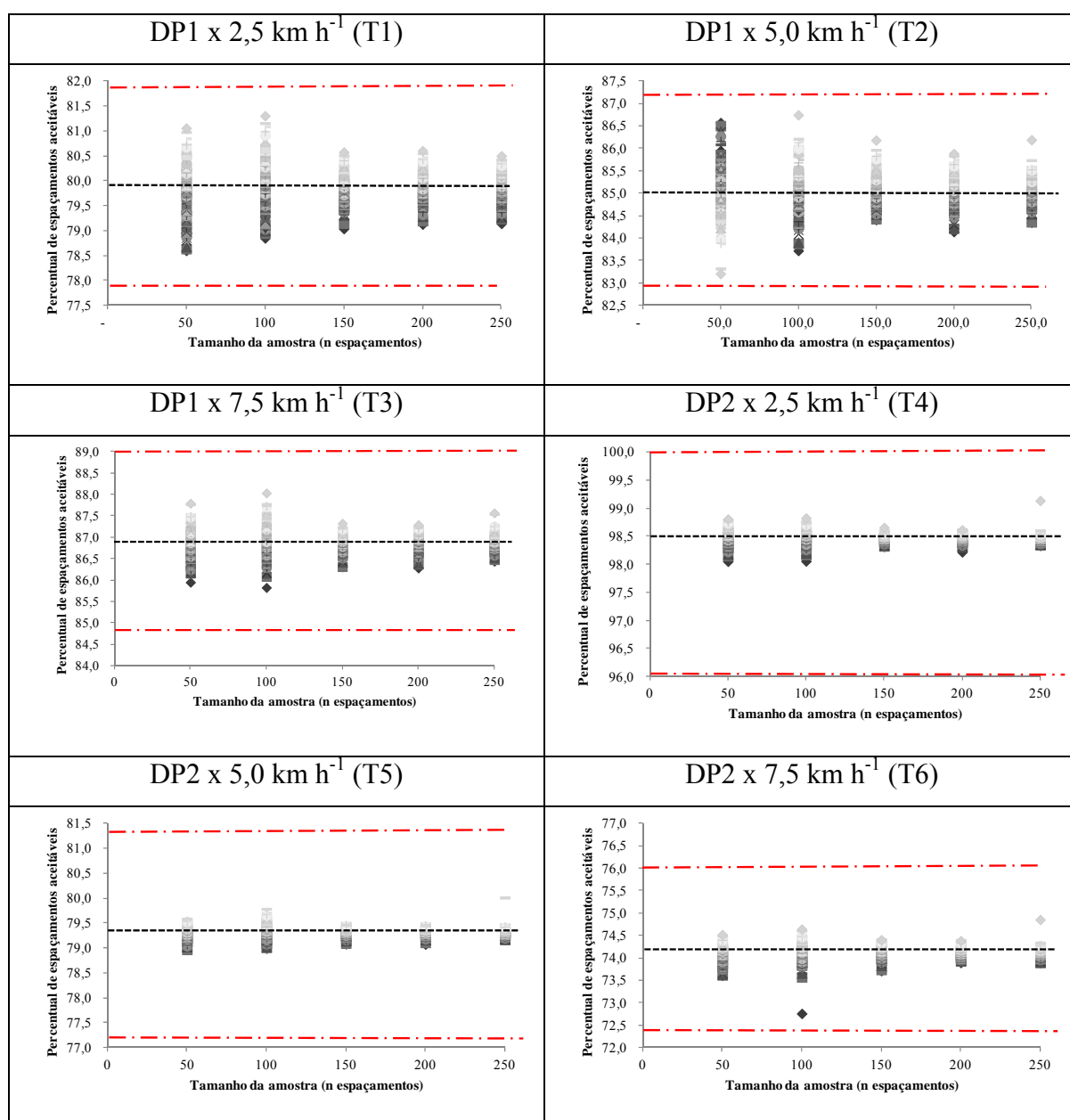


Figura 10 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T6; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.

Para os tratamentos de T1 a T8 (Figuras 10 e 11), todas as estimativas ficaram dentro do intervalo estabelecido pelos limites superior e inferior de controle, indicando que poderiam ter sido utilizadas amostras menores que a de 280 espaçamentos entre sementes, inclusive a de 50 espaçamentos, para estimar o percentual de espaçamentos aceitáveis com o erro de 2,5% da média da amostra mestre.

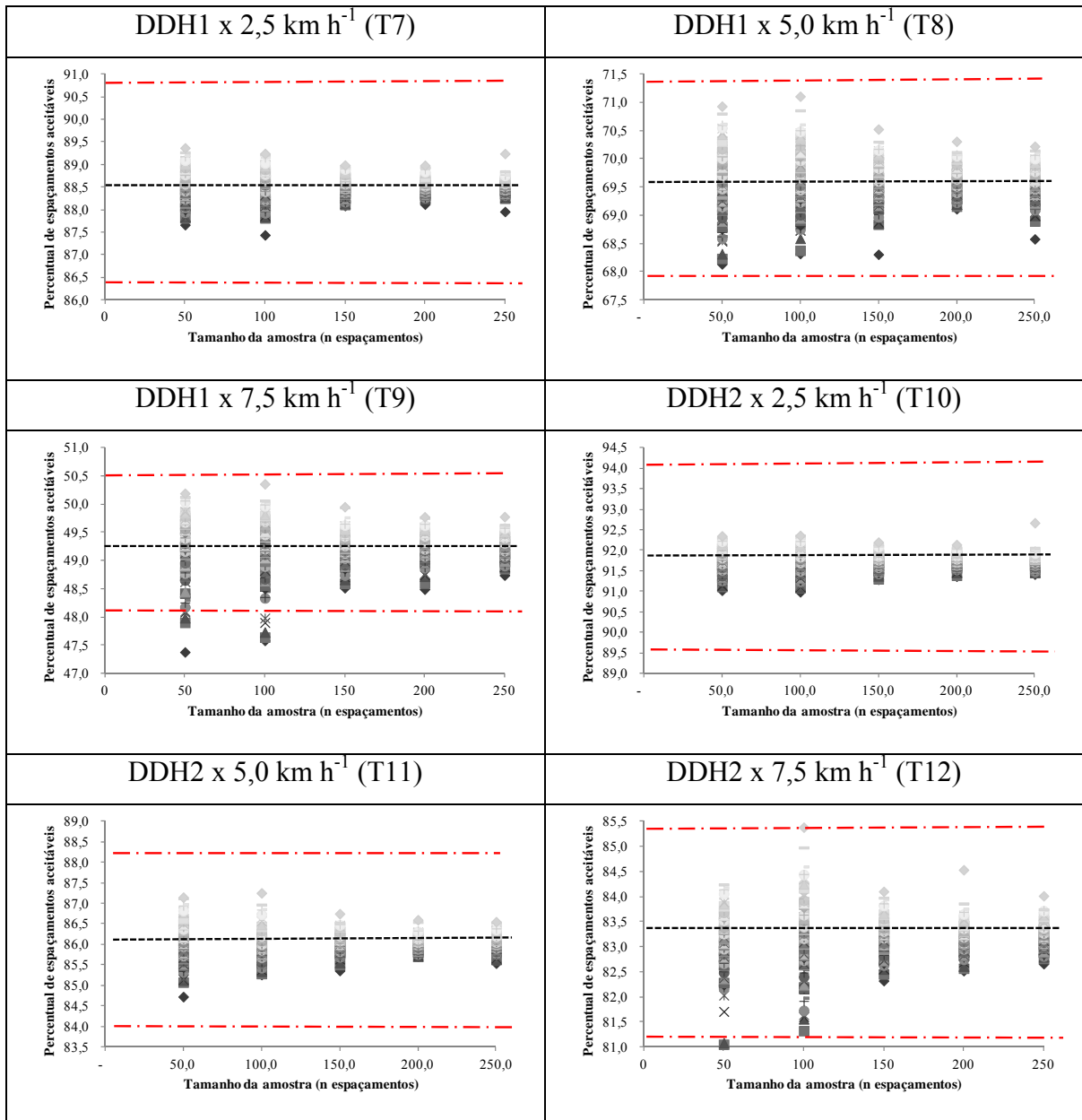


Figura 11 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T7 a T12; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.



Para o tratamento T9 (Figura 11), as estimativas ficaram fora do intervalo de confiança para o tamanho de amostra de 100 espaçamentos entre sementes, sugerindo a não adequação do uso de amostras menores que estas, por este método de determinação. Este fato também foi observado para o tratamento T12, para o mesmo tamanho de amostra.

Pode-se observar nas figuras 10 e 11, que a dispersão das estimativas são menores em relação à média o que é evidenciado pela menor altura das barras formadas pelas plotagens de cada tamanho de amostra, ficando estas mais distantes dos limites de controle. Em uma percepção inicial, o método bootstrap atribuiu menores tamanhos de amostra para os tratamentos que apresentaram maior regularidade de distribuição de sementes de milho.

Os tratamentos formados pelos mecanismos dosadores pneumáticos, não apresentaram diferenças nos tamanhos de amostra simulados, independente da velocidade de deslocamento utilizada. As velocidades utilizadas estão abaixo das empregadas por Liu et al. (2004), que avaliando o efeito de diferentes semeadoras, velocidades e sistemas de cultivo na cultura do milho, testou 7,2 e 11,3 km h<sup>-1</sup>. Por outro lado, são superiores as empregadas por Furlani et al. (1999), que concluíram que a velocidade de semeadura de 3 km h<sup>-1</sup> mostrou resultados significativamente superiores a de 5 km h<sup>-1</sup> para o estande final de plantas da cultura do milho. Observa-se desta forma, que a velocidade de semeadura em experimentos com semeadoras ainda abrange uma ampla faixa de valores.

#### 4.1.3.3. Método prático

O teste de Bartlett para homogeneidade das variâncias mostrou que estas pertencem a uma mesma distribuição ( $P < 0,05$ ), possibilitando assim a comparação dos tratamentos com tamanhos de amostras distintos, como é o caso do método prático de determinação do tamanho de amostra. Verificada a condição de normalidade dos dados, a ANOVA, através do teste F, não identificou diferenças significativas entre os diferentes tamanhos de amostra simulados, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis (Tabela 16).

Na tabela 17 é apresentado o efeito dos diferentes tamanhos de amostra simulados nas médias do percentual de espaçamentos aceitáveis para a cultura do milho no ensaio 1. Observou-se que não houve efeito do tamanho de amostra simulado na classificação do percentual de espaçamentos aceitáveis, indicando que, por este método, poderiam ter sido utilizados tamanhos de amostra igual a cinquenta espaçamentos entre sementes que se obteriam os mesmos resultados indicativos da regularidade de distribuição do mecanismo dosador.

Tabela 16 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura do milho.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	
Blocos	2	295,94	1476,97	0,55	ns
Dosadores (Ta)	3	11131,20	3710,40	1,39	ns
Velocidades (Tb)	2	7839,67	3919,84	39,89	*
Int. Ta x Tb	6	5712,60	952,10	9,69	*
Tamanho de amostra (Tc)	5	30,92	6,18	1,04	ns
Int. Ta x Tc	15	75,28	5,02	0,84	ns
Int. Tb x Tc	10	56,03	5,60	0,94	ns
Int. Ta x Tb x Tc	30	184,27	6,14	1,04	ns

GL: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio. ns: não significativo pelo teste F com 95% de confiança. \*Significativo pelo teste F com 95% de confiança.

Estes resultados reafirmam as conclusões de Bedin et al. (2009) e Dias et al. (2010), que não verificaram efeito do tamanho de amostra nas variáveis de desempenho de uma semeadora sobre leito de areia.

Tabela 17 – Médias do percentual de espaçamentos aceitáveis dos seis diferentes tamanhos de amostra simulados no ensaio 1, pelo método prático de determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho.

Tamanho de amostra simulado (n espaçamentos)	Espaçamentos aceitáveis (%)
50	79,2 <sup>ns</sup>
100	80,2
150	79,1
200	79,3
250	79,2
280	79,1

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro.

Da mesma forma que na tabela anterior, são apresentados na tabela 18, os desdobramentos das interações entre os tamanhos de amostra simulados e as velocidades de deslocamento. Novamente, pode-se observar que não houve efeito do tamanho de amostra no percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, corroborando a informação acima, de que, poderiam ter sido utilizados tamanhos de amostra desde cinquenta espaçamentos entre

sementes sem comprometer a avaliação final e interpretação quanto ao tratamento velocidade de deslocamento.

Tabela 18 - Médias entre os diferentes tamanhos de amostra simulados e o fator velocidade de deslocamento para as variáveis espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos da cultura do milho.

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Tamanho de amostra simulado (nº de espaçamentos)					
	50	100	150	200	250	280
Espaçamentos aceitáveis (%)						
2,5	87,5 <sup>ns</sup>	88,3	86,3	86,7	85,9	85,5
5,0	78,7	79,6	79,4	79,4	79,5	79,7
7,5	71,3	72,6	71,4	72,0	72,3	72,1
Espaçamentos múltiplos (%)						
2,5	6,7 <sup>ns</sup>	6,8	7,5	7,4	7,7	7,7
5,0	11,5	11,1	11,1	10,8	10,8	10,4
7,5	13,0	13,2	12,4	11,6	11,6	11,2
Espaçamentos falhos (%)						
2,5	5,9 <sup>ns</sup>	5,9	6,8	9,8	10,3	10,2
5,0	9,8	10,3	10,2	10,3	10,1	10,0
7,5	15,7	15,3	16,8	16,7	16,5	16,7

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro.

#### 4.1.4. Tamanho de amostra para a cultura da soja

##### 4.1.4.1. Método da intensidade de amostragem

Na tabela 19 são apresentados os tamanhos de amostra obtidos pelo método da intensidade de amostragem para a cultura da soja, com os quatro mecanismos dosadores e três velocidades de deslocamento, considerando a correção para um tamanho máximo de 280 espaçamentos entre sementes. Os valores variaram de 126 espaçamentos para o DP2 associado a velocidade de deslocamento de 2,5 km h<sup>-1</sup>, a 273 espaçamentos entre sementes para o DDH1 na mesma velocidade de deslocamento.

Na análise da variância, não foi detectado efeito da velocidade no tamanho amostral, indicando, por este método, que poderia se utilizar um mesmo tamanho de amostra para as diferentes velocidades de semeadura estudadas neste trabalho.

Diferentemente dos resultados do tamanho de amostra para a cultura do milho (Tabela 14), observou-se que, para a semi-amplitude de 2,5% o número ótimo de espaçamentos ficou

aproximado do máximo de 280, indicando que nesta condição de baixo percentual de erro admitido torna-se interessante o uso de um maior tamanho de amostra. As médias para as quatro amplitudes crescentes foram de 267, 234, 194 e 158 espaçamentos respectivamente.

Tabela 19 – Tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e três velocidades de deslocamento para os mecanismos dosadores no ensaio 1.

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Semi-amplitude (D%)			
	2,5	5,0	7,5	10,0
DP1				
Tamanho de amostra (n espaçamentos entre sementes)				
2,5	268A	237B	199C	162D
5,0	265A	227B	184C	145D
7,5	266A	232B	191C	154D
DP2				
2,5	260A	214B	166C	126D
5,0	261A	216B	169C	129D
7,5	264A	225B	181C	142D
DDH1				
2,5	273A	255B	230C	202D
5,0	270A	243B	208C	173D
7,5	269A	241B	206C	171D
DDH2				
2,5	268A	236B	197C	160D
5,0	269A	240B	203C	168D
7,5	268A	237B	199C	163D
Média	267A	234B	194C	158D

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

Na semi-amplitude de 5% de erro, os tamanhos amostrais determinados mostraram-se bastante próximos ao recomendado pelas normas (250 espaçamentos de acordo com ISO, 1983). A elevada variabilidade de distribuição de sementes da cultura da soja, evidenciada pelo baixo percentual de espaçamentos aceitáveis (Tabela 12), tem influência direta no

resultado deste método, levando em consideração que este utiliza o coeficiente de variação da amostra para determinar o tamanho ótimo de amostra.

Alguns trabalhos têm apresentado erros permissíveis de magnitudes muito maiores que as utilizadas aqui. Determinando o tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica, Souza et al. (2002), utilizaram semi-amplitudes de 10, 20, 30 e 40%. Cargnelutti Filho et al. (2008), utilizaram semi-amplitudes de 5, 10, 20 e 40% para estimar o tamanho de amostra na avaliação de caracteres de feijão. O intervalo utilizado está próximo ao de Cargnelutti Filho et al. (2010), que utilizaram 2, 4, 6 e 8%, o qual foi considerado mais adequado dadas as variáveis não biológicas dos experimentos.

Quando observadas as médias do tamanho ótimo de amostra pelo método da intensidade de amostragem para os quatro mecanismos dosadores (Tabela 20), observa-se que os valores são bastante semelhantes quando comparados dentro da mesma semi-amplitude utilizada, com valores na ordem de 132 para o mecanismo dosador DP2 associado a semi-amplitude de 10,0% a 271 espaçamentos para a combinação DDH1 e 2,5% de erro permitido.

Tabela 20 – Média por mecanismo dosador do tamanho de amostra (nº de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral.

Mecanismo dosador	Semi-amplitude (D%)				Média
	2,5	5	7,5	10	
DP1	266a	232b	191c	154d	211a
DP2	262a	218b	172c	132d	196a
DDH1	271a	246a	215b	182c	229a
DDH2	268a	237b	198c	162d	216a
Média	267A	233B	194C	158D	

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

Apenas o dosador DDH1 apresentou valores que diferiram significativamente dos demais nas condições com 5,0, 7,5 e 10% de erro da média. As médias dos quatro mecanismos dosadores não apresentaram diferenças, indicando que poderia ser usado o mesmo tamanho de amostra para os quatro dosadores avaliados.

#### 4.1.4.2. Método bootstrap adaptado

Diferentemente do que se observou para o milho, houve uma maior dispersão das estimativas para a cultura da soja. Se observada a figura 12, que mostra as dispersões dos tratamentos formados pela combinação do dosador de disco alveolado 1 com as três velocidades de semeadura, apenas para a velocidade de 5,0 km h<sup>-1</sup> (T2), as estimativas ficaram dentro do IC, exceto para tamanhos de amostra inferiores a 150 espaçamentos entre sementes.

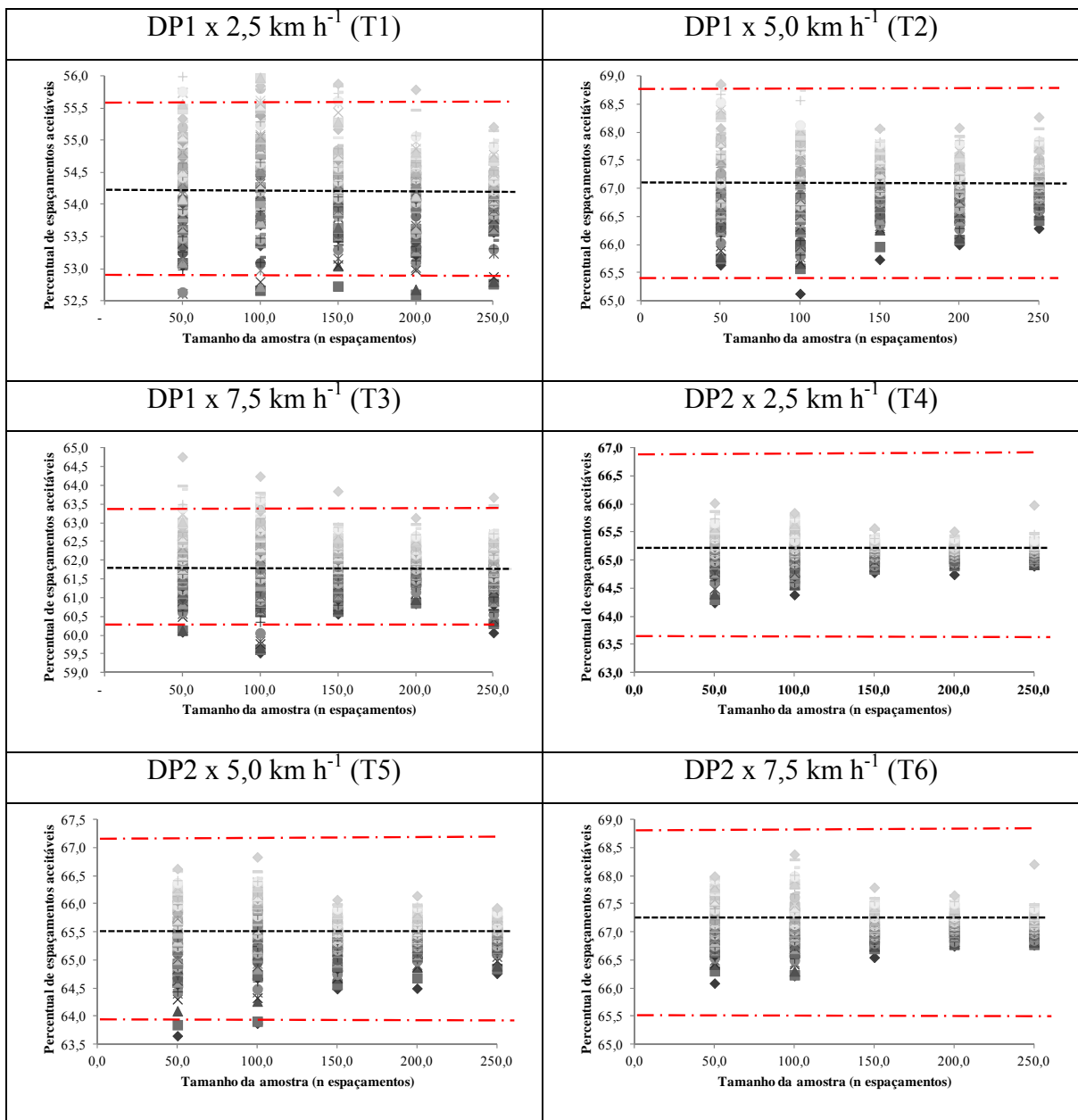


Figura 12 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja, em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T6; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.

Os tratamentos T4 e T6 (Figura 12), não apresentaram nenhuma estimativa fora do intervalo de confiança, indicando que poderiam ter sido utilizados todos os tamanhos de amostra simulados sem comprometer a veracidade dos resultados gerados. No tratamento T5, as estimativas de 100 e 50 espaçamentos entre sementes apresentaram valores fora do intervalo, fato também evidenciado em T8 e T9 (Figura 13). Para os tratamentos de T8 a T12, as estimativas indicaram possível redução do tamanho da amostra para 150 espaçamentos entre sementes de soja.

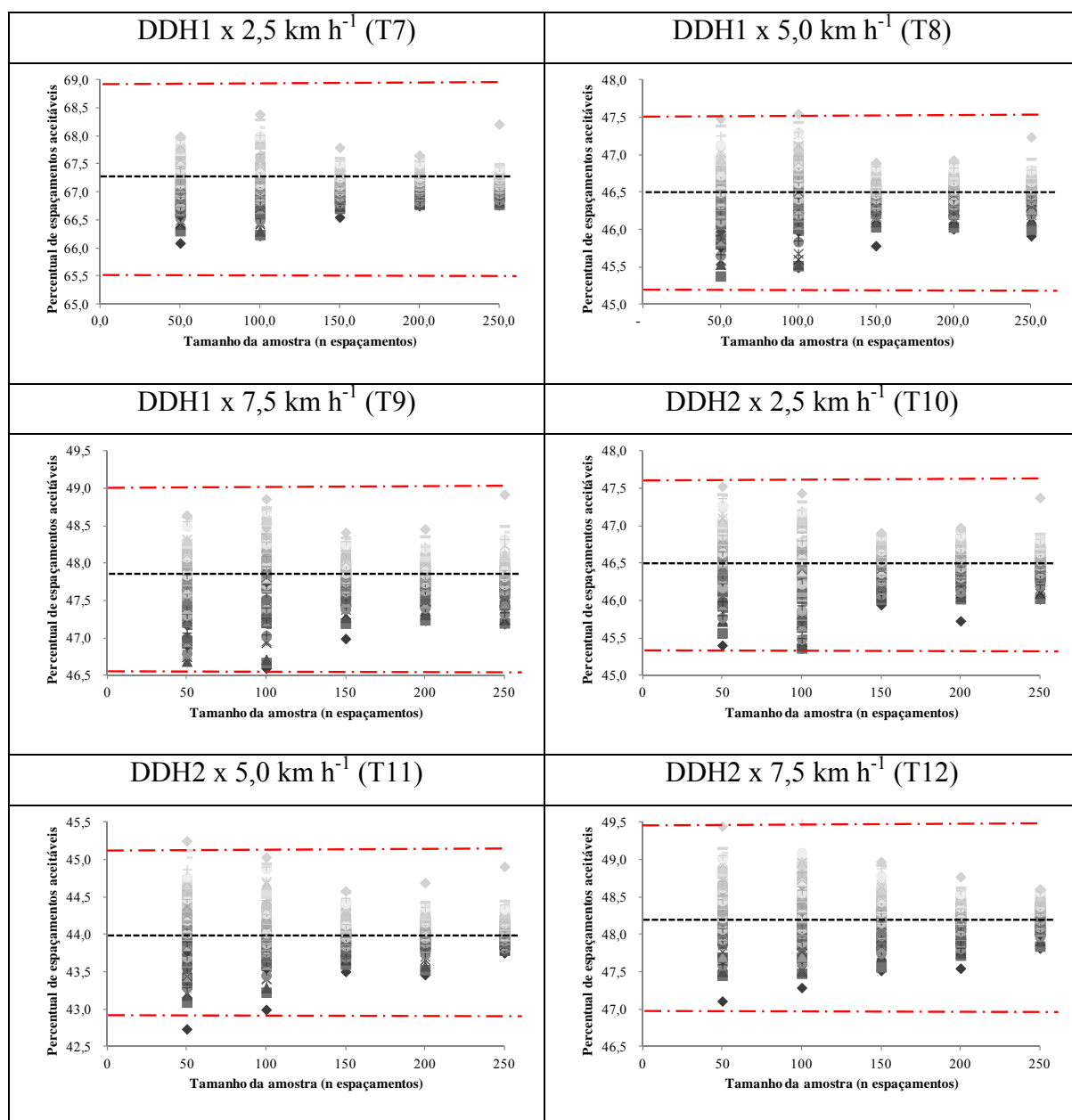


Figura 13 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja, em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T7 a T12; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do intervalo de confiança.

#### 4.1.4.3. Método prático

O teste de Bartlett indicou variâncias homogêneas para os tratamentos do método prático de determinação do tamanho de amostra, com isso, partiu-se para o passo seguinte que consiste na análise da variância. Na tabela 21 é mostrada a síntese da ANOVA para o método prático de determinação do tamanho de amostra para ensaios com sementes de soja. Não houve efeito dos seis tamanhos de amostra simulados no percentual de espaçamentos aceitáveis, indicando que não há diferença significativa, com 5% de probabilidade de erro, entre os tamanhos de amostra de 50, 100, 150, 200, 250 e 280 espaçamentos entre sementes desta cultura. O teste de médias para o percentual de espaçamentos aceitáveis para o tratamento mecanismos dosadores, é o mesmo descrito e mostrado no subitem regularidade de distribuição de sementes de soja, por isso não será apresentado aqui.

Tabela 21 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura do milho.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	
Blocos	2	239,88	119,94	4,49	ns
Dosadores (Ta)	3	7471,73	2490,58	93,33	*
Velocidades (Tb)	2	25,46	12,73	1,74	ns
Int. Ta x Tb	6	94,11	15,68	2,14	ns
Tamanho de amostra (Tc)	5	66,58	13,32	1,52	ns
Int. Ta x Tc	15	118,75	7,92	0,90	ns
Int. Tb x Tc	10	13,98	1,40	0,16	ns
Int. Ta x Tb x Tc	30	75,77	2,53	0,29	ns

## 4.2. Ensaio 2: velocidade de deslocamento constante e periférica variável

### 4.2.1. Regularidade de distribuição de sementes de milho

Na tabela 22 é apresentada a síntese da análise de normalidade para a regularidade de distribuição de sementes de milho do ensaio 2. Apenas o percentual de espaçamentos falhos necessitou de transformação para atender a condição de normalidade. Este mesmo índice não



pode ser submetido ao teste de homogeneidade, por apresentar dados amostrais iguais à zero, o que impossibilita a estimativa da variância da amostra (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Tabela 22 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett para as variáveis avaliadas no ensaio 2 para a cultura do milho.

Espaçamentos	Normalidade (5%)			Homogeneidade (1%)		
	Valor	Valor crítico	Normal	$\chi^2$	$\chi^2$ crítico	Variâncias
Aceitáveis	0,08	0,13	Sim	53,58	30,58	Heterogêneas <sup>2</sup>
Múltiplos	0,09	0,13	Sim	28,22	30,57	Homogêneas
Falhos	0,16	0,13	Não			
Falhos <sup>1</sup>	0,12	0,13	Sim			

<sup>1</sup>dados submetidos à transformação  $xf = \arcsen\sqrt{x/100}$ ; <sup>2</sup>dados submetidos à transformação  $1/\sqrt{x}$ ; <sup>3</sup>variâncias homogêneas pelo teste de Cochran com  $P < 0,01$ . <sup>3</sup>amostra com valores iguais a zero, por isso não é aplicável teste de homogeneidade.

Quanto ao percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes de milho, a tabela 23 mostra que houve diferenças significativas entre os mecanismos dosadores de sementes, embora as diferenças observadas sejam de no máximo 5%. Observa-se ainda na mesma tabela, que houve interação entre os tratamentos, revelada pela análise da variância com 5% de probabilidade de erro.

Para a velocidade periférica de  $0,09 \text{ m s}^{-1}$ , não houve diferença entre os quatro mecanismos dosadores de sementes, o que também aconteceu com  $0,28 \text{ m s}^{-1}$  de velocidade periférica do disco. A diferença entre os mecanismos dosadores se mostrou mais acentuada na velocidade periférica de  $0,38 \text{ m s}^{-1}$ , sendo que os percentuais de espaçamentos aceitáveis entre sementes de milho foram elevados, denotando boa regularidade de distribuição de sementes, o que é evidenciado na coluna das médias dos mecanismos dosadores, independente da velocidade periférica do disco dosador.

O percentual de espaçamentos falhos foi menor para os mecanismos pneumáticos exceto para a menor velocidade periférica do disco. Por sua vez, o dosador pneumático 1 (DP1), foi o que apresentou as maiores médias de espaçamentos múltiplos, possivelmente por problemas de coleta de sementes duplas em um único alvéolo nas maiores velocidades periféricas.

Observando as médias da interação entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades periféricas do disco, nota-se que a variável percentual de espaçamentos aceitáveis

reduziu em apenas 9% para o dosador DP1 e em 35 e 31% para os dosadores DDH1 e DDH2 respectivamente, o que ilustra uma maior capacidade de suportar maiores velocidades periféricas dos dosadores pneumáticos. Esta informação corrobora a de DIAS et al. (2009), que verificaram redução no percentual de espaçamentos aceitáveis para soja com aumento da velocidade periférica do disco dosador do tipo disco alveolado horizontal.

Tabela 23 - Desdobramento das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades periféricas para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura do milho no ensaio 2.

Dosador	Velocidade periférica (m s <sup>-1</sup> )				Média
	0,09	0,18	0,28	0,38	
Espaçamentos aceitáveis (%)					
DP1	84,3a	83,5a	78,1a	76,8a	80,7a
DP2	97,9a	79,9ab	81,1a	67,1ab	81,5a
DDH1	95,2a	66,2b	78,3a	61,8b	75,4b
DDH2	93,2a	89,2b	89,2a	64,3ab	79,3ab
Espaçamentos múltiplos (%)					
DP1	15,7a	10,4ab	21,2a	21,6a	17,2a
DP2	1,8b	9,8ab	12,2b	16,1a	10,0c
DDH1	3,9b	15,7a	10,4b	20,2a	12,6b
DDH2	6,6b	5,8b	16,6ab	23,6a	13,2b
Espaçamentos falhos (%)					
DP1	0,0a	14,4b	4,8b	7,0b	6,6c
DP2	2,8a	17,7b	14,9a	24,2a	14,9ab
DDH1	5,1a	25,0a	19,5a	25,1a	18,7a
DDH2	1,2a	12,7b	20,9a	20,0a	13,8b
		DMS das interações		CV (%)	
Aceitáveis		14,2		3,9	
Múltiplos		8,9		11,9	
Falhos		6,7		23,9	

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2; DMS: diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey com com 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo. Não há DMS entre os tratamentos velocidades por serem analisadas quantitativamente.

Na figura 14 são apresentadas as equações de regressão entre as médias dos percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes, para as quatro velocidades periféricas do ensaio 2. As regressões polinomiais significativas foram lineares para percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos. Estes resultados corroboram os obtidos por Yazgi e Degirmencioglu (2007), que verificaram redução na regularidade de distribuição de sementes com aumento da velocidade periférica do disco dosador, embora os autores tenham trabalhado com menores velocidades periféricas do disco.

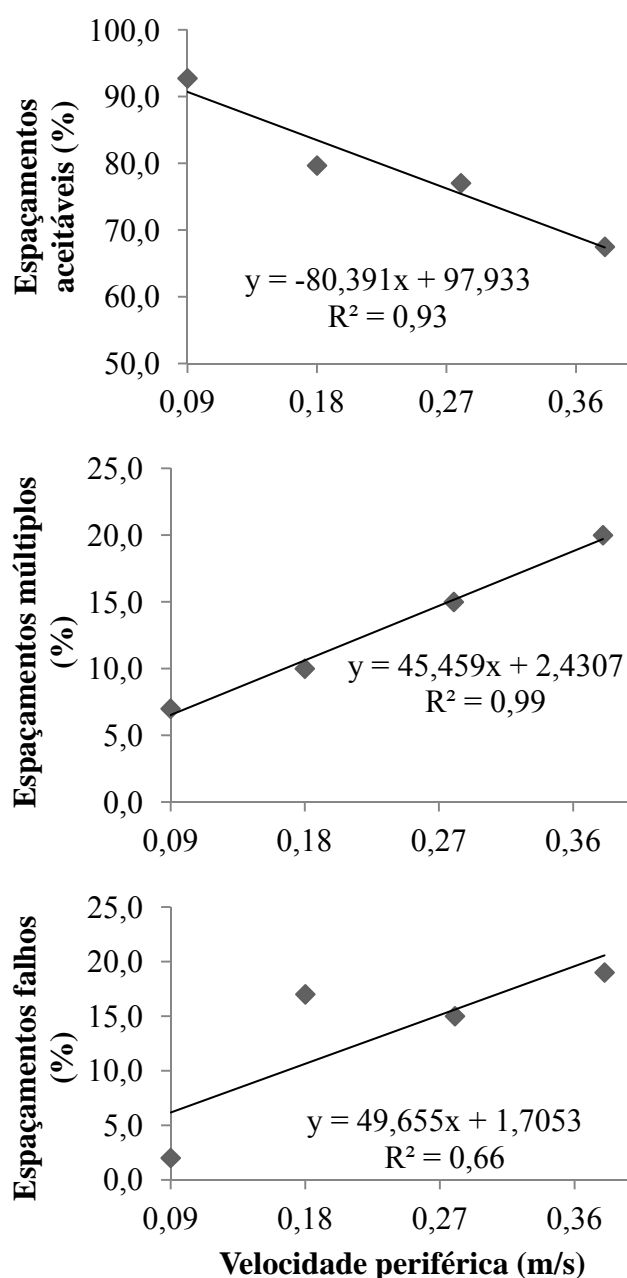


Figura 14 – Equações de regressão entre quatro diferentes velocidades periféricas e os percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes de milho.

Os resultados obtidos reforçam os apresentados por Casão Júnior et al. (2000) assim como Silva e Silveira (2002), que verificaram melhores índices de deposição de sementes em velocidades de deslocamento mais baixas, mas contradizem as afirmações de Branquinho et al. (2004), que testando uma semeadora em duas velocidades, não encontraram diferenças significativas na regularidade de distribuição de sementes.

O percentual de espaçamentos aceitáveis caiu de 92,8% para 67,5% em média para os quatro mecanismos dosadores. De forma inversa, o percentual de múltiplos cresceu, com coeficiente de determinação igual a 0,99, de 7,0 para 20,0%. Os resultados estão de acordo com os obtidos por Mahl (2006), que verificou redução na qualidade de distribuição de sementes de milho com aumento de 5,5 para 10,1 km h<sup>-1</sup> na velocidade de semeadura. O percentual de espaçamentos falhos tendeu a estabilizar-se a partir de 0,18 m s<sup>-1</sup> de velocidade periférica do disco dosador. Cabe ressaltar que mesmo na velocidade periférica de 0,28 m s<sup>-1</sup>, o percentual de aceitáveis esteve próximo de 75%, um bom índice para uma condição de elevada velocidade.

#### 4.2.2. Regularidade de distribuição de sementes de soja

A análise de normalidade mostrou que os parâmetros de distribuição aderiram à distribuição para um nível de 5% de probabilidade (Tabela 24), assim como as variâncias se mostraram homogêneas pelo teste de Kolmogov-Smirnov, exceto para o percentual de espaçamentos múltiplos, que foram consideradas homogêneas pelo teste de Cochran.

Tabela 24 - Síntese da análise de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett para as variáveis avaliados no ensaio 2 para a cultura da soja.

Variável	Normalidade (5%)			Homogeneidade (1%)		
	Valor	Valor crítico	Normal	$\chi^2$	$\chi^2$ crítico	Variâncias
Aceitáveis	0,11	0,13	Sim	17,07	30,58	Homogêneas
Múltiplos	0,08	0,13	Sim	32,53	30,58	Heterogêneas <sup>1</sup>
Falhos	0,08	0,13	Sim	21,81	30,58	Homogêneas

<sup>1</sup>variâncias homogêneas pelo teste de Cochran com P<0,01.

A análise da variância mostrou diferenças significativas entre os níveis de fator mecanismo dosador de sementes e interação deste fator com as quatro diferentes velocidades periféricas do disco dosador (Tabela 25). As médias do percentual de espaçamentos aceitáveis

variaram de 40,5 até 88,4%, relativas aos mecanismos dosadores DDH2 na velocidade periférica de 0,38 m s<sup>-1</sup> e ao DP1 na velocidade periférica de 0,09 m s<sup>-1</sup> respectivamente. O mecanismo dosador pneumático 1 (DP1), apresentou novamente os melhores resultados para percentual de espaçamentos aceitáveis, enquanto que as médias do percentual de aceitáveis dos mecanismos de disco alveolado não apresentaram diferença significativa. As médias do fator mecanismo dosador para o percentual de espaçamentos falhos não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 25 - Desdobramento das interações entre os fatores mecanismos dosadores e velocidades periféricas para as médias de espaçamentos entre sementes aceitáveis, múltiplos e falhos para a cultura da soja no ensaio 2.

Dosador	Velocidade periférica (m s <sup>-1</sup> )				Média
	0,09	0,18	0,28	0,38	
Espaçamentos aceitáveis (%)					
DP1	88,4a	59,7b	72,9a	69,7a	72,7a
DP2	76,6b	68,4a	69,0ab	57,6b	67,9b
DDH1	61,8c	45,2c	62,4bc	57,7b	56,8c
DDH2	67,5c	56,6b	58,9c	40,5c	55,9c
Espaçamentos múltiplos (%)					
DP1	7,3b	24,9b	7,5c	13,0c	13,2c
DP2	9,5b	19,3b	14,9b	25,0b	17,1b
DDH1	24,9a	34,5a	18,7b	26,8ab	26,2a
DDH2	21,7a	23,3b	28,0a	32,4a	26,3a
Espaçamentos falhos (%)					
DP1	4,4b	15,4ab	19,6a	17,3b	14,2 <sup>ns</sup>
DP2	14,0a	12,4b	16,1a	17,4b	15,0
DDH1	13,3a	20,5a	18,9a	15,5b	17,0
DDH2	10,8ab	20,0ab	13,1a	27,2a	17,8
		DMS das interações		CV (%)	
Aceitáveis		7,5		4,8	
Múltiplos		6,9		9,9	
Falhos		7,9		22,9	

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2; DMS: diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Pelo fato de a análise da variância ter revelado interação entre os mecanismos dosadores e as velocidades periféricas (VP's), pode-se notar que o mecanismo pneumático DP1 foi o que menos apresentou queda na qualidade de distribuição com elevação da VP de 0,09 para 0,38 m s<sup>-1</sup>, com apenas 20% de redução no percentual de aceitáveis, enquanto que o mecanismo DDH2 reduziu em 40% a mesma variável resposta. Este resultado corrobora o de Jasper et al. (2011), que afirma que mesmo com redução significativa nos espaçamentos aceitáveis de plântulas ao se elevar a velocidade de semeadura, o sistema pneumático apresentou valores inferiores de espaçamentos múltiplos e maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis em comparação ao sistema de disco alveolado horizontal. Um dado interessante foi o baixo nível do coeficiente de variação para o percentual de espaçamentos aceitáveis e múltiplos.

Na figura 15 são apresentados os resultados referentes à análise de regressão entre as médias das variáveis de regularidade de distribuição de sementes e as quatro velocidades periféricas experimentadas no ensaio 2. A equação de regressão de linear foi a que melhor se adaptou para o percentual de espaçamentos aceitáveis, com ajuste de 85%.

A velocidade periférica de 0,09 m s<sup>-1</sup> destacou-se das demais na regularidade de distribuição de sementes de soja, sendo que se observou tendência de redução na qualidade de distribuição com aumento da velocidade. Este fato é melhor denotado pelos percentuais de espaçamentos múltiplos e falhos que tenderam à aumentar nas velocidades periféricas maiores que 0,18 m s<sup>-1</sup>. Estes resultados ratificam os encontrados por Jasper et al. (2011), que verificaram efeito significativo da elevação da velocidade de semeadura para até 12 km h<sup>-1</sup> na variável percentual de espaçamentos aceitáveis. Por outro lado, contrastam com as afirmações de Klein et al. (2002), que não encontraram efeito no percentual de espaçamentos duplos e falhos na semeadura direta da soja, com velocidades variando de 3,6 a 10,8 km h<sup>-1</sup>. Entretanto, estes últimos autores, avaliaram a distribuição de sementes de soja após a emergência da cultura, condição na qual se pode ter efeito de diversos outros fatores além da velocidade periférica do mecanismo dosador de sementes.

Os resultados também contestam as conclusões de Reis et al. (2007), que não obtiveram resposta linear da regularidade de distribuição de sementes com aumento da velocidade. Os autores obtiveram o melhor percentual de espaçamentos aceitáveis em uma velocidade intermediária entre três estudadas.

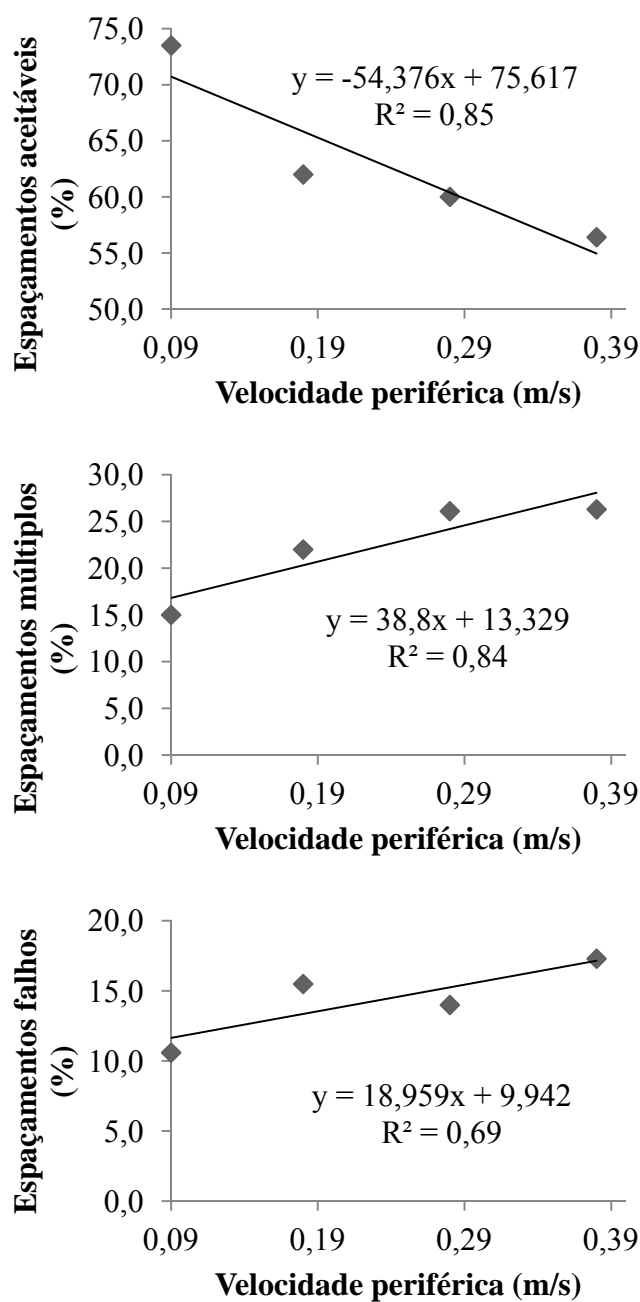


Figura 15 – Equações de regressão entre quatro diferentes velocidades periféricas e os percentuais de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes de soja.

#### 4.2.3. Tamanho de amostra para a cultura do milho

##### 4.2.3.1. Método da intensidade de amostragem

A variação no tamanho de amostra determinado pelo método da intensidade de amostragem pode ser observada na tabela 26. Os tamanhos de amostra variaram de 2

espaçamentos entre sementes de milho para o mecanismo dosador DP2 na velocidade periférica de  $0,09 \text{ m s}^{-1}$ , à 265 espaçamentos, para o mecanismo dosador DP1 na velocidade periférica de  $0,38 \text{ m s}^{-1}$  com 10 e 2,5% de erro em relação à média amostral respectivamente.

Tabela 26 – Tamanho de amostra (nº de espaçamentos entre sementes de milho) mínimo para avaliação da regularidade de distribuição de sementes, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e três velocidades de deslocamento no ensaio 2.

Velocidade periférica ( $\text{m s}^{-1}$ )	Semi-amplitude (D%)			
	2,5	5,0	7,5	10,0
DP1				
0,09	102A	35B	17C	9C
0,18	155A	66B	34C	20C
0,28	254A	198B	145C	106D
0,38	265A	229B	187C	148D
DP2				
0,09	30A	8B	4B	2B
0,18	150A	74B	42C	27C
0,28	206A	115B	67C	42D
0,38	248A	186B	131C	93D
DDH1				
0,09	46A	13B	6B	3B
0,18	187A	95B	52C	32D
0,28	218A	131B	79C	51D
0,38	253A	197B	144C	105D
DDH2				
0,09	43A	12B	5B	3B
0,18	150A	70B	38C	23C
0,28	241A	176B	124C	90D
0,38	255A	176B	124C	109D
Média	175A	111B	74C	54C

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.



O efeito isolado das velocidades periféricas será discutido logo a seguir, por se tratar de um fator quantitativo. O efeito da semi-amplitude não foi analisado quantitativamente por se tratar de um parâmetro inversamente proporcional ao tamanho de amostra, atuando no sentido de reduzir sempre o resultado com a sua elevação.

Conforme mostrado na tabela 27, pelo método da intensidade de amostragem, apenas o mecanismo dosador DP2 apresentou tamanho amostral menor em relação aos demais, na ordem de 89 espaçamentos entre sementes de milho. Este resultado reforça o encontrado no ensaio 1, onde não houve diferença significativa no tamanho amostral entre os mecanismos dosadores, ou seja, o pesquisador pode determinar um nível de precisão para qualquer um dos dois tipos de dosador que estará em avaliação. Por tratar apenas da interação entre os quatro mecanismos dosadores e as semi-amplitudes, a tabela 27 computa as médias do fator velocidade periférica do disco, e com isso reduziram-se substancialmente os tamanhos amostrais necessários, sendo que o maior tamanho amostral ficou em 194 espaçamentos entre sementes com 2,5% de erro da média amostral para o mecanismo dosador DP1.

Tabela 27 – Médias do tamanho de amostra mínimo (n espaçamentos entre sementes de milho), para avaliação da regularidade de distribuição de sementes de milho em quatro diferentes mecanismos dosadores e quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral.

Mecanismo dosador	Semi-amplitude (D%)				Média
	2,5	5,0	7,5	10,0	
DP1	194aA	132aB	96aC	71aD	123a
DP2	159aA	96aB	61bC	41bD	89b
DHH1	176aA	109aB	70bC	48bD	101ab
DDH2	172aA	115aB	79abC	56bD	106ab

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

De acordo com a figura 16, a equação de regressão linear entre velocidade periférica e o tamanho de amostra foi significativa e apresentou um elevado coeficiente de determinação, denotando qualidade no ajuste para este parâmetro. Os tamanhos de amostra variaram de 21 a 181 espaçamentos entre sementes de milho para as velocidades periféricas de 0,09 e 0,38 m s<sup>-1</sup> respectivamente. Pelo método da intensidade de amostragem, ficou evidente a necessidade de um maior tamanho de amostra para maiores velocidades periféricas do disco dosador, independente do mecanismo dosador utilizado. Entretanto, para facilitar o trabalho de

avaliação, Cochran (1965) recomenda tomar o maior tamanho de amostra, neste caso de 181 espaçamentos entre sementes de milho, que ainda assim é 27% inferior ao tamanho de amostra recomendado na norma (ISO, 1984). Por sua vez, se o pesquisador optar por elevar a velocidade de deslocamento sem alterar a densidade de semeadura (como ocorrido no ensaio 1), este pode utilizar um tamanho de amostra compatível com a velocidade periférica do ensaio. Por se tratarem de maiores densidades de semeadura, os espaçamentos entre sementes na linha tornam-se cada vez menores com a elevação da velocidade de semeadura, o que aumenta a irregularidade de distribuição e por consequência o tamanho de amostra determinado por este método.

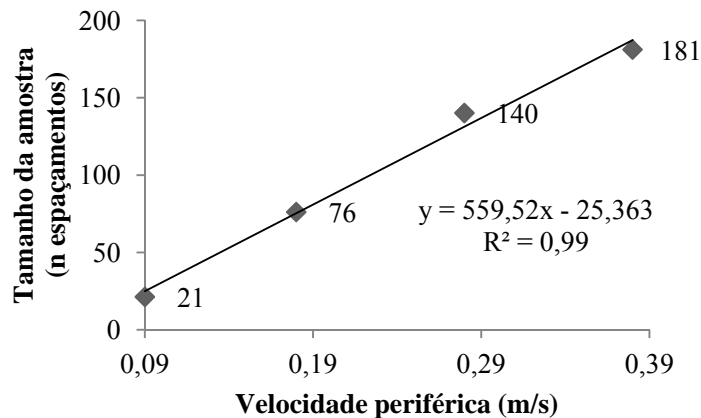


Figura 16 - Tamanho da amostra para avaliação da regularidade de distribuição de sementes de milho em função de quatro diferentes velocidades periféricas do disco dosador no ensaio 2.

#### 4.2.3.2. Método bootstrap adaptado

Pelo método bootstrap adaptado, os tamanhos de amostra para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de milho foram de no máximo 150 espaçamentos para todos os tratamentos. De acordo com a figura 17, apenas o tratamento T8, que é formado pela combinação do dosador pneumático 2 (DP2) e da velocidade periférica de  $0,38 \text{ m s}^{-1}$ , apresentou a necessidade de se utilizarem ao menos 150 espaçamentos entre sementes, sendo que de T1 a T7, 50 espaçamentos seriam suficientes para representar a amostra mestre com 2,5% de erro. Na figura 19, os tratamentos T12, T15 e T16 indicaram a necessidade de amostras de 150, 150 e 100 espaçamentos entre sementes respectivamente. Nota-se que, utilizando o tamanho de 150 espaçamentos entre sementes, haveria uma redução de 60% no tamanho da amostra.

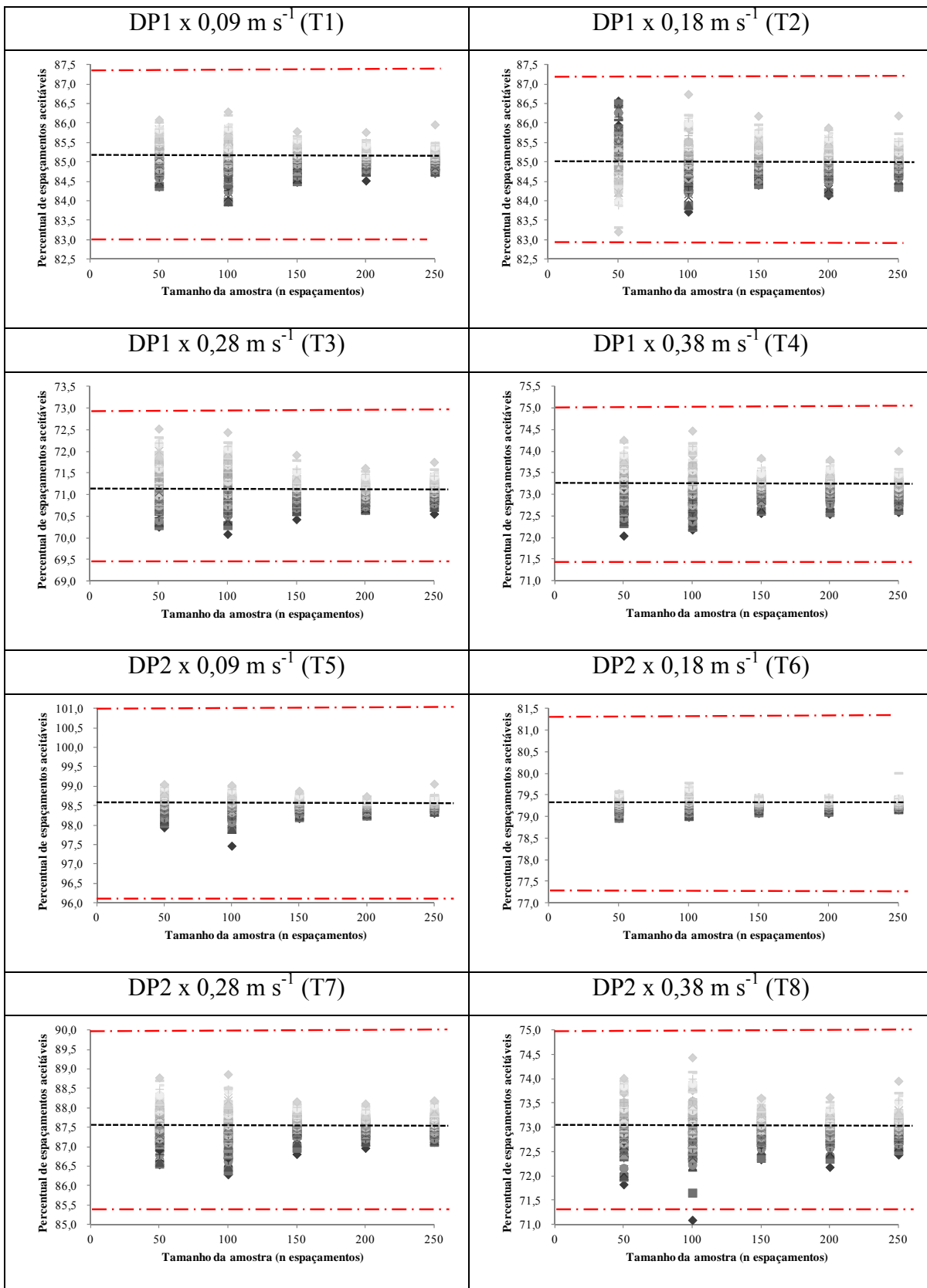


Figura 17 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de milho em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T8 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC.

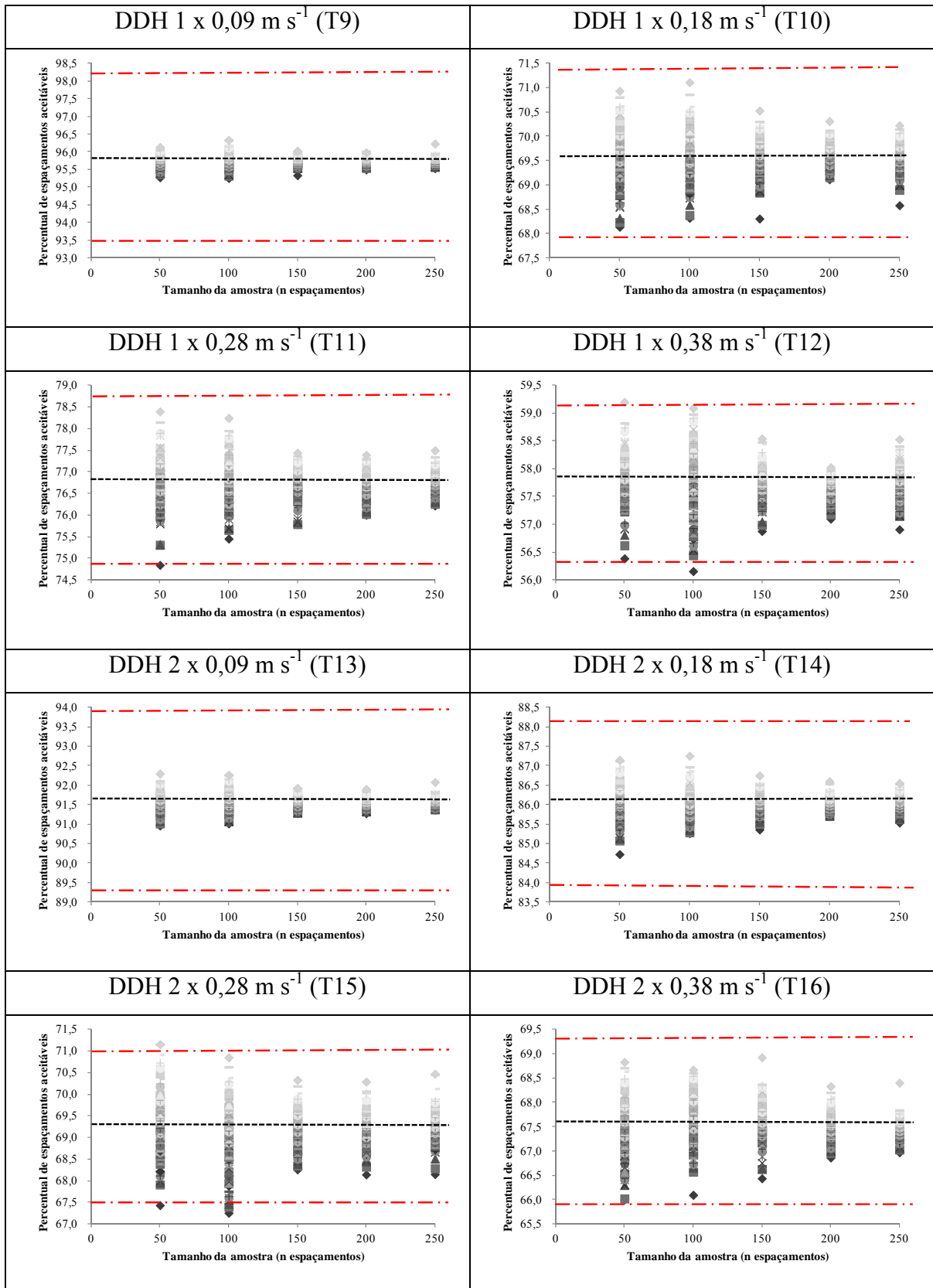


Figura 18 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de milho em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T9 a T16 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC.

#### 4.2.3.3. Método prático

No ensaio 2 (Tabela 28), os resultados do método prático de determinação do tamanho de amostra apresentaram o mesmo comportamento do ensaio 1. A análise da variância não revelou efeito dos diferentes tamanhos de amostra simulados na média do percentual de espaçamentos aceitáveis, indicando que poderiam ter sido utilizados apenas 50 espaçamentos entre sementes para caracterizar os tratamentos.

Tabela 28 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura do milho no ensaio 2.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	
Blocos	2	565,66	282,83	3,27	ns
Dosadores (Ta)	3	1891,10	630,37	7,31	*
Velocidades (Tb)	2	24933,14	8311,05	24,67	*
Int. Ta x Tb	6	8861,55	984,62	2,92	*
Tamanho de amostra (Tc)	5	10,33	2,07	0,32	ns
Int. Ta x Tc	15	53,02	3,53	0,56	ns
Int. Tb x Tc	15	90,10	6,00	0,96	ns
Int. Ta x Tb x Tc	45	258,39	5,74	0,92	ns

GL: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio. ns: não significativo pelo teste F com 95% de confiança.

Conforme é mostrado na tabela 29, as médias do percentual de espaçamentos aceitáveis ficaram na ordem de 79% para todos os tratamentos simulados, com destaque para o baixo coeficiente de variação de apenas 3,2%.

Nota-se que a diferença mínima significativa é de apenas 1,47%, logo, pequenas variações poderiam ter sido detectadas, o que não ocorreu. Esta ausência de diferença novamente mostra que, pelo método prático, poderiam ter-se utilizado apenas 50 espaçamentos para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de milho.

Os resultados corroboram os de Dias et al. (2010) e Bedin et al. (2009), que testando amostras para avaliar uma semeadora em leito de areia, não encontraram diferenças entre os tamanhos de 50 a 300 espaçamentos entre sementes para estimar o percentual de aceitáveis, múltiplos e falhos.

Tabela 29 – Médias do percentual de espaçamentos aceitáveis dos seis diferentes tamanhos de amostra simulados no ensaio 2 pelo método prático de determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho.

Tamanho de amostra (n espaçamentos)	Espaçamentos aceitáveis (%)
50	79,2 <sup>ns</sup>
100	79,7
150	79,4
200	79,4
250	79,4
280	79,2

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; DMS: 1,47; CV: 3,2%.

#### 4.2.4. Tamanho de amostra para a cultura da soja

##### 4.2.4.1. Método da intensidade de amostragem

As médias do tamanho de amostra para a cultura da soja pelo método da intensidade de amostragem ficaram entre 53 e 274 espaçamentos entre sementes (Tabela 30). Para a semi-amplitude de 2,5%, apenas dois tratamentos apresentaram média inferior a 250 espaçamentos, quais sejam os compostos pelos dois mecanismos dosadores pneumáticos associados à velocidade periférica de 0,09 m s<sup>-1</sup>.

A interação mostrou-se significativa (P<0,05), novamente pelo fato das semi-amplitudes terem efeito direto no tamanho de amostra. As médias das quatro semi-amplitudes variaram de 146 a 260 espaçamentos entre sementes para 10% e 2,5% de erro admissível respectivamente. O efeito da velocidade periférica do disco será discutido posteriormente.

Tabela 30 – Tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral e quatro velocidades periféricas do disco para os quatro mecanismos dosadores no ensaio 2.

Velocidade periférica (m s <sup>-1</sup> )	Semi-amplitude (D%)			
	2,5	5,0	7,5	10,0
DP1				
Tamanho de amostra (n espaçamentos entre sementes)				
0,09	221A	135B	82C	53D
0,18	265A	227B	184C	146D
0,28	254A	198B	145C	106D
0,38	265A	229B	187C	148D
DP2				
0,09	234A	158B	104C	70D
0,18	260A	216B	168C	129D
0,28	268A	237B	199C	162D
0,38	273A	253B	226C	197D
DDH1				
0,09	255A	200B	147C	108D
0,18	270A	242B	208C	173D
0,28	269A	242B	207C	172D
0,38	273A	253B	227C	197D
DDH2				
0,09	253A	197B	143C	104D
0,18	269A	241B	205C	170D
0,28	271A	247B	215C	183D
0,38	274A	259B	236C	211D
Média	260A	221B	180C	146D

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

A análise da variância mostrou diferenças significativas entre os tamanhos de amostra para os quatro mecanismos dosadores (Tabela 31). Os mecanismos dosadores de disco alveolado indicaram a necessidade de um maior tamanho de amostra sem diferenças

significativas entre si, enquanto os dosadores pneumáticos apresentaram menores valores de tamanho de amostra. Este fato difere dos resultados do ensaio 1, sendo que no ensaio 2 as diferenças são mais acentuadas entre os mecanismos dosadores, provavelmente provocadas pela elevação acentuada da velocidade periférica do disco.

Tabela 31 – Média por mecanismo dosador do tamanho de amostra (n° de espaçamentos entre sementes de soja) mínimo para avaliação do percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, em quatro semi-amplitudes expressas em percentual da média amostral no ensaio 2.

Mecanismo dosador	Semi-amplitude (D%)				Média
	2,5	5,0	7,5	10,0	
DP1	251A	197B	150C	113D	178c
DP2	259A	216B	174C	139D	197b
DDH1	267A	234B	197C	162D	215a
DDH2	267A	236B	200C	167D	217a

DP1: dosador pneumático 1; DP2: dosador pneumático 2; DDH1: dosador de disco alveolado 1; DDH2: dosador de disco alveolado 2. Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

No que se refere ao efeito da velocidade periférica do disco dosador no tamanho da amostra, observa-se que o melhor ajuste polinomial foi para uma equação do segundo grau, com destaque para o menor valor do tamanho de amostra na velocidade de  $0,09 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 19). Nas outras três velocidades periféricas, os tamanhos de amostra ficaram com valores bastante próximos, na ordem de 211 espaçamentos para as velocidades periféricas de  $0,18 \text{ m s}^{-1}$  e  $0,28 \text{ m s}^{-1}$ , e 217 para a velocidade de  $0,38 \text{ m s}^{-1}$ .

No ensaio 1, não foram observadas diferenças no tamanho de amostra para a cultura da soja em função das diferentes velocidades de semeadura, o que também seria observado no ensaio 2 não fossem as médias da menor velocidade periférica do disco. Como no ensaio 2 a velocidade de deslocamento foi mantida, alteraram-se os espaçamentos entre sementes, o que, na velocidade periférica de  $0,09 \text{ m s}^{-1}$  resultou em um maior espaçamento, colaborando para melhorar a distribuição de sementes, baixar o CV% e conseqüentemente o tamanho da amostra.



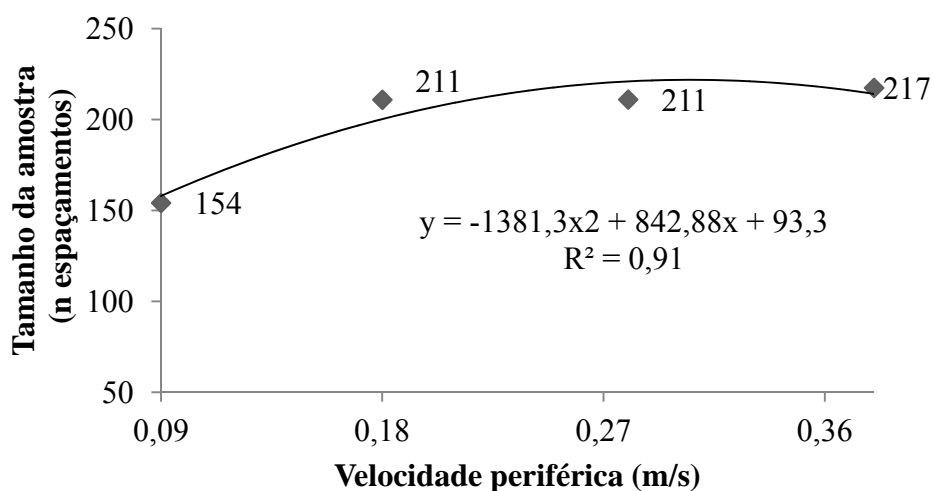


Figura 19 – Tamanho da amostra para avaliação da regularidade de distribuição de sementes de soja em função de quatro diferentes velocidades periféricas do disco dosador no ensaio 2.

#### 4.2.4.2. Método bootstrap adaptado

Conforme ocorrido no ensaio 1, os resultados para a cultura da soja não apresentaram a mesma uniformidade de tamanhos de amostra que os encontrados para a cultura do milho. Os tratamentos T12 e T16 (figura 21) apresentaram valores fora dos limites de controle (2,5%), para todos os tamanhos de amostra simulados. Estes dois tratamentos são formados da combinação dos mecanismos dosadores de disco alveolado com a velocidade periférica de  $0,38 \text{ m s}^{-1}$ , os quais apresentaram os menores valores de percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja do ensaio 1 (Tabela 12) e do ensaio 2 (Tabela 23), denotando baixa regularidade na distribuição. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4, formados pelo dosador pneumático 1 em combinação com as quatro velocidades periféricas (Figura 20), indicam a utilização de 150 espaçamentos entre sementes para avaliar a distribuição de sementes de soja. Por sua vez, o dosador pneumático 2, indicou a necessidade de maiores amostras nas velocidades de  $0,09$  e  $0,18 \text{ m s}^{-1}$ , não denotando correlação com este último fator. Este fato corrobora o que foi visto na análise de regularidade de distribuição de sementes de soja, onde os mecanismos dosadores pneumáticos foram menos influenciados pela elevação da velocidade periférica do disco. No entanto, esta observação vai contra ao exposto por Reis e Alonço (2001), que comparando a precisão funcional de diferentes modelos de mecanismos dosadores, afirmam que em velocidades superiores, o desempenho de dosadores pneumáticos e de disco alveolado horizontal se assemelha.

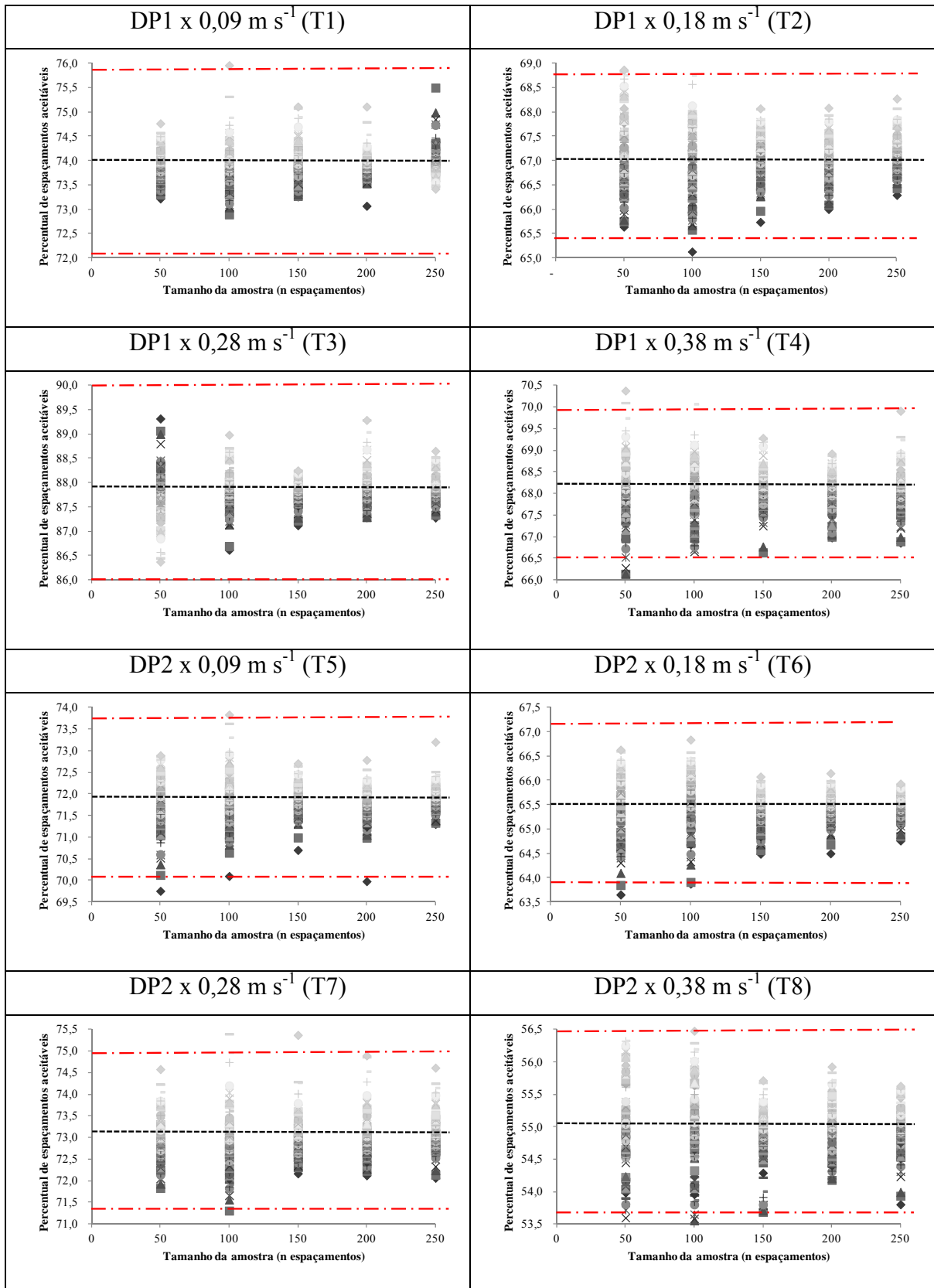


Figura 20 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T1 a T8 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC.

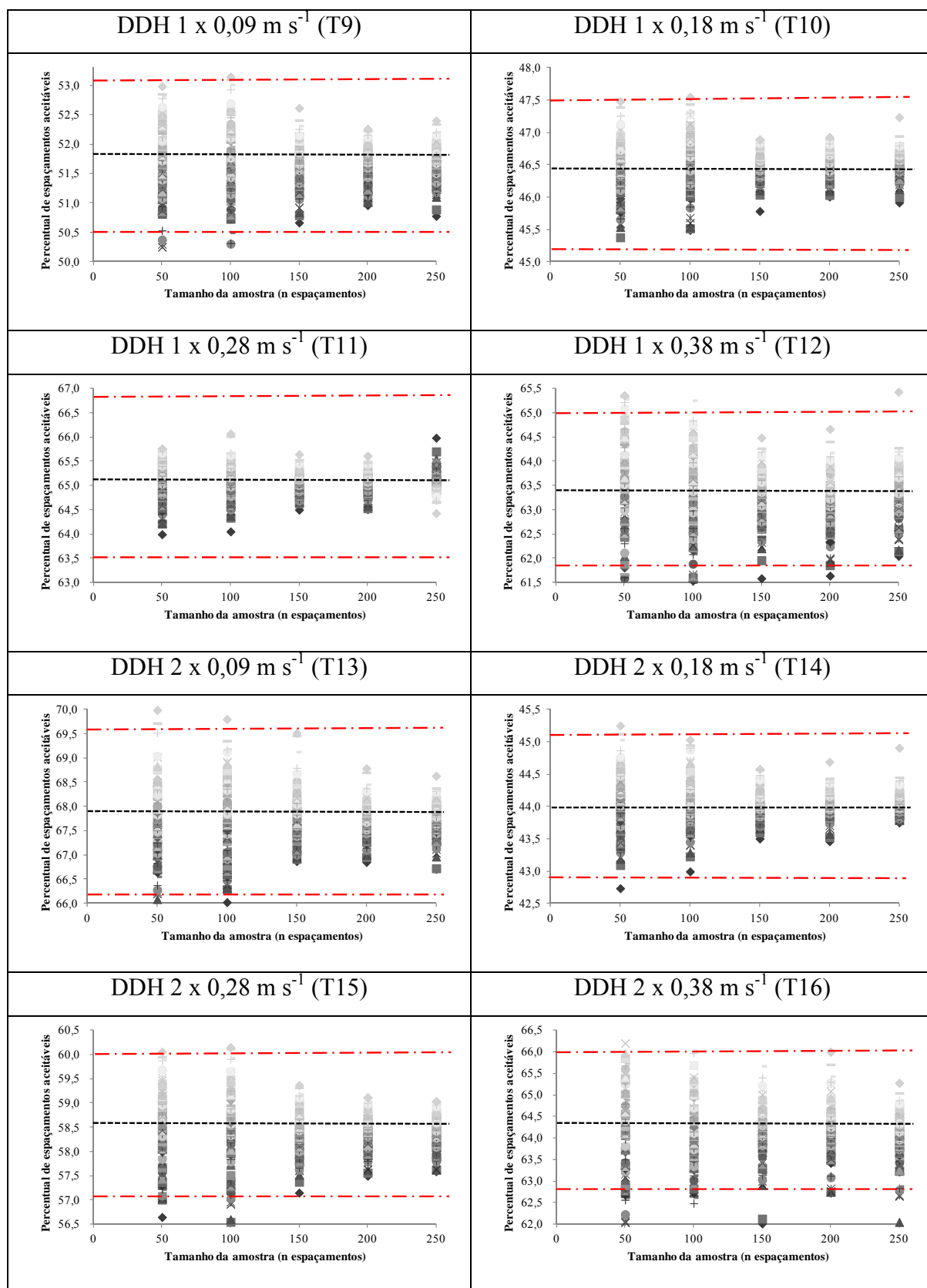


Figura 21 – Dispersão das 100 estimativas do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes de soja em função de 5 tamanhos de amostra simulados (n), para os tratamentos T9 a T16 do ensaio 2; a linha tracejada indica a média da amostra mestre; linhas traço e ponto indicam os limites superior e inferior do IC.

## 4.2.4.3. Método prático

Novamente os dados submetidos ao método prático de determinação do tamanho de amostra apresentaram variâncias homogêneas pelo teste de Bartlett, permitindo, nesse caso, a análise da variância. Não houve diferença significativa entre os tamanhos de amostra simulados (Tratamento c) pelo método prático (Tabela 32) com 5% de probabilidade de erro. Para efeito de comparação, são apresentadas apenas as médias do tratamento c, tamanho de amostra.

Tabela 32 - Síntese da análise da variância das três causas de variação utilizadas no método prático de determinação do tamanho de amostra, para a variável percentual de espaçamentos aceitáveis da cultura da soja no ensaio 2.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	
Blocos	2	48,42	24,21	0,28	ns
Dosadores (Ta)	3	13516,11	4505,37	52,93	*
Velocidades (Tb)	2	15491,53	5163,84	43,5	*
Int. Ta x Tb	9	5118,26	568,69	4,8	*
Tamanho de amostra (Tc)	5	91,25	18,25	2,4	ns
Int. Ta x Tc	15	259,44	17,30	2,27	*
Int. Tb x Tc	15	222,33	14,82	1,95	*
Int. Ta x Tb x Tc	45	526,14	11,69	1,54	*

GL: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio. \*significativo com  $P < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F com 95% de confiança.

As médias do percentual de espaçamentos aceitáveis variou de 63,6%, nos tratamentos de 200 e 250 espaçamentos, a 64,9% para o tratamento com 50 espaçamentos entre sementes (Tabela 33). O coeficiente de variação foi de apenas 4,3%, e a diferença mínima significativa de 1,63%, denotando boa precisão a 5% de probabilidade de erro. Novamente não houve diferença entre os tamanhos de amostra simulados, reiterando os resultados apresentados por Dias et al. (2010), que também não identificaram diferenças significativas em tamanhos de amostra de 100, 200 e 300 espaçamentos entre sementes de soja para avaliar uma semeadora em leito de areia. Da mesma forma, Bedin et al. (2009), testaram tamanhos de amostra de 50 a 450 espaçamentos, sem nenhum efeito nas variáveis de regularidade de distribuição. Em nenhum dos casos em que foi utilizado o método prático foram encontradas diferenças

significativas entre os tratamentos. Este fato será melhor explorado no tópico seguinte, na tentativa de compreender melhor os métodos de determinação do tamanho de amostra.

Tabela 33 – Médias do percentual de espaçamentos aceitáveis dos seis diferentes tamanhos de amostra simulados pelo método prático de determinação do tamanho de amostra para a cultura da soja no ensaio 2.

Tamanho de amostra (n espaçamentos)	Espaçamentos aceitáveis (%)
50	64,9 <sup>ns</sup>
100	64,5
150	64,0
200	63,6
250	63,6

<sup>ns</sup>: não significativo com 5% de probabilidade de erro. CV: 4,3%.

#### 4.3. Apreciação dos métodos utilizados na determinação do tamanho de amostra

Os métodos levaram a resultados diferentes, necessitando neste caso uma reflexão sobre as características distintas. Em sua essência, os métodos de determinação do tamanho de amostra levam em consideração a regularidade de distribuição de sementes para originar o tamanho de amostra, a diferença está em qual parâmetro cada um dos métodos se apoia para realizar as simulações. A seguir serão apontadas as principais qualidades e fragilidades encontradas na execução dos três diferentes métodos. Esta análise é de suma importância, pois norteará a ponderação dada a cada tamanho de amostra gerado por cada um dos três métodos na composição do tamanho final de amostra.

O método da intensidade de amostragem pressupõe uma distribuição normal dos dados em análise, ou pelo menos normalidade dos erros, e por isso toma um valor da tabela t para suas inferências. Um parâmetro importante para o método é o coeficiente de variação amostral (CV%). Esta importância é denotada pelo aumento do tamanho de amostra com o quadrado do CV%. Se um tratamento “x” possui um determinado parâmetro (percentual de espaçamentos aceitáveis, por exemplo) com o dobro da variação de um tratamento “y”, o tamanho de amostra para “x” será quatro vezes maiores que o para “y”, mantendo-se as demais variáveis constantes.

Outro fator que, de certa forma, fragiliza o método da intensidade de amostragem, é o uso quase que empírico da semi-amplitude (D%). Enquanto que alguns pesquisadores utilizaram D% variando de 2 a 8% (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010), outros simularam

tamanhos de amostra com semi-amplitudes de até 40% (SOUZA et al., 2002). Neste caso, o pesquisador deve escolher a semi-amplitude que melhor se adapta ao seu conjunto de variáveis, para que o tamanho de amostra determinado seja suficientemente representativo, com nível de confiança adequado, sem que a amostra se torne demasiadamente grande.

Em alguns trabalhos que se utilizaram do método da intensidade de amostragem, os pesquisadores indicam apenas o intervalo que o método determinou, cabendo a quem for utilizar o tamanho amostral a escolha do nível de precisão. À exceção do exposto, CARGNELUTTI FILHO et al. (2008), indicaram um número mínimo de 10 plantas para avaliação morfológica de caracteres de feijão, ou seja, os autores indicam um valor mínimo, o qual estes consideram adequado para que o experimento seja conduzido com certo nível de precisão.

O método bootstrap adaptado revelou-se como o mais sólido na geração dos tamanhos de amostra, pelo fato de realizar várias estimativas para uma mesma variável (neste trabalho foram adotadas 100 estimativas). Este fator resulta em um aumento da confiabilidade dos resultados gerados, por elevar a capacidade de detectar distorções no tamanho de amostra resultante. Esclarecendo, a chance de se encontrar distorções em 100 estimativas é 100 vezes maior que em apenas uma, portanto, se um tamanho de amostra simulado 100 vezes não apresenta nenhum valor fora do intervalo estabelecido como aceitável (2,5% neste trabalho) o grau de confiança na utilização deste tamanho amostral é bastante grande.

Como no método da intensidade de amostragem, o método bootstrap adaptado precisa que se estabeleçam intervalos de controle/confiança para determinar se um tamanho de amostra é passível de ser usado ou não. Todavia, este método vem sendo amplamente utilizado, com algumas variações por vários autores, como Leite et al. (2009) e Confalonieri et al. (2004, 2006, 2007, 2009).

O método prático compara a regularidade de distribuição de sementes calculada a partir da simulação de diferentes tamanhos de amostra. Em todos os casos, ensaios 1 e 2 e para milho e soja, o método prático não encontrou diferenças significativas entre os percentuais de espaçamentos aceitáveis obtidos com 50 e 280 espaçamentos. A grande razão para isso, reside na forma com que são calculadas as variáveis de regularidade de distribuição, entre eles, espaçamentos aceitáveis, variáveis estas calculadas com base no espaçamento nominal teórico (ISO, 1984), tendo um limite de tolerância igual a 50% para mais ou para menos, para classificar um espaçamento entre sementes em aceitável, duplo ou falho (KURACHI et al., 1989). Esta grande tolerância faz com que se diminuam as chances de que se obtenham diferenças nas variáveis resposta, e por isso, o método não indicou diferentes

tamanhos de amostra para nenhuma condição. Mas, partindo do pressuposto que esta avaliação da regularidade de distribuição de sementes está presente em todas as normas pertinentes (ISO, 1984; AENOR; 1988; ABNT, 1994), o método prático apresentou validade e aplicabilidade, e por isso seus resultados serão computados no cálculo dos tamanhos de amostra para as condições estudadas.

Finalmente, pode-se dizer que o método da intensidade de amostragem é de fácil execução e interpretação, mas menos “potente” em comparação ao método bootstrap adaptado, que por sua vez é o mais agressivo dos três métodos usados, destacando-se que a elaboração de gráficos facilita a visualização da dispersão das estimativas deste último método. O método prático mostrou-se eficiente, mas requer a necessidade de homogeneidade das variâncias e normalidade dos dados, por se tratar de pré-amostragens com número diferentes de indivíduos (espaçamentos entre sementes), fator este não exigido pelo método bootstrap adaptado, como esclarecido por Confalonieri et al. (2006).

#### **4.4. Tamanho recomendado de amostra: compilação dos dois ensaios**

##### 4.4.1. Tamanho de amostra para a cultura do milho

De acordo com a apreciação dos métodos, foram atribuídos conceitos de 0,35 para intensidade de amostragem, 0,40 para bootstrap adaptado e 0,25 para o método prático de determinação do tamanho de amostra, compreendendo assim os coeficientes *a*, *b* e *c* das equações 13 e 14 para cálculo dos tamanhos mínimo e máximo de amostra respectivamente. Na tabela 34 é apresentada uma síntese dos resultados dos três métodos de determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho, demonstrando as faixas de espaçamentos onde os métodos oscilaram.

Pelo método da intensidade de amostragem, mais de 95% dos tamanhos de amostra gerados, independente da semi-amplitude adotada, estiveram entre 100 e 200 espaçamentos entre sementes de milho. Para o método bootstrap adaptado, 100% dos tratamentos geraram tamanhos de amostra de até 150 espaçamentos entre sementes, sendo que 93% geraram tamanhos de amostra de até 100 espaçamentos.

O método prático indicou, em todos os casos, a necessidade de apenas 50 espaçamentos entre sementes.

Tabela 34 - Faixas de oscilação dos três métodos utilizados na determinação do tamanho de amostra para a cultura do milho.

Tamanho da amostra (n espaçamentos)	Método de determinação		
	Intensidade de amostragem	Bootstrap adaptado	Método prático
280			
250			
200	x		
150	x	x	
100	x	x	
50		x	x

O tamanho mínimo de amostra recomendado foi de 68 espaçamentos entre sementes, número 73% inferior ao recomendado em norma, e o tamanho máximo recomendado foi de 143 espaçamentos, número 43% inferior ao recomendado (Tabela 35). Desta forma, com a gama de tratamentos utilizados, envolvendo diferentes mecanismos dosadores, velocidades de deslocamento e velocidades periféricas do disco dosador, evidencia-se que não são necessários 250 espaçamentos entre sementes de milho para avaliar a regularidade de distribuição em esteira carpetada, resultados coerentes com os de Bedin et al. (2009) e Dias et al. (2010).

Tabela 35 – Tamanhos de amostra recomendados para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de milho em esteira carpetada através de três métodos de determinação.

	Intensidade de Amostragem	Bootstrap adaptado	Método prático	<b>Tamanho final da amostra</b>
Mínimo	35	20	13	<b>68</b>
Média	53	40	13	<b>105</b>
Máximo	70	60	13	<b>143</b>

#### 4.4.2. Tamanho de amostra para a cultura da soja

As faixas de oscilação dos três métodos são apresentadas na tabela 36. Pelo método da intensidade de amostragem, os tamanhos de amostra para a cultura da soja oscilaram entre,



pelo menos 150, e no máximo 280 espaçamentos, principalmente para a semi-amplitude de 2,5% de erro admitido, denotando a necessidade de maiores tamanhos de amostra determinados através deste método. Para o método bootstrap adaptado, em 70% dos tratamentos, o tamanho mínimo recomendado pelo método foi de pelo menos 150 espaçamentos, delimitando assim o limite mínimo através deste método. Pelo mesmo método, cerca de 93% dos resultados ficaram dentro do intervalo de confiança para o tamanho de 200 espaçamentos entre sementes, sendo este fixado como valor máximo determinado pelo procedimento. O resultado do método prático indicou sempre 50 espaçamentos entre sementes, ficando assim dimensionado o tamanho de amostra para a cultura da soja.

Tabela 36 - Faixas de oscilação dos três métodos utilizados na determinação do tamanho de amostra para a cultura da soja.

Tamanho da amostra (n espaçamentos)	Método de determinação		
	Intensidade de amostragem	Bootstrap adaptado	Método prático
280	x		
250	x		
200	x	x	
150	x	x	
100			
50			x

Baseado na faixa de oscilação do tamanho para cada método calcularam-se os tamanhos mínimos e máximos para a cultura da soja (

Tabela 37). O tamanho mínimo ponderado pelos três métodos foi de 125 e o máximo de 191 espaçamentos entre sementes para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de soja.

Estes valores representam uma redução de pelo menos 27% no tamanho de amostra para a cultura da soja. Caso o pesquisador deseje utilizar um tamanho de amostra reduzido, este pode basear-se no método da intensidade de amostragem e citar a semi-amplitude adotada.

Tabela 37 – Tamanhos finais de amostra recomendados para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de soja em esteira carpetada.

	Intensidade de Amostragem	Bootstrap adaptado	Método prático	<b>Tamanho final da amostra</b>
Mínimo	53	60	13	<b>125</b>
Média	75	70	13	<b>158</b>
Máximo	98	80	13	<b>191</b>

## **5. CONCLUSÕES**

### **5.1. Regularidade de distribuição de sementes**

Quanto à distribuição de sementes de milho, os mecanismos dosadores de sementes avaliados não apresentam diferenças na regularidade de distribuição, mesmo quando elevada a velocidade de semeadura ou mesmo a velocidade periférica do disco, resultando em maiores densidades de semeadura.

Com relação à distribuição de sementes de soja, os mecanismos dosadores pneumáticos avaliados apresentam desempenho superior aos mecanismos de disco alveolado.

Para a cultura do milho, a redução no percentual de espaçamentos aceitáveis foi linear, na média dos tratamentos, com elevação da velocidade periférica do disco (ensaio 2) ou da velocidade de semeadura (ensaio 1).

Em relação à interação entre velocidade periférica do disco e mecanismo dosador para a cultura da soja, os mecanismos dosadores de disco alveolado são mais sensíveis a elevação da velocidade, sensibilidade esta expressa na maior taxa de redução no percentual de espaçamentos aceitáveis com aumento da velocidade periférica do disco.

### **5.2. Tamanhos de amostra**

Nas condições estudadas, o tamanho de amostra para avaliar a regularidade de distribuição de sementes de milho, deve ficar entre 68 e 143 espaçamentos. Para a cultura da soja, a amostra deve ser composta por no mínimo 125 e no máximo 191 espaçamentos.

Na maioria dos casos, o tamanho de amostra independe do mecanismo dosador avaliado, mesmo com resultados diferentes de regularidade de distribuição de sementes de milho e soja.

É possível reduzir o tamanho de amostra recomendado para as culturas do milho e soja, com uma margem de erro conhecida.

Existe diferença no tamanho de amostra em função da cultura, sendo que para a cultura do milho são necessários menos espaçamentos entre sementes para um ensaio de mesma precisão, em comparação com a cultura da soja.

O tamanho da amostra apresenta correlação positiva com a velocidade periférica do disco dosador, e por sua vez com a densidade de semeadura. Se a elevação na velocidade

periférica do disco dosador for acompanhada pelo aumento da velocidade de deslocamento (como simulado no ensaio 1), não há necessidade de aumento no tamanho da amostra.

Com relação ao aumento da velocidade periférica, devem ser usados maiores tamanhos de amostra quando o mecanismo dosador for submetido a condições extremas, e este tamanho de amostra pode ser utilizado também para as menores velocidades periféricas, como forma de padronização do trabalho de ensaio de mecanismos dosadores de sementes.

Para a cultura do milho, é possível reduzir em pelo menos 43% o tamanho da amostra recomendado pelas normas relacionadas, nos mais elevados níveis de confiança simulados neste trabalho. Se for possível reduzir o nível de precisão do ensaio, por questões inerentes ao processo de avaliação, pode-se reduzir em até 73% o tamanho de amostra utilizado.

Para a cultura da soja, é possível reduzir em 27% o tamanho de amostra para ensaios em laboratório com um nível de precisão elevado.

Caso julgue-se necessário, pode-se utilizar um tamanho de amostra que melhor se adapte as condições do experimento a ser realizado.

## **6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Desenvolver estudos de determinação do tamanho de amostra em outras condições, como sobre leito de areia e em campo ou utilizando sementes de outras culturas.

É necessário o conhecimento do tamanho de amostra para outras variáveis de avaliação de desempenho de semeadoras e até mesmo de outras máquinas agrícolas. Por exemplo, não se conhece a dimensão da amostra e parcela para avaliar o consumo de combustível em uma determinada operação agrícola.

É importante que seja estudado o efeito da pressão negativa sobre o desempenho dos dosadores pneumáticos, assim pode-se prever a demanda de energia e dimensionar, para mais ou para menos, o ventilador centrífugo utilizado em semeadoras com este sistema de dosagem de sementes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de norma 04: 015.06-004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994. 7p.

AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación, **UNE 68-081-88 - Maquinaria para siembra – sembradoras monograno: métodos de ensayo**. Madrid, 1988. 18p.

ALCHANATIS, V.; KASHTI, Y.; BRIKMAN, R. A machine vision for evaluation of planter seed spatial distribution. **CIGR Journal**, v. 4, p. 11–20, 2002.

ALONÇO, A. dos S. et al. Projeto de uma bancada para ensaios de dosadores pneumáticos de sementes: fase informacional e conceitual. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2010, CD-rom.

ALTMANN, A. et al. Determinação do ângulo de repouso de fertilizantes e sementes através da análise de imagens. In: Simpósio de ensino, pesquisa e extensão. 14, 2010. Santa Maria, **Anais...**, Santa Maria: UNIFRA, 2010, CD-Rom.

BEDIN, P. R. et al. Efeito do tamanho da amostra na distribuição de espaçamentos entre sementes por um dosador de disco alveolado. In: 24 Jornada Acadêmica Integrada - UFSM, 2009, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2009, CD-Rom.

BOZDOĞAN, A. M. Seeding uniformity for vacuum precision seeders. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 3, p. 318-322, 2008.

BRANQUINHO, K. B. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 374-380, 2004.

CÂMARA, F. T. da et al. Influência da área de amostragem na determinação de perdas totais na colheita de soja. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 909-913, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 635-642, 2008.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra de caracteres em híbridos de mamoneira. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 280-287, 2010.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G. de; RALISCH, R. Desempenho da semeadora-adubadora MAGNUM 2850 em plantio direto no basalto paranaense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 523-532, 2000.

CATAPATTI, T. R. et al. Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em milho-pipoca. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 855-862, 2008.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. Ed. 3. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428p.

CONFALONIERI, R. et al. A Jackknife-derived visual approach for sample size determination. **Rivista Italiana di Agrometeorologia**, n. 1, p. 09–13, 2004.

CONFALONIERI, R. et al. Analysis of rice sample size variability due to development stage, nitrogen fertilization, sowing technique and variety using the visual jackknife. **Field Crops Research**, n. 97, p. 135–141, 2006.

CONFALONIERI, R. et al. Analysis of sample size for variables related to plant, soil, and soil microbial respiration in a paddy rice field. **Field Crops Research**, n. 113, p. 125–130, 2009.

CONFALONIERI, R. et al. Resampling-based software for estimating optimal sample size. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, p. 1796-1800, 2007.

CORTEZ J. W. et al. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, p.502-510, 2006.

COSTA, G. G. O. **Um procedimento inferencial para análise fatorial utilizando as técnicas bootstrap e jackknife: construção de intervalos de confiança e testes de hipóteses**. 2006. 196f. Tese (doutorado em engenharia elétrica)-Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Análise multivariada e simulação**. Viçosa: Editora UFV, 2006, 175p.

DIAS, V. de O. **Desempenho de dois protótipos de semeadoras-adubadoras para plantio direto**. 2009. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DIAS, V. de O. et al. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1721-1728, 2009.

DIAS, V. de O. et al. Estimativa do tamanho de amostra para avaliar a distribuição de sementes de milho e soja em leito de areia por uma semeadora de precisão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2010, CD-rom.

EFRON, B. Bayes and likelihood calculations from confidence intervals. **Biometrika**, v. 80, n. 1, p. 03–26, 1993.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. J. **An Introduction to the bootstrap**. New York: Chapman & Hall, 1993. 436p.

FARIAS, P. R. S.; BORBOSA, J. C., BUSOLI, A. C. Amostragem sequencial com base na lei de Taylor para levantamento de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 2, p. 395-399, 2001.

FEIJÓ, S. et al. Heterogeneidade do solo e de tamanho de amostra antes e após cultivos com abobrinha italiana em estufa plástica. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1744-1748, 2006.

FURLANI, C. E. A. et al. Características da cultura do milho (*Zea mays L.*) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 2, p. 177-186, 1999.

HESTERBERG, T.; MOORE, D. S.; MONAGHAN, S.; CLIPSON, A.; EPSTEIN, R. Bootstrap methods and permutation tests, In: **The practice of business statistics**. New York: W. H. Freeman, 2003.

ISO. INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR ESTANDARDIZATION. **ISO 7256/1: Sowing equipment – Methods of test – Part 1: Single seed drills (precision drills)**. 1984. 16p.

JAMES-PIRRI, M. J.; ROMAN, C. T.; HELTSHE, J. F. Power analysis to determine sample size for monitoring vegetation change in salt marsh habitats. **Wetlands Ecology Manage**, v. 15, p. 335–345, 2007.

JASPER, R. et al. Distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 292-299, 2006.

JASPER, R. et al. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011.

KACHMAN, S. D.; SMITH, J. A. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n. 2, p. 379-387, 1995.



KARADINOS, M. G. Optimum sampling size and comments on some published formulae. **Bulletin Entomology Society American**, v. 22, p. 417-421, 1976.

KARAYEL, D. et al. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder. **Biosystems Engineering**, v. 87, n. 4, p. 437-444, 2004.

KARAYEL, D. et al. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 50, p. 89-96, 2006.

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

KLEIN, V. A. et al. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p.75-82, 2002.

KOCHER, M. F. et al. Opto-electronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 1, p. 237-245, 1998.

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

LAN, Y.; KOCHER, M. F.; SMITH, J. A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Journal Agricultural Engineering Research**, n. 72, p. 119-127, 1999.

LEITE, M. S. de O et al. Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.12, p.1562-1574, 2009.

LEITE, M. S. de O. **Tamanho de amostra para seleção de famílias de cana-de-açúcar**. 2007. 51f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. 2a. Ed. São Paulo: Editora Harbra Ltda, 1987.

LIU. W., et al. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, n. 96, n. 6, p. 1668-1672, Nov./dez. 2004.

LÚCIO, A. D. et al. Distribuição espacial e tamanho de amostra para o ácaro-do-bronzeado da erva-mate. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 143-150, 2009.

LÚCIO, A. D. et al. Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 181-185, 2003.

MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNESP, Botucatu, 2006.

MALEKI, M. R. et al. A new index for seed distribution uniformity evaluation of grain drills. **Biosystems Engineering**, v. 94, n. 3, p. 471–475, 2006.

MANLY, B. F. J. **Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology**. 2. ed. New York: Chapman & Hall, 1997. 399p.

MANTEIGA, W. G.; SÁNCHEZ, J. M. P.; URROZ, J. R. The bootstrap – a review. **Computational Statistics**. v. 9, n. 1, p. 165-205, 1994.

MARODIM, V. S.; STORCK, L.; LOPES, S. J. Delineamento experimental e tamanho de amostra para alface cultivada em hidroponia. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 779-781, 2000.

MELLO, L. M. M.; PINTO, E. R.; YANO, E. H. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 563-7, 2003.

MERCANTE, E. et al. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 10, n. 4, p. 275-278, 2011.

MODOLO, A. J. et al. Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras precisão em diferentes velocidades. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 4, p. 298-306, 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. New York: John Wiley, 3 ed., 2002. 704p.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 5.ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. 677p.

MOURÃO JR, C. A. Questões em bioestatística: o tamanho da amostra. **Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais**, v. 1, n. 1, p. 26 - 28, 2009

NAVID, H. et al. Laboratory evaluation of seed metering device using image processing method. **Australian Journal of Agricultural Engineering**, v. 2, n. 1, p. 01-04, 2011.

NOGUEIRA JR, J. B.; MONICO, J. F. G.; TACHIBANA, V. M. Tamanho da amostra no controle de qualidade posicional de dados cartográficos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 10, n. 1, p. 101-112, 2004.

NUNES, G. H. de S. et al. Tamanho amostral para estimar o teor de sólidos solúveis totais em talhões de melão amarelo. **Caatinga**, v. 19, n. 2, p. 117-122, 2006.

OZMERZI, A.; KARAYEL, D.; TOPAKCI, M. Effect of sowing depth on precision seeder uniformity. **Biosystems Engineering**, v. 82, p. 227-230, 2002.

PANNING, J. W. et al. Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugarbeet planters. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 16, p. 7-13, 2000.

PEIXOTO, T. C.; RICCI, JR. A. Amostra mínima representativa para caracterização da variabilidade expressa na descendência de progenitores de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, n. 28, p. 27-30, 1984.

PEREIRA, R. **A Estatística e suas Aplicações**. Ed. 1, Porto Alegre: Grafosul, 1979, 657p.

POCINHO, M. **Estatística II**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/39887223/Sebenta-estatistica-II-com-anexos-2010>>. Coimbra, 2010. Acesso em: 28/05/2012.

REIS, A. V.; ALONÇO, A. dos S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989 e 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-Rom.

REIS, E. F. dos et al. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 16, n. 3, p. 70-75, 2007.

REYNOLDS, E. B. et al. Size shape and replications of plots for field, experiments with cotton. **Agronomy Journal**, v. 26, n. 9, p. 725-734, 1934.

RIZZO, A. L. T.; CYMROT, R. Utilização da técnica de reamostragem bootstrap em aplicação na engenharia de produção. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. 10º e 6º. **Anais...**, Universidade do Vale do Paraíba, **2006**.

RODRIGUES, W. C. **Estatística aplicada**. Ed. 6. Disponível em: <[http://www.ebras.bio.br/autor/aulas/estat\\_ambiental\\_2008.pdf](http://www.ebras.bio.br/autor/aulas/estat_ambiental_2008.pdf)>. Acesso em: 15/02/2012. 56p.

RUESINK, W. G.; KOGAN, M. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In: METCALF, R. L.; MUCKMANN, W. H. **Introduction to insect pest management**. New York: John Willey, 1980. p. 315-352.

SANTANA, D. G., OLIVEIRA, M. S., SANTOS JÚNIOR, A. L. G. Comparação entre amostragem de tamanho fixo e amostragem sequencial para avaliação da porcentagem de germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, n. 1, p. 09-15, 1997.

SANTOS, S. R. dos et al. Avaliação do enchimento de discos dosadores de sementes de milho (*zea mays* L.) em laboratório de testes de semeadoras. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 30, 2001. Foz do Iguaçu, **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2001.

SANTOS, S. R. dos et al. Espaço livre entre orifícios de discos dosadores e sementes de milho na eficiência de semeadura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2003.

SATTLER, A.; FAGANELLO, A. **Semeadura - efeito do tratamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a vazão do mecanismo dosador**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 14 p.

SCHIMANDEIRO, A. et al. Distribuição longitudinal de plantas de milho (*Zea mays* L.) na região dos Campos Gerais do Paraná. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 977-980, 2006.

SHAOXING, H. et al. Application of kinetic image processing to measurement of seed distribution. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v. 15, n. 5, p. 56-59, 2000.

SILVA, A.R. da; RÊGO, E.R. do; CECON, P.R. Tamanho de amostra para caracterização morfológica de frutos de pimenteira. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 125-129, 2011.

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

SILVA, J. G. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M., da. Desempenho de uma semeadora adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 07-12, 2000.

SILVA, N. N. da. **Amostragem probabilística**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2a. ed., 1a. reimp. 2004. 120p.

SILVA, P. S. L. et al. Métodos de amostragem e tamanho da amostra para alguns caracteres do milho. **Ciência Agrônômica**, v. 4, n. 1, p. 05-10, 1993.

SILVA, J. G. da, SILVEIRA, P. M. da. **Avaliação de uma semeadora adubadora na cultura do milho**. EMBRAPA CNPAF (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 02), Santo Antonio de Goiás, 2002, 19p.

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

SILVEIRA, J. C. M. da et al. Uniformidade de distribuição de plantas e estande de milho (*Zea mays* L.) em função do mecanismo dosador de sementes; **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 467-472, 2005.

SINGH, R. C.; SINGH, G.; SARASWAT, D. C. Optimization of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds. **Biosystems Engineering**, v. 92, n. 4, p. 429-438, 2005.

SOUZA, M.F. et al. Tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 123-128, 2002.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997, 666 p.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2000. 198p.

TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v. 189, p. 732-735, 1961.

VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O. da. Tamanho mínimo de parcela para avaliação de caracteres de raiz em cenoura. **Bragantia**, v. 67, n. 4, 2008.

WEYNE, G. R. de S. Determinação do tamanho da amostra em pesquisas experimentais na área de saúde. **Arquivos médicos da ABC**, v. 29, n. 2, p. 87-90, 2004.

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