

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Darlei Michalski Lambrecht

**PLANO EXPERIMENTAL PARA CULTURA DO LINHO
OLEAGINOSO EM ENSAIOS MÚLTI-AMBIENTES**

Santa Maria, RS
2023

Darlei Michalski Lambrecht

**PLANO EXPERIMENTAL PARA CULTURA DO LINHO OLEAGINOSO EM
ENSAIOS MÚLTI-AMBIENTES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Lambrecht, Darlei Michalski
Plano experimental para cultura do linho oleaginoso
em ensaios múlti-ambientes / Darlei Michalski
Lambrecht.- 2023.
46 p.; 30 cm

Orientador: Alessandro Dal'Col Lúcio
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Linum usitatissimum L. 2. Variabilidade
experimental 3. Precisão Experimental 4. Confiabilidade
5. Correlação Intraclasse I. Lúcio, Alessandro Dal'Col
II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, DARLEI MICHALSKI LAMBRECHT, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Darlei Michalski Lambrecht

**PLANO EXPERIMENTAL PARA CULTURA DO LINHO OLEAGINOSO EM
ENSAIOS MÚLTI-AMBIENTES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 20 de julho de 2023

Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Diego Nicolau Follmann, Dr. (UFSM)

Prof. Dr. Maicon Nardino, Dr (UFV)

Santa Maria/RS
2023

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Irani Lambrecht, Maria Isabel Michalski Lambrecht.**
Aos meus irmãos **Juliano Michalski Lambrecht e Cléia Michalski Lambrecht.**
Á minha esposa, **Paula Karine Dolovitsch Lambrecht.**
Dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que tens feito em minha vida e por sempre ter me dado saúde e forças para sempre superar as dificuldades.

Aos meus pais Irani Lambrecht e Maria Isabel Michalski Lambrecht e aos meus irmãos Juliano Michalski Lambrecht e Cleia Michalski Lambrecht, pelo apoio e confiança em todos os momentos para que eu pudesse avançar na trajetória acadêmica.

À minha esposa Paula Karine Dolovitsch Lambrecht, pelo amor, carinho e compreensão nos momentos em que mais precisei. Agradeço a você por sempre estar me dando forças e estando sempre do meu lado em todos os momentos.

Ao professor Alessandro Dal'Col Lúcio, pela orientação durante toda a minha trajetória acadêmica, pela força, coerência, clareza e dedicação em seus ensinamentos e por sempre estar disposto a auxiliar.

A Universidade Federal de Santa Maria, por ter me proporcionado a oportunidade de ser acadêmico da instituição e ter o convívio com os diversos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia, que contribuíram de forma significativa para minha formação.

A todos os colegas do grupo de pesquisa em experimentação agrícola por todo auxílio e companheirismo durante este período de formação acadêmica. Meu muito obrigado a todos que de alguma fizeram parte desta etapa de minha vida.

E a todos os demais familiares, amigos, professores que de alguma maneira contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

RESUMO

PLANO EXPERIMENTAL PARA CULTURA DO LINHO OLEAGINOSO EM ENSAIOS MÚLTI-AMBIENTES

AUTOR: Darlei Michalski Lambrecht
ORIENTADOR: Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

A cultura do linho oleaginoso vem aumentando a importância no cenário agrícola brasileiro e, desta forma pesquisas devem ser realizadas para que se tenham melhores recomendações no cultivo e precisão experimental. Para que as pesquisas sejam confiáveis, há a necessidade de um planejamento experimental adequado. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é propor um plano experimental, com estimativas de tamanho de parcela, tamanho de amostra e número de repetições, a fim de aumentar a precisão e confiabilidade de experimentos realizados com a cultura do linho oleaginoso. Os experimentos foram conduzidos em três ambientes e dois anos agrícolas, em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e duas variedades de linho oleaginoso (dourada e marrom). Em ambos os anos, as plantas foram amostradas na parcela e mensurado a altura total, comprimento técnico, comprimento produtivo, diâmetro do ramo principal, número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsula e massa de grãos por planta. A partir desses dados, estimou-se o tamanho da parcela pelo método Pimentel-Gomes, e verificou-se que são necessárias 30 plantas, dispostas em 6 linhas de cultivo, para compor a área útil da parcela, com 2 linhas de bordadura, totalizando 90 plantas por parcela. Diferentemente, com os dados de produtividade de grãos, em que foram retirados os efeitos dos parâmetros do modelo matemático de cada ensaio experimental, o tamanho da parcela foi estimado pelo método Paranaíba, e identificou-se que as parcelas devem ter 9,86 m². Para amostragem, observou-se um tamanho ótimo de 5,4 m², considerando uma semi-amplitude do intervalo de confiança (D%) igual a 20% da média. Também foi verificada a necessidade de utilização de cinco repetições por parcela, considerando diferença menos significativa no teste de Tukey expresso em percentual da média de 25%.

Palavras-Chave: *Linum usitatissimum* L. Variabilidade Experimental. Precisão Experimental. Confiabilidade. Correlação Intraclasse

ABSTRACT

EXPERIMENTAL PLAN FOR OILSEED FLAX IN MÚLTI-ENVIRONMENT TRIALS

AUTHOR: Darlei Michalski Lambrecht
ADVISOR: Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

The importance of the cultivation of oilseed flax has increased in the Brazilian agricultural scenario, and therefore, research must be carried out to have better recommendations for cultivation and experimental precision. For research to be reliable, there is a need for adequate experimental planning. In this context, the objective of this work is to propose an experimental plan, with estimates of plot size, sample size, and the number of replicates, to increase the precision and reliability of experiments carried out with the oilseed flax crop. The experiments were carried out in three environments and two agricultural years, in a randomized block design with four replicates and two varieties of oilseed flax (golden and brown). In both years, plants were sampled in the plot and measured for: total height, technical length, productive length, main branch diameter, number of capsules per plant, number of seeds per capsule, and grain mass per plant. From these data, the plot size was estimated using the Pimentel-Gomes method, and it was verified that 30 plants, arranged in 6 rows of cultivation, are needed to compose the usable area of the plot, with 2 border rows, totaling 90 plants per plot. Differently, with the grain yield data, in which the effects of the parameters of the mathematical model of each experimental trial were removed, the plot size was estimated through the Paranaíba method, and it was identified that the plots must be 9.86 m². For sampling, an optimal size of 5.4 m² was observed, considering a semi-amplitude of the confidence interval (D%) equal to 20% of the mean. Also, the need to use five replicates per plot was verified, considering a least significant difference in the Tukey test expressed as a percentage of the mean of 25%.

Keywords: *Linum usitatissimum* L. Experimental variability. Experimental Accuracy. Reliability. Intraclass correlation.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Estrutura de análise de variância considerando o coeficiente de correlação intraclasse na determinação da esperança do quadrado médio (E(QM)).	21
TABELA 2 - Resumo da tabela de análise de variância, com os quadrados médios (MS) das variáveis: altura total (AT, cm), comprimento técnico (CT, cm), comprimento produtivo (CP, cm), diâmetro do ramo principal (DRP, mm), número de cápsulas por planta (NCP, n° planta ⁻¹) para linhaça oleaginosa variedades dourada e marrom em cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa), no ano agrícola 2020 e 2021.	25
TABELA 3 - Estimativas do coeficiente de correlação intraclasse (ρ) do número de plantas úteis por parcela (k), número total de plantas (K), variância da média de um tratamento V(m), por parcela formada de 2 a 6 linhas de semeadura, considerando o uso de bordadura dupla (duas fileiras), para as variáveis: altura total (AT, cm), comprimento técnico (CT, cm), comprimento produtivo (CP, cm), diâmetro do ramo principal (DRP, mm), número de cápsulas por planta (NCP, n° planta ⁻¹), número de sementes por cápsula (NSC, n° cápsula ⁻¹) e massa de grãos por planta (MGP, g planta ⁻¹) para as variedades de linho dourado e marrom em cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa), no ano agrícola de 2020.	28
TABELA 4 - Estimativas do coeficiente de correlação intraclasse (ρ) do número de plantas úteis por parcela (k), número total de plantas (K), variância da média de um tratamento V(m) por parcela formada de 2 a 6 linhas de semeadura, considerando o uso de bordadura dupla (duas fileiras), para as variáveis: altura total (AT, cm), comprimento técnico (CT, cm), comprimento produtivo (CP, cm), diâmetro do ramo principal (DRP, mm), número de cápsulas por planta (NCP, n° planta ⁻¹), número de sementes por cápsula (NSC, n° cápsula ⁻¹) e peso de grãos por planta (MGP, g planta ⁻¹) para as variedades de linho dourado e marrom em cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa), no ano agrícola de 2021.	32
TABELA 5 - Tamanho de parcela (X_0 , em m ²) e coeficiente de variação no tamanho de parcela (CV_{X_0} , em %) de cada de cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa) e variedade, para a variável produtividade de grãos da cultura do linho oleaginoso no ano agrícola de 2020 e 2021 estimados pelo método de Paranaíba (2009).	35

TABELA 6 - Tamanho de amostra (m^2) e diferenças mínimas entre médias ($D= 5, 10, 15$ e 20%), para cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; Ambiente 3 – Viçosa) e variedade para a variável para a variável produtividade de grãos da cultura do linho oleaginoso no ano agrícola de 2020 e 2021. 36

TABELA 7 - Número de repetições para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=2, 3, 4, \dots, 20$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d= 5, 10, 15, \dots, 50\%$), para a variável produtividade de grãos da cultura do linho oleaginoso, com base no maior tamanho de parcela (X_0) e coeficiente de variação no tamanho de parcela (CV_{X_0}) nos anos 2020 e 2021 de cada ambiente de cultivo. 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 ARTIGO 1 - Plano experimental para cultura do linho oleaginoso em ensaios múltiplos ambientes	14
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	19
2.2.1 Descrição dos experimentos.....	19
2.2.1.1 Rede de ensaios conduzida no ano agrícola 2020	19
2.2.1.2 Rede de ensaios conduzida no ano agrícola 2021	20
2.2.2 Tratos culturais	20
2.2.3 Variáveis mensuradas.....	20
2.2.4 Análises estatísticas.....	21
2.2.4.1 Estimativa do tamanho de parcela pelo método de Pimentel Gomes (1984).....	21
2.2.4.2 Estimativa do tamanho de parcela pelo método de Paranaíba (2009).....	22
2.2.4.3 Estimativa do tamanho de amostra.....	24
2.2.4.4 Estimativa do número de repetições.....	24
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
2.3.1 Tamanho de parcela estimado pelo método de Pimentel-Gomes (1984).....	25
2.3.2 Tamanho de parcela estimado pelo método de Paranaíba (2009).....	34
2.3.3 Amostragem na parcela em função do tamanho de parcela estimado pelo método de Paranaíba	35
2.3.4 Número de repetições em função do tamanho de parcela estimado pelo método de Paranaíba	37
2.4 CONCLUSÕES	39
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
3 DISCUSSÃO GERAL	43
4 CONCLUSÃO GERAL	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO GERAL

O linho (*Linum usitatissimum* L.) é uma espécie anual, autógama, pertencente à família Linaceae (GILL, 1987). As sementes são denominadas de linhaça e são ricas em ácidos graxos poli-insaturados α -linolênico (ALA), compostos fenólicos conhecidos como ligninas, que são fitoestrógenos (CUPERSMID et al., 2012). É uma cultura de múltiplos propósitos, podendo ser utilizada tanto para a produção de grãos e conseqüentemente para o consumo humano e animal, como também possui algumas cultivares/variedades, com melhores características de produção de fibra, sendo dividido em: linho oleaginoso, destinado da produção de óleo e linho têxtil, utilizado na fabricação de tecidos (LÚCIO et al., 2021).

O consumo de linhaça, na alimentação humana, atua no sistema cardiovascular (MARTINS et al., 2018; PARIKH; NETTICADAN; PIERCE, 2018), podendo evitar doenças ligadas ao coração, câncer, diabetes, edemas, desordens do sistema imunológico, mal de Alzheimer, doenças ósseas e inflamatórias (COSTA; ROSA, 2016). Além disso, auxilia na melhora do funcionamento do intestino e na diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo (LOURENÇO e LEMOS, 2018).

A linhaça também pode ser utilizada na mistura da ração animal, pela incorporação de cascas, grãos inteiros, óleo de linhaça, ou até mesmo da farinha obtidas após a extração do óleo (LÚCIO et al., 2021). Um aspecto interessante é que sua utilização na dieta dos animais pode resultar na transferência de compostos bioativos para o leite, carne e/ou ovos dos animais, que além de contribuir para a saúde animal, conseqüentemente auxilia para melhoria da saúde humana (SINGH et al., 2011).

No mundo a área de cultivo de linho oleaginoso é de cerca de 2,6 milhões de hectares, 12 vezes maior que a área destinada ao linho fibroso (KIRYLUK e KOSTECKA, 2020). Segundo levantamento realizado em 2020 pela FAO (2022), a produção global de sementes de linho oleaginoso foi de 3,69 milhões de toneladas, sendo o Cazaquistão o maior produtor mundial de linho oleaginoso, com cerca de 1,058 milhões de toneladas de sementes, equivalente a 29% de toda a produção mundial, seguido por Rússia, Canadá, China e Estados Unidos. Na América do Sul, a Argentina é o maior produtor de linho oleaginoso, seguido por Uruguai e Brasil.

Atualmente existem apenas 13 cultivares de linho oleaginoso registradas no Brasil, no Registro Nacional de Cultivares (BRASIL, 2023a), sendo elas: Ariane, Astella, Belinka, CDC Normandy, CDC Sorrel, CISJU21, CS Centenária, CS D001, De Jardim Vermelho, Natasja, Regina, ST Pioneira e Viking e uma cultivar protegida junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (CISJU21) (BRASIL, 2023b). Porém, como ainda existem poucas cultivares

registradas no Brasil, muitos dos materiais utilizados pelos produtores, são oriundos de sementes “crioulas”, para compor suas lavouras, os quais são comumente definidos como variedades (dourada e marrom).

Devido à grande importância da cultura, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas, com o intuito de aumentar a produtividade e a qualidade de grãos (DMITREVSKAYA et al., 2022; PEREIRA et al., 2022). Para que estas pesquisas sejam confiáveis, é importante que os pesquisadores utilizem o conhecimento da experimentação agrícola para realizar um bom planejamento experimental. A fase do planejamento experimental é crucial no experimento, para que se utilize um dimensionamento adequado de tamanho de parcela, amostra e número de repetições, de forma que otimize os recursos envolvidos na pesquisa, como mão de obra, tempo, recursos financeiros, área experimental e aumente a precisão e a confiabilidade dos resultados experimentais (CARGNELUTTI FILHO et al., 2022; LAMBRECHT et al., 2022).

No entanto, existem poucos trabalhos descritos em literatura que forneçam informações como de tamanho de parcela, amostra e do número de repetições para a cultura do linho oleaginoso. Desse modo, o estudo teve como objetivo propor um plano experimental, com estimativas de tamanho de parcela, tamanho de amostra e do número de repetições, com o intuito de aumentar a precisão e a confiabilidade de experimentos realizados com a cultura do linho oleaginoso.

**2 ARTIGO 1 - PLANO EXPERIMENTAL PARA CULTURA DO LINHO
OLEAGINOSO EM ENSAIOS MÚLTI-AMBIENTES**

Submetido para o periódico: *European Journal of Agronomy*

Situação: Sob Revisão

Plano experimental para cultura do linho oleaginoso em ensaios múlti-ambientes

Darlei Michalski Lambrecht^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-1376-3504>, Jaqueline Sgarbossa¹ <https://orcid.org/0000-0001-7541-090X>, Maria Inês Diel² <https://orcid.org/0000-0002-7905-2166>, Alessandro Dal'Col Lúcio¹ <https://orcid.org/0000-0003-0761-4200>, Jéssica Cezar Cassol¹ <https://orcid.org/0000-0002-5229-6187>, Lana Bruna de Oliveira Engers¹ <https://orcid.org/0000-0002-0426-6602>, Diego Nicolau Follmann¹ <https://orcid.org/0000-0002-7351-7022>, Maicon Nardino³ <https://orcid.org/0000-0002-4177-4921> and Volmir Sergio Marchioro⁴ <https://orcid.org/0000-0003-3873-9567>

¹Department of Plant Science, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: darleilambrecht@gmail.com; sgarbossajs@yahoo.com; adlucio@ufsm.br; jessicacassol@agronoma.eng.br; engers.lana@gmail.com; diego.follmann@ufsm.br.

²Federal University of Pampa, Itaqui, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: mariaines.diel@hotmail.com.

³Department of Crop Science, Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. E-mail: nardino@ufv.br.

⁴Department of Agronomy and Natural Sciences, Federal University of Santa Maria *Campus Frederico Westphalen*, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: volmir.marchioro@ufsm.br.

Correspondent author*: Darlei Michalski Lambrecht; E-mail: darleilambrecht@gmail.com;

Resumo

A cultura do linho oleaginoso vem aumentando a importância no cenário agrícola brasileiro e, desta forma pesquisas devem ser realizadas para que se tenham melhores recomendações no cultivo e precisão experimental. Para que as pesquisas sejam confiáveis, há a necessidade de um planejamento experimental adequado. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é propor um plano experimental, com estimativas de tamanho de parcela, tamanho de amostra e número de repetições, a fim de aumentar a precisão e confiabilidade de experimentos realizados com a cultura do linho oleaginoso. Os experimentos foram conduzidos em três ambientes e dois anos agrícolas, em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e duas variedades de linho oleaginoso (dourada e marrom). Em ambos os anos, as plantas foram amostradas na parcela e mensurado a altura total, comprimento técnico, comprimento produtivo, diâmetro do ramo principal, número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsula e massa de grãos por planta. A partir desses dados, estimou-se o tamanho da parcela pelo método Pimentel-Gomes, e verificou-se que são necessárias 30 plantas, dispostas em 6 linhas de cultivo, para compor a área útil da parcela, com 2 linhas de bordadura, totalizando 90 plantas por parcela. Diferentemente, com os dados de produtividade de grãos, em que foram retirados os efeitos dos parâmetros do modelo matemático de cada ensaio experimental, o tamanho da parcela foi estimado pelo método Paranaíba, e identificou-se que as parcelas devem ter 9,86 m². Para amostragem, observou-se um tamanho ótimo de 5,4 m², considerando uma semi-amplitude do intervalo de confiança (D%) igual a 20% da média. Também foi verificada a necessidade de utilização de cinco repetições por parcela, considerando diferença menos significativa no teste de Tukey expresso em percentual da média de 25%.

Palavras-Chave: *Linum usitatissimum* L. Variabilidade experimental. Precisão Experimental. Confiabilidade. Correlação Intraclasse

2.1 INTRODUÇÃO

O linho (*Linum usitatissimum* L.) é uma cultura oleaginosa de múltiplos propósitos, que pode ser cultivada para produção de grãos, direcionado à alimentação humana e animal, visto que os grãos possuem propriedades nutracêuticas que contribuem para saúde de ambos, sendo a planta denominada de linho oleaginoso (MARTINS et al., 2018; LOURENÇO & LEMOS, 2018; LÚCIO et al., 2021). O linho também pode ser cultivado com a finalidade de produção de fibras, utilizado na fabricação de tecidos e, assim, denominado de linho têxtil (LUCIO et., 2021).

Devido à grande importância econômica e nutricional do linho oleaginoso, é fundamental que pesquisas sejam conduzidas, com o intuito de obter novas técnicas e manejos de cultivo, bem como desenvolver e identificar novas cultivares de elevada produtividade, aliado a adaptabilidade e estabilidade de produção e, ainda, com alta tolerâncias a pragas e doenças. Para que essas recomendações sejam confiáveis é fundamental que os pesquisadores utilizem os conceitos da experimentação agrícola para elaboração e condução de seus experimentos (LAMBRECHT et al., 2022).

O conhecimento em experimentação agrícola auxilia o pesquisador desde o planejamento experimental, execução e condução de seus experimentos, até a fase de análise e interpretação dos resultados obtidos. O planejamento experimental é uma etapa importante para obtenção de qualidade experimental, pois caso o pesquisador utilizar tamanhos de parcela superdimensionados resultará em elevada demanda, tanto de recursos financeiros quanto humanos podendo até mesmo levar o pesquisador a fadiga. Em contraponto, o uso de tamanho de parcela subdimensionado pode ser ineficiente, como também os resultados experimentais podem não refletirem o real efeito dos tratamentos (KRYSCZUN et al., 2018; LÚCIO et al., 2020; LAMBRECHT et al., 2022).

Em experimentos agrícolas, o tamanho de parcela é influenciado, pela variabilidade da área experimental, sendo que as principais formas de minimizar os efeitos desta variabilidade é dimensionando-a de forma correta, além do uso do delineamento experimental adequado (STORCK, et al., 2006). Para realizar o dimensionamento de tamanhos de parcela, o método tradicional se caracteriza pelo uso de ensaios de uniformidade, que são experimentos sem a presença de tratamentos, ou seja, todas as atividades, manejos e tratos culturais são efetuados de maneira uniforme. Na literatura podem ser encontrados inúmeros trabalhos, com diversas culturas agrícolas, que utilizaram este método, como por exemplo, no trigo (HENRIQUES NETO et al., 2004),

milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011), beringela (KRYSCZUN et al., 2018), centeio (CHAVES et al., 2018), pepino (LÚCIO et al., 2020), cebola (LAMBRECHT et al., 2022) e entre outras.

Segundo Pimentel Gomes (1984), para estimar o tamanho de parcela o mais adequado é utilizar experimentos com tratamentos, para obter as estimativas dos quadrados médios relativos. Neste contexto, ao estudar os problemas envolvidos na estimação do tamanho de parcela para plantas arbóreas, o autor sugeriu um método que não exige muito trabalho de campo, que inclusive permite utilizar dados de experimentos em que são empregados tratamentos e que já foram conduzidos a campo. Porém, para que seja passível o emprego desta técnica, os experimentos devem ser conduzidos em parcelas subdivididas ou mesmo em blocos ao acaso, com mensuração das plantas dentro da parcela (amostragem na parcela).

Apesar deste método ser desenvolvido para o uso em ensaios com espécies arbóreas, há possibilidade de aplicação em outras espécies de plantas (PIMENTEL GOMES, 1984). Neste contexto, podemos citar os estudos já desenvolvidos com espécies frutíferas e plantas perenes arbóreas (ROSSETTI, 2001), cajueiro-anão precoce (ROSSETTI et al., 1996) e com plantas de interesse agrícola e de menor porte como girassol (SOUSA et al., 2015), feijão (ESTEFANEL et al., 1993), e milho (ALVES et al., 2000).

Na literatura são encontrados inúmeras pesquisas com culturas agrícolas que realizaram o plano experimental, com base em ensaios de uniformidade, considerando o método da máxima curvatura proposto por Paranaíba et al., (2009). No entanto, este método apresenta limitação em função de não possibilitar estimativas de tamanho de parcela para banco de dados com tratamentos, característica que demanda maior tempo, mão de obra e recursos financeiros para a execução de ensaios de uniformidade.

Uma alternativa para utilizar o método proposto por Paranaíba et al., (2009), utilizando o banco de dados de experimentos agrícola com tratamentos, é realizar a remoção dos efeitos dos parâmetros do modelo matemático, ou seja, retroagir a um ensaio de uniformidade. Em muitos casos essa possibilidade é uma alternativa para um resultado conciso e abrangente com elevada confiabilidade, com informações da variabilidade de diversos locais ou anos agrícolas. Além disto, essa metodologia resulta na redução de tempo, mão de obra e recursos financeiros necessários, devido não ser necessário realizar um ensaio de uniformidade.

Entretanto, para a cultura do linho oleaginoso há carência dessas informações, e considerando a importância da cultura, estudos devem ser realizados a fim de auxiliar os pesquisadores na tomada de decisões em seus experimentos. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi propor um plano experimental, determinando as estimativas de tamanho de parcela, de tamanho de amostra e do número de repetições, com a finalidade de aumentar a precisão e confiabilidade dos experimentos com a cultura do linho oleaginoso.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Descrição dos experimentos

A pesquisa foi realizada com resultados de uma rede de ensaios conduzida durante os anos agrícolas 2020 e 2021 e em três ambientes. Ambiente 1, no município de Frederico Westphalen (27° 23' 44" S; 53° 25' 45" W e 490 m de altitude); Ambiente 2 no município de Santa Maria (29° 43' 05" S; 53° 43' 59" W e 116 m de altitude), ambos no Estado do Rio Grande do Sul e; Ambiente 3 no município de Viçosa (20° 45' 14" S; 42° 52' 53" W e 649 m de altitude), no Estado de Minas Gerais. O clima predominante nos ambientes 1 e 2 é do tipo Cfa, e no ambiente 3 é do tipo Aw, conforme a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental no ambiente 1 é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, no ambiente 2 é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentados Alíticos úmbricos (STRECK et al., 2018) e, no ambiente 3 o solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (AMARAL et al., 2004).

2.2.1.1 Rede de ensaios conduzida no ano agrícola 2020

Nos três ambientes, o delineamento experimental empregado foi de blocos completos ao acaso, sendo dois experimentos unifatoriais, sendo o primeiro deles conduzido com a variedade de linho oleaginoso marrom em seis doses de nitrogênio (N), aplicadas em cobertura: 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg de N ha⁻¹, com quatro repetições, e o segundo experimento conduzido com a variedade de linho oleaginoso dourado, com as mesmas doses de nitrogênio e repetições do experimento anterior. A densidade de semeadura utilizada foi de 500 sementes m⁻², seguindo recomendações mundiais para a cultura do linho oleaginoso com o intuito de produção de grãos (KLIMEK-KOPYRA; MAŃKOWSKI; ZAJAC, 2022).

2.2.1.2 Rede de ensaios conduzida no ano agrícola 2021

Nos ambientes 2 (Santa Maria) e 3 (Viçosa), o delineamento experimental empregado foi de blocos completos ao acaso, sendo dois experimentos unifatoriais, cada um composto por uma variedade de linho oleaginoso: marrom e dourada e cinco densidades de semeadura: 200, 400, 600, 800, e 1000 sementes m^{-2} , com quatro repetições. No ambiente 3 (Frederico Westphalen), o delineamento experimental adotado foi de blocos completos ao acaso, sendo um unifatorial, caracterizado por cinco densidades de semeadura: 200, 400, 600, 800, e 1000 sementes m^{-2} , com quatro repetições. A variedade de linho oleaginoso utilizada foi a dourada.

Em todos os ensaios, as unidades experimentais foram parcelas com dimensões de 2,5 m de comprimento e 2,0 m de largura, totalizando uma área de 5 m^2 . Cada parcela foi constituída por dez linhas, espaçadas a 0,20 m entre si, considerando-se como área útil 2 m lineares das seis linhas centrais de cada parcela, totalizando área útil de 2,4 m^2 . Para a rede de ensaios 2020, foram amostradas 20, 20 e 15 plantas por parcela, nos ambientes 1, 2 e 3, respectivamente. Para a rede de ensaios 2021, foram amostradas 20, 10 e 8 plantas por parcela, nos ambientes 1, 2 e 3, respectivamente. Essa variabilidade do número de plantas amostradas se justifica pela quantidade de mão de obra disponível para realizar as avaliações, nos respectivos ambientes e ano de cultivo.

2.2.2 Tratos culturais

A semeadura do linho oleaginoso foi realizada de forma manual, no período de 1º de junho a 30 de junho, em ambos os anos agrícolas. A adubação foi realizada baseada na análise de solo de cada ambiente e ano agrícola, com a aplicação de adubação de base na fórmula NPK 5-20-20, adequada à expectativa de produção de grãos de 2 toneladas ha^{-1} , conforme as recomendações para a cultura (CQFS, 2016).

2.2.3 Variáveis mensuradas

Nas duas redes de ensaios as variáveis mensuradas foram: altura total (AT, cm), mensurada após a floração completa, sendo aferida da base até o ápice da planta; comprimento técnico (CT, cm), medição realizada a partir da base da planta até inserção da primeira cápsula; comprimento produtivo (CP, cm), mensurado a partir do ponto de inserção da primeira cápsula até o ápice da planta, por meio de uma régua graduada; diâmetro do ramo principal (DRP, mm), realizada com o auxílio de paquímetro digital, na qual a haste principal foi identificada e medida a 0,10 m a partir de sua base; número

de cápsulas por planta (NCP, n° planta⁻¹), mensurado o número total de cápsulas presentes em cada planta amostrada, por meio de contagem; número de sementes por cápsula (NSC, n° cápsula⁻¹), nas quais foram selecionadas cinco cápsulas de forma aleatória por amostra para proceder a contagem das sementes; e massa de grãos por planta (MGP, g planta⁻¹), foram retirados os grãos das cápsulas das plantas amostradas e pesados, com auxílio de uma balança digital de precisão.

Adicionalmente, foi mensurada a produtividade de grãos, que diferentemente das demais variáveis, não foi obtida por meio de amostragem na parcela. Desse modo, ao atingirem o ponto de maturação fisiológica, foram colhidos os grãos de todas as plantas presentes na área útil da parcela, os quais foram identificados e acondicionados em sacos de papel. Posteriormente, foi realizada a pesagem de grãos da área útil da parcela e a umidade ajustada para 13%.

2.2.4 Análises estatísticas

2.2.4.1 Estimativa do tamanho de parcela pelo método de Pimentel Gomes (1984)

Para a rede de ensaio, ambiente, variedade e variável analisada, foi realizada a estimativa do tamanho de parcela (número de plantas) pelo método proposto por Pimentel Gomes (1984). Este método leva em consideração as estimativas dos erros relativos à parcela e as plantas amostradas dentro da parcela, para posteriormente, estimar a correlação intraclasse relativa aos indivíduos úteis dentro de cada parcela. Define-se como tamanho ótimo de parcela, o número k de indivíduos úteis que minimize a variância da média de um tratamento para um número total de N indivíduos, considerado fixo. Isso equivale a minimizar a variância da média para uma área fixa do ensaio, ou, ao contrário, a tornar mínima a área do experimento, para obter uma variância dada para a média de cada tratamento.

Em um experimento com parcelas de X plantas úteis amostradas, sendo os dados obtidos planta por planta. Por exemplo, no caso de I tratamentos em J blocos casualizados, com X plantas por parcela, a análise da variância é estruturada conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Estrutura de análise de variância considerando o coeficiente de correlação intraclasse na determinação da esperança do quadrado médio (E(QM)).

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	E (QM)
-------------------	------	------	--------

Blocos	J-1		
Tratamentos	I-1		
Resíduo (a)	(J-1) (I-1)	V_1	$\sigma^2 [1 + (X - 1)\rho]$
Resíduo (b)	JI (X-1)	V_2	$\sigma^2 (1 - \rho)$

Utilizando os componentes de variância apresentados na tabela 1, tem-se que a estimativa do coeficiente de correlação intraclasse que é dada pela Eq. 1:

$$\hat{\rho} = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + (X-1)V_2} \quad (1)$$

Onde V_1 é a estimativa de variância relativa a parcelas, V_2 é a estimativa de variância relativa às plantas dentro de parcelas; X é o número de plantas úteis amostradas por parcela.

A partir da obtenção da correlação intraclasse, é possível calcular o tamanho de parcela pela Eq. 2:

$$k = \sqrt[3]{\frac{2bn(1-\hat{\rho})}{\hat{\rho}}} \quad (2)$$

Onde k é o número de plantas úteis na parcela, b representa o uso de bordadura ($b = 2$ para duas linhas de bordadura) e n é o número de linhas úteis por parcela ($n = 1, 2, 3 \dots n$). Para parcelas com duas linhas, $k \geq 2$ é um número par, do mesmo modo, para parcelas de três e quatro linhas, k deve ser múltiplo de 3 e 4, respectivamente.

De forma semelhante, o número total de plantas na parcela (K) é estimado pela Eq. 3:

$$K = \left(1 + \frac{2b}{n}\right) (k + 2bn) \quad (3)$$

Além de estimar o tamanho de parcela, é importante reduzir a variância da média de cada tratamento, sem aumentar o número de plantas do experimento, de forma a tornar mínima a variância da média de cada tratamento. A variância média pode ser calculada pela Eq. 4:

$$V(\hat{m}) = \frac{\sigma^2}{N} \left(1 + \frac{2b}{n}\right) \left(1 + \frac{2bn}{k}\right) [1 + (k-1)\rho] \quad (4)$$

2.2.4.2 Estimativa do tamanho de parcela pelo método de Paranaíba (2009)

O método proposto por Paranaíba et al., (2009) foi utilizado para estimar o tamanho de parcela para a variável produtividade de grãos, pois a mesma não foi mensurada na amostragem, sendo realizada a colheita de toda a área útil da parcela. Para

tanto, foram isolados e retirados os efeitos dos parâmetros do modelo matemático: dose de N e bloco para a rede de ensaios 2020; densidade e bloco para a rede de ensaios 2021, ambientes 2 e 3; bloco para a rede de ensaios 2021, ambiente 1.

Para a rede de ensaios 2020 e 2021, no ambiente 1,2 e 3, o modelo matemático que se caracteriza como experimento unifatorial (efeito fixo) sob delineamento de blocos ao acaso sendo apresentado pela Eq. 5:

$$Y_{ij}=m+ t_i+ b_j+ e_{ij} \quad (5)$$

Onde: Y_{ij} é o valor observado da variável Y, na unidade experimental que recebeu o nível i (6 níveis para a rede de ensaios 2020 e 5 níveis para a rede de ensaios 2021) do tratamento t, no bloco k (k = 1, 2 e 3); m é a média geral do experimento; t_i é o efeito do nível i (i= 6 ou 5) do tratamento; b_j é o efeito aleatório do bloco j; e_{ij} é o efeito do erro experimental.

As estimativas dos parâmetros do modelo \hat{m} Eq. 6, \hat{t}_i Eq. 7, \hat{b}_j Eq. 8 foram realizadas com base no método dos mínimos quadrados, conforme as equações apresentadas a seguir:

$$\hat{m} = \frac{Y_{..}}{IJ} \quad (6)$$

Onde: \hat{m} é a média geral do experimento; $Y_{..}$ é a soma de todas as observações do experimento; I é os níveis do tratamento; J é os níveis de repetição; K é o número de blocos.

$$\hat{t}_i = \frac{\bar{Y}_i}{J} - \hat{m} \quad (7)$$

Onde: \hat{t}_i é o efeito do tratamento; \bar{Y}_i é a média do nível i; \hat{m} é a média geral do experimento.

$$\hat{b}_j = \bar{Y}_j - \hat{m} \quad (8)$$

Onde: \hat{b}_j é o efeito de blocos; \bar{Y}_j é a média do nível j do fator bloco; \hat{m} é a média geral do experimento.

Para cada uma das variedades cultivadas nos três ambientes e em cada rede de ensaios, foram estimados os tamanhos de parcela (m^2) pelo método da curvatura máxima do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba et al., (2009), pela Eq. 9:

$$\widehat{X}_0 = \frac{10^3 \sqrt{2(1-\hat{\rho}^2)s^2\bar{Y}}}{\bar{Y}} \quad (9)$$

Em que, \hat{X}_0 : é o tamanho adequado de parcela, s^2 : é a variância da variedade em cada ambiente e ano de cultivo, \bar{Y} : é a média das UEB da variedade cultivada, $\hat{\rho}$: é a autocorrelação espacial de primeira ordem, estimado pela Eq. 10:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})(\hat{\varepsilon}_{i-1} - \bar{\varepsilon})}{\sum_{i=1}^{n-1} (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})^2} \quad (10)$$

Onde $\hat{\varepsilon}_i$: é o erro experimental associado à observação de cada i UEB e $\bar{\varepsilon}$: média dos erros experimentais. O erro experimental foi estimado pela Eq. 7:

$$\varepsilon_i = \rho \varepsilon_i - 1 + U_i \quad (11)$$

Onde o ρ é o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, U_i é o erro experimental “puro”, independente de $U_i \sim N(0, \sigma^2)$.

2.2.4.3 Estimativa do tamanho de amostra

A estimativa do tamanho de amostra (m^2), para cada uma das variedades cultivadas nos três ambientes e em cada rede de ensaios, foi realizada através do método proposto por Cochran (1977), pela Eq. 12:

$$n = \frac{t_{\alpha/2}^2 (CV\%)^2}{(D\%)^2} \quad (12)$$

Onde n é o tamanho de amostra (em m^2), $t_{\alpha/2}^2$ é o valor da tabela t de Student com $n-1$ graus de liberdade a 5% de probabilidade de erro, CV% é o coeficiente de variação da variável considerada calculada pela Eq. 13:

$$CV\% = \frac{100\sqrt{s^2}}{\bar{X}} \quad (13)$$

Em que s^2 é a variância amostral, \bar{X} é a média da variável e D% é a semi-amplitude do intervalo de confiança da média (D%= 5, 10, 15 e 20). Foi realizada a correção do tamanho de amostra para população finita. Para isso, aplicou-se a Eq. 14

$$nc = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad (14)$$

Em que nc é o tamanho corrigido da amostra, N é o tamanho da parcela previamente calculado e, n é o tamanho da amostra para população infinita.

4.4.4 Estimativa do número de repetições

Para estimar o número de repetições utilizou-se a diferença mínima significativa (d) do teste de Tukey, expressa em percentagem da média do ensaio (Eq. 15).

$$d = \left(\frac{q_{\alpha(i;GLE)} \sqrt{QME}}{\bar{Y}} \right) \times 100 \quad (15)$$

em que $q\alpha(i;GLE)$ é o valor crítico do teste de Tukey em nível α de probabilidade de erro ($\alpha=0,05$ adotado nesta pesquisa), i é o número de tratamentos simulados (2 a 20 tratamentos), GLE é o número de graus de liberdade do erro para o delineamento blocos ao acaso, ou seja, $(i-1).(r-1)$, QME é o quadrado médio do erro e \bar{Y} é a média do experimento. Dessa forma, substituindo a expressão do coeficiente de variação experimental em percentagem, na expressão para o cálculo de d , e isolando r , tem-se Eq. 16:

$$r = \left(\frac{q_{\alpha(i;GLE)} CV}{d} \right)^2 \quad (16)$$

Neste estudo o CV foi expresso em percentagem, e corresponde ao CV_{X_0} , pois esse é o CV esperado para o experimento com o tamanho de parcela (X_0) calculado previamente. Com o maior valor de coeficiente de variação do tamanho de parcela (CV_{X_0}) em cada ambiente de cultivo, determinou-se o número de repetições (r), por processo iterativo até a convergência, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i ($i=2, 4, 6, \dots, 20$) e d ($d=5\%, 10\%, 15\%, \dots, 30\%$). Em cada ambiente foi utilizada a maior estimativa do tamanho de parcela entre as variedades e ano agrícola. Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R versão 4.1.1 (R Core Team, 2022), utilizando os pacotes *Mass*, *Agricolae* e o aplicativo Office Excel®.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Tamanho de parcela estimado pelo método de Pimentel-Gomes (1984)

A partir dos resultados da análise de variância (Tabela 2), observou-se que na maior parte das situações (94%), isto é, diferentes ensaios de rede e variedades, os quadrados médios do resíduo (a), que é referente ao erro experimental, são maiores do que os quadrados médios do resíduo (b), que são referentes ao erro amostral ($V_1 > V_2$). Como consequência, tem-se $\rho > 0$, ou seja, a correlação intraclasse será positiva. Nas situações em que o quadrado médio do erro amostral for superior ao quadrado médio do erro experimental ($V_2 > V_1$) fato observado em cerca de 6 % das situações, neste cenário tem-se $\rho < 0$, ou seja, a correlação intraclasse será negativa, neste caso é aconselhado o uso de parcelas maiores (PIMENTEL-GOMES, 1984).

Tabela 2. Resumo da tabela de análise de variância, com os quadrados médios (MS) das variáveis: altura total (AT, cm), comprimento técnico (CT, cm), comprimento produtivo

(CP, cm), diâmetro do ramo principal (DRP, mm), número de cápsulas por planta (NCP, n°. planta⁻¹) para linhaça oleaginosa variedades dourada e marrom em cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa), no ano agrícola 2020 e 2021.

Ano	Fonte de Variação	G.L	AT	CT	CP	DRP	NCP	NSC	MGP	
			Ambiente 1							
2020	Dourada									
	Tratamento	5	477,40	340,41	36,62	2,33	81,48	-	0,13	
	Bloco	3	312,93	136,07	42,71	0,40	25,68	-	0,01	
	Resíduo (a)	15	53,96	32,57	27,30	0,48	64,41	-	0,06	
	Resíduo (b)	456	30,37	15,94	18,08	0,15	27,32	-	0,03	
	Marrom									
	Tratamento	5	995,48	1002,10	71,01	3,66	139,09	-	0,26	
	Bloco	3	131,70	22,60	152,25	0,43	42,17	-	0,14	
Resíduo (a)	15	240,50	100,94	98,92	0,49	60,56	-	0,07		
Resíduo (b)	456	56,20	39,50	39,22	0,16	30,06	-	0,03		
2021	Dourada									
	Tratamento	5	334,23	13,95	206,57	35,85	2734,79	-	1,11	
	Bloco	3	13,40	45,08	37,45	0,39	211,27	-	0,50	
	Resíduo (a)	12	58,02	35,37	24,80	0,90	60,89	-	1,50	
	Resíduo (b)	180	16,03	9,92	10,78	0,15	34,69	-	1,19	
	Ambiente 2									
	Dourada									
	Tratamento	5	4096,10	1792,60	664,94	5,67	840,06	6,67	-	
Bloco	3	1676,10	6410,30	1562,54	0,52	64,20	8,84	-		
Resíduo (a)	15	192,30	175,70	57,06	0,64	88,08	8,19	-		
Resíduo (b)	456	21,60	12,00	14,46	0,26	22,40	4,39	-		
2020	Marrom									
	Tratamento	5	6150,40	2953,19	697,84	4,37	321,89	35,57	-	
	Bloco	3	1455,60	1364,14	91,22	0,51	105,49	8,34	-	
	Resíduo (a)	15	287,00	248,10	30,63	0,55	33,04	11,89	-	
	Resíduo (b)	456	39,30	27,22	26,26	0,26	17,49	6,27	-	
	Dourada									

	Tratamento	4	111,22	62,65	56,48	0,01	2161,43	12,01	-
	Bloco	3	9,17	74,44	37,90	0,06	574,86	10,54	-
	Resíduo (a)	12	25,07	34,12	21,51	0,01	416,64	3,78	-
	Resíduo (b)	180	23,87	21,54	28,17	0,00	190,50	2,56	-
2021	Marrom								
	Tratamento	4	168,28	269,38	158,42	0,03	408,62	1,43	-
	Bloco	3	46,61	152,90	52,05	0,01	125,51	2,87	-
	Resíduo (a)	12	106,68	131,68	123,72	0,02	1232,72	7,42	-
	Resíduo (b)	180	43,67	50,62	34,21	0,01	311,13	2,63	-
	Ambiente 3								
	Dourada								
	Tratamento	5	649,60	467,71	67,15	80,85	294,94	-	0,59
	Bloco	3	4016,10	2454,87	485,98	68,97	777,63	-	1,59
	Resíduo (a)	15	915,10	709,13	64,60	77,21	218,65	-	0,52
	Resíduo (b)	336	46,90	31,23	20,12	80,34	80,47	-	0,18
2020	Marrom								
	Tratamento	5	982,60	1203,90	53,16	511,14	198,81	-	6,70
	Bloco	3	8018,00	5672,40	210,90	168,51	1827,49	-	13,50
	Resíduo (a)	15	1661,20	1219,70	95,12	173,38	417,01	-	6,38
	Resíduo (b)	336	84,00	68,00	26,79	255,54	110,37	-	5,56
	Dourada								
	Tratamento	4	644,24	380,50	641,10	1,82	5330,70	-	6,15
	Bloco	3	464,18	14780,30	13890,30	1,29	7154,60	-	11,59
	Resíduo (a)	12	550,69	472,90	145,70	0,90	2125,00	-	3,50
	Resíduo (b)	179	48,81	40,60	31,50	0,25	662,50	-	1,05
2021	Marrom								
	Tratamento	4	454,07	327,30	112,00	0,73	1654,60	-	3,78
	Bloco	3	1247,52	20826,60	24144,00	2,86	9932,20	-	12,16
	Resíduo (a)	12	523,76	344,80	173,40	1,23	1136,70	-	1,26
	Resíduo (b)	140	70,69	57,40	46,60	0,35	795,20	-	1,27

De forma geral, notou-se que poucas plantas são necessárias para compor as parcelas quando a ρ é alta, porém a variância média é maior nestas situações. Quando se

tem ρ baixo, ou negativo, maior é o número de plantas necessário por parcela e nestas situações a $V(m)$ é mínima. Quando há um maior número de plantas necessárias por parcela, como são os casos de menores ρ , conseqüentemente menor é a $V(m)$ (Tabela 3 e 4).

Em cada situação de ambiente de cultivo, variável analisada e ensaio de rede, o tamanho de parcela k (número de plantas úteis na parcela) se altera em decorrência do aumento número de linhas úteis dentro da parcela, sendo que o número mínimo de plantas úteis na parcela é igual ao número de linhas. Respostas similares foram observadas para o número total de plantas (K), que em todas as situações foi superior ao número de plantas úteis, pois sempre será acrescida das plantas da bordadura (Tabela 3 e 4).

Nos ensaios de rede 2020, para ambas as variedades, os menores e maiores valores de correlação intraclasse foram observadas no ambiente 3. Para a variedade dourada a ρ variou de -0,003 a 0,591, para as variáveis DRP e CT, respectivamente. Já para a variedade marrom, a ρ variou de -0,022 a 0,556 nas variáveis DRP e AT. Para o ambiente 1, ρ variou de 0,025 na variável CP da variedade dourada a 0,141 na variável AT da variedade marrom. No ambiente 2, a ρ variou de 0,008 na variável CP da variedade marrom, a 0,405 na variável CT da variedade dourada (Tabela 3). Os maiores coeficientes de correlação intraclasse, observados neste estudo, revelam maior correlação entre as linhas na parcela, indicando maior homogeneidade das plantas dentro da parcela e, conseqüentemente, menor o número de plantas úteis necessárias para compor a unidade experimental (ALVES et al., 2000).

Os maiores números de plantas úteis (k) por parcela observados nos ensaios de rede 2020 foram doze plantas para as variáveis AT, CT, NCP e NSC, dezoito plantas para CP e MGP e, 24 plantas para a variável DRP. Concomitantemente o número total de plantas (K), considerando duas fileiras de bordadura, é de 60 plantas por parcela para as variáveis AT, CT, NCP e NSC, 70 plantas para a variável CP e MGP e 80 plantas para a variável DRP, com $V(m)$ variando de 3,13 a 13,6 (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas do coeficiente de correlação intraclasse (ρ) do número de plantas úteis por parcela (k), número total de plantas (K), variância da média de um tratamento $V(m)$, por parcela formada de 2 a 6 linhas de semeadura, considerando o uso de bordadura dupla (duas fileiras), para as variáveis: altura total (AT, cm), comprimento técnico (CT, cm), comprimento produtivo (CP, cm), diâmetro do ramo principal (DRP, mm), número de cápsulas por planta (NCP, nº planta⁻¹), número de sementes por cápsula (NSC, nº

cápsula⁻¹) e massa de grãos por planta (MGP, g planta⁻¹) para as variedades de linho dourado e marrom em cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa), no ano agrícola de 2020.

Var.	ρ	UB	Dourada					ρ	Marrom				
			2	3	4	5	6		2	3	4	5	6
Ambiente 1													
		k	6	9	8	10	12		4	6	4	5	6
AT	0,037	V (m)*	8,3	7,1	7,6	7,2	7,1	0,141	12,8	11,9	14,2	14,1	14,2
		K	42	49	48	54	60		36	42	40	45	50
		k	6	9	8	10	12		4	6	4	5	6
CT	0,050	V (m)*	8,7	7,6	8,1	7,8	7,7	0,072	10,9	9,5	12,2	11,6	11,3
		K	42	49	48	54	60		36	42	40	45	50
		k	8	9	12	10	12		6	6	8	10	12
CP	0,025	V (m)*	7,0	6,5	5,9	6,6	6,4	0,071	9,5	9,5	9,0	8,8	8,9
		K	48	49	56	54	60		42	42	48	54	60
		k	6	6	8	10	12		6	6	8	10	12
DRP	0,095	V (m)*	10,3	10,3	10,0	10,0	10,2	0,095	10,3	10,3	10,0	10,0	10,2
		K	42	42	48	54	60		42	42	48	54	60
		k	6	6	8	10	12		6	6	8	10	12
NCP	0,064	V (m)*	9,2	9,2	8,7	8,5	8,5	0,048	8,7	8,7	8,0	7,7	7,7
		K	42	42	48	54	60		42	42	48	54	60
		k	4	6	8	10	12		4	6	8	10	12
MGP	0,070	V (m)*	10,9	9,4	8,9	8,8	8,8	0,072	10,9	9,5	9,0	8,9	9,0
		K	36	42	48	54	60		36	42	48	54	60
Ambiente 2													
		k	4	6	4	5	6		4	6	4	5	6
AT	0,283	V (m)*	16,6	16,9	18,5	19,2	20,1	0,240	15,5	15,4	17,2	17,6	18,3
		K	36	42	40	45	50		36	42	40	45	50
		k	2	3	4	5	6		4	6	4	5	6
CT	0,405	V (m)*	21,1	21,1	22,2	23,6	25,2	0,289	16,8	17,1	18,7	19,4	20,4
		K	30	35	40	45	50		36	42	40	45	50
		k	4	6	8	10	12		10	12	16	15	18
CP	0,128	V (m)*	12,5	11,5	11,4	11,6	12,1	0,008	5,8	5,1	4,5	4,7	4,4
		K	36	42	48	54	60		54	56	64	63	70
		k	6	6	8	10	12		6	6	8	10	12
DRP	0,067	V (m)*	9,3	9,3	8,8	8,7	8,7	0,053	8,9	8,9	8,2	8,0	7,9
		K	42	42	48	54	60		42	42	48	54	60
		k	4	6	8	10	12		6	9	8	10	12
NCP	0,128	V (m)*	12,5	11,5	11,4	11,6	12	0,043	8,5	7,3	7,8	7,5	7,3
		K	36	42	48	54	60		42	49	48	54	60
		k	6	9	8	10	12		6	8	8	10	12
NSC	0,042	V (m)*	8,5	7,3	7,7	7,4	7,3	0,043	8,5	7,6	7,8	7,5	7,4

	K	42	49	48	54	60		42	47	48	54	60	
Ambiente 3													
	k	2	3	4	5	6		2	3	4	5	6	
AT	0,552	V (m)*	23,3	24,6	26,6	28,9	31,3	0,556	23,3	24,6	26,7	29,0	31,5
	K	30	35	40	45	50		30	35	40	45	50	
	k	2	3	4	5	6		2	3	4	5	6	
CT	0,591	V (m)*	23,9	25,5	27,7	30,3	33	0,530	23,0	24,0	25,9	28,1	30,4
	K	30	35	40	45	50		30	35	40	45	50	
	k	4	6	8	10	12		4	6	8	10	12	
CP	0,128	V (m)*	12,5	11,5	11,4	11,6	12,1	0,145	12,9	12,1	12,1	12,5	13,0
	K	36	42	48	54	60		36	42	48	54	60	
	k	16	18	20	20	24		8	9	12	10	12	
DRP	-0,003	V (m)*	4,3	3,7	3,4	3,4	3,1	-0,022	5,1	4,5	3,5	4,3	3,8
	K	72	70	72	72	80		48	49	56	54	60	
	k	6	6	8	10	12		4	6	8	10	12	
NCP	0,103	V (m)*	10,6	10,6	10,3	10,4	10,6	0,156	13,2	12,5	12,6	13	13,6
	K	42	42	48	54	60		36	42	48	54	60	
	k	4	6	8	10	12		10	12	12	15	18	
MGP	0,114	V (m)*	12,1	11,0	10,8	10,9	11,3	0,010	5,9	5,2	5,2	4,8	4,5
	K	36	42	48	54	60		54	56	56	63	70	

* Valores de V (\hat{m}), dentro da tabela ainda são multiplicados por σ^2/N que é uma constante.

Nos ensaios de rede 2021, para a variedade dourada, a menor e maior correlação intraclasse foram observadas nos ambientes 2 e 3, respectivamente, enquanto na variedade marrom foram constatadas no ambiente 3. Para a variedade dourada a ρ variou de -0,024 a 0,571, nas variáveis CP e CT do ambiente 2 e 3, respectivamente. Já para a variedade marrom, a ρ variou de -0,002 a 0,445 nas variáveis MGP e AT, respectivamente, no ambiente 3. Avaliando a ρ nos diferentes ambientes nota-se que no ambiente 1 a ρ variou de 0,070 nas variáveis NCP e MGP a 0,385 na variável DRP da variedade dourada. No ambiente 2 a ρ variou de -0,024 na variável CP da variedade dourada, a 0,229 na variável NSC da variedade marrom. No ambiente 3, a ρ variou de -0,002 na variável MGP da variedade marrom, a 0,571 na variável CT da variedade dourada (Tabela 4).

Correlações negativas já foram observadas por pesquisadores em outros estudos, como por exemplo para Zanon & Storck (1997) trabalhando com *Eucalyptus saligna*, que observaram ρ negativas nas situações em que as plantas estavam com 5 anos e meio de idade, resultando em maior tamanho de parcela quando as plantas são mais velhas. Esse fato ocorreu devido no início do estabelecimento, as plantas de *Eucalyptus saligna* serem

mais homogêneas e, quando adultas, maior é a heterogeneidade e a variabilidade experimental.

Nos ensaios de rede 2021, os maiores números de plantas úteis por parcela observados foram de doze plantas para as variáveis CT, CP, DRP, NCP e NSC, dezoito plantas para variável AT e 30 plantas para a variável MGP. Como consequência são necessárias 60 plantas no total para compor a parcela, considerando duas fileiras de bordadura para as variáveis CT, CP, DRP, NCP e NSC, 70 plantas para a variável AT e 90 plantas para a variável MGP. Ainda, neste cenário a $V(m)$ variou de 2,9 a 13,5 (Tabela 4).

Segundo Pimentel Gomes (1984), no planejamento experimental o mais importante é utilizar o tamanho de parcela de modo a reduzir a variância da média de cada tratamento sem aumentar o número de plantas do experimento. Neste contexto, como recomendação de tamanho ideal de parcela por meio deste método, deve-se utilizar o maior tamanho de parcela estimado, que consegue abranger toda a variabilidade das demais variáveis e ambientes, a fim de ter uma boa confiabilidade dos resultados (LAMBRECHT et al., 2022; LÚCIO et al., 2020). Diante disto, recomenda-se que 30 plantas sejam dispostas em 6 fileiras de cultivo para compor a área útil da parcela, com 2 linhas de bordadura, totalizando 90 plantas por parcela, que corresponde a uma parcela com cerca de 0,2 m² para as variáveis AT, CT, CP, DRP, NCP, MGP e NSC.

Neste sentido, diversos trabalhos já foram realizados com culturas agrícolas a fim de estimar tamanhos ótimos de parcela para variáveis morfológicas e produtivas, nos quais os pesquisadores encontraram valores semelhantes quanto ao número de plantas por parcela, como é o caso de Santos et al., (2012), que identificaram que o tamanho ótimo de parcela para avaliar a fitomassa fresca de vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) é 16 plantas. Tartaglia et al., (2021), observaram para a cultura da ervilha (*Pisum sativum* L.), que o tamanho da parcela para avaliar o número de vagens por planta e a massa de vagens por planta é de oito e nove plantas, respectivamente. Lambrecht et al., (2022) trabalhando com a cultura da cebola (*Allium cepa* L.) identificaram que são necessárias oito, seis e seis plantas para compor a parcela para avaliar as variáveis massa de bulbo, altura de bulbo e diâmetro de bulbo respectivamente

Diante disto, como recomendação única de estimativas dos tamanhos de parcela pelo método de Pimentel Gomes foram de 30 plantas dispostas em 6 fileiras de cultivo para compor a área útil da parcela, com 2 linhas de bordadura, totalizando 90 plantas por parcela para avaliar as variáveis altura total, comprimento técnico, comprimento

produtivo, diâmetro do ramo principal, número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsula, e massa de grãos por planta.

No entanto, o tamanho de parcela de 90 plantas estimados pelo método de Pimentel Gomes (1984) pode ser considerado pequeno, em relação a área de solo explorada para mensurar a produtividade de grãos, por exemplo. De acordo com vários autores, o uso de parcelas subdimensionadas podem ser insuficiente e não refletir o real efeito dos tratamentos a serem testados em experimentos agrícolas (KRYSCZUN et al., 2018; LÚCIO et al., 2020; LAMBRECHT et al., 2022).

Na literatura, são encontradas diversas pesquisas com espécies agrícolas, que utilizaram deste método de estimativa de tamanho de parcela e obtiveram valores consideravelmente superiores aos observados neste estudo, como por exemplo, para o feijoeiro em que foi verificado que a área total da parcela deve ser de 12 m² (ESTEFANEL et al., 1993) e para o girassol, em que os autores identificaram 5,04 m² como sendo o tamanho ótimo da parcela (Sousa et al., 2015). Além disso, é importante destacar, que nestes estudos os dados também foram provenientes de experimentos com tratamentos, porém, os autores amostraram todas as plantas da parcela. Desse modo, recomenda-se para pesquisas futuras em que os pesquisadores tenham como intuito estimar o tamanho de parcela, por meio deste método, que os mesmos, realizem mensurações de todas as plantas da parcela, a fim de obterem estimativas precisas e confiáveis.

Tabela 4. Estimativas do coeficiente de correlação intraclassa (ρ) do número de plantas úteis por parcela (k), número total de plantas (K), variância da média de um tratamento $V(m)$ por parcela formada de 2 a 6 linhas de semeadura, considerando o uso de bordadura dupla (duas fileiras), para as variáveis: altura total (AT, cm), comprimento técnico (CT, cm), comprimento produtivo (CP, cm), diâmetro do ramo principal (DRP, mm), número de cápsulas por planta (NCP, n° planta⁻¹), número de sementes por cápsula (NSC, n° cápsula⁻¹) e peso de grãos por planta (MGP, g planta⁻¹) para as variedades de linho dourado e marrom em cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa), no ano agrícola de 2021.

Var.	ρ	UB	Dourada					ρ	Marrom				
			2	3	4	5	6		2	3	4	5	6
Ambiente 1													
		k	4	6	4	5	6		-	-	-	-	-
AT	0,24	V (m)*	14,6	14,3	16,2	16,5	17,0	-	-	-	-	-	-
		K	36	42	40	45	50		-	-	-	-	-

		k	4	6	4	5	6		-	-	-	-	-
CT	0,128	V (m)*	14,5	14,1	16,1	16,3	16,8		-	-	-	-	-
		K	36	42	40	45	50		-	-	-	-	-
		k	4	6	4	5	6		-	-	-	-	-
CP	0,152	V (m)*	12,1	11,0	13,5	13,1	13,1		-	-	-	-	-
		K	36	42	40	45	50		-	-	-	-	-
		k	4	3	4	5	6		-	-	-	-	-
DRP	0,385	V (m)*	17,9	19,3	19,9	20,8	22,0		-	-	-	-	-
		K	36	35	40	45	50		-	-	-	-	-
		k	6	6	8	10	12		-	-	-	-	-
NCP	0,07	V (m)*	9,5	9,5	8,9	8,8	8,9		-	-	-	-	-
		K	42	42	48	54	60		-	-	-	-	-
		k	8	9	12	10	12		-	-	-	-	-
MGP	0,07	V (m)*	7,0	6,5	5,9	6,6	6,4		-	-	-	-	-
		K	48	49	56	54	60		-	-	-	-	-
Ambiente 2													
		k	12	15	16	20	18		4	6	8	10	12
AP	0,005	V (m)*	5,3	4,5	4,3	3,9	4,2	0,126	12,4	11,4	11,3	11,5	11,9
		K	60	63	64	72	70		36	42	48	54	60
		k	6	6	8	10	12		4	6	8	10	12
CT	0,055	V (m)*	8,9	8,9	8,3	8,1	8,0	0,138	12,7	11,8	11,8	12,1	12,6
		K	42	42	48	54	60		36	42	48	54	60
		k	8	9	12	10	12		4	6	4	5	6
CP	-0,024	V (m)*	5,0	4,4	3,4	4,2	3,7	0,207	14,6	14,3	16,2	16,5	17,0
		K	48	49	56	54	60		36	42	40	45	50
		k	4	6	8	10	12		4	3	4	5	6
DRP	0,143	V (m)*	12,9	12,0	12,0	12,4	12,9	0,191	14,1	16,1	15,7	15,9	16,3
		K	36	42	48	54	60		36	35	40	45	50
		k	6	6	8	10	12		4	6	4	5	6
NCP	0,106	V (m)*	10,7	10,7	10,5	10,6	10,8	0,229	15,2	15,0	16,9	17,2	17,9
		K	42	42	48	54	60		36	42	40	45	50
		k	6	9	8	10	12		4	6	8	10	12
NSC	0,045	V (m)*	8,6	7,4	7,9	7,6	7,5	0,154	13,2	12,4	12,5	12,9	13,5
		K	42	49	48	54	60		36	42	48	54	60
Ambiente 3													
		k	2	3	4	5	6		4	3	4	5	6
AT	0,562	V (m)*	23,4	24,8	26,9	29,2	31,8	0,445	21,0	22,0	23,3	25,0	26,9
		K	30	35	40	45	50		36	35	40	45	50
		k	2	3	4	5	6		2	3	4	5	6
CT	0,571	V (m)*	23,6	25,0	27,1	29,6	32,1	0,385	20,8	20,6	21,5	22,9	24,4
		K	30	35	40	45	50		30	35	40	45	50
		k	4	3	4	5	6		4	6	4	5	6
CP	0,312	V (m)*	17,4	18,9	19,4	20,2	21,3	0,254	15,9	15,9	17,6	18,1	18,9

		K	36	35	40	45	50			36	42	40	45	50
		k	4	6	4	5	6			4	6	4	5	6
DRP	0,247	V (m)*	15,7	15,6	17,4	17,9	18,6	0,241		15,5	15,4	17,2	17,7	18,4
		K	36	42	40	45	50			36	42	40	45	50
		k	4	6	4	5	6			6	9	8	10	12
NCP	0,216	V (m)*	14,8	14,6	16,5	16,8	17,3	0,051		8,8	7,7	8,1	7,9	7,8
		K	36	42	40	45	50			42	49	48	54	60
		k	4	6	4	5	6			18	21	22	25	30
MGP	0,226	V (m)*	15,1	14,9	16,8	17,1	17,7	-0,002		4,2	3,5	3,3	3,1	2,9
		K	36	42	40	45	50			78	77	76	81	90

* Valores de V (\hat{m}), dentro da tabela ainda são multiplicados por σ^2/N que é uma constante.

2.3.2 Tamanho de parcela estimado pelo método de Paranaíba (2009)

Os tamanhos de parcela estimados para a variável produtividade de grãos pelo método da máxima curvatura variaram de 3,87 a 9,86 m², com coeficiente de variação de 3,61 a 9,18 % respectivamente. Notou-se que os diferentes tamanhos de parcela tiveram pouca variação quando comparados entre as variedades e os ensaios de rede, em cada ambiente. Assim, as maiores diferenças nos tamanhos de parcelas foram verificadas com maior amplitude entre os ambientes (Tabela 5).

Maiores amplitudes de tamanho de parcela, verificados entre os ambientes, podem estar relacionados a diversos fatores causadores de variabilidade, como por exemplo, diferenças de clima, heterogeneidade da fertilidade do solo, estresses por déficit hídrico e/ou por altas temperaturas, irrigação desuniforme, ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas (FRANCHINI et al., 2016; LÚCIO e BENZ, 2017; LAMBRECHT et al., 2022). Diante disto, nota-se que é fundamental a realização de um planejamento experimental para cada cultura agrícola de interesse no máximo possível de ambientes, para entender qual é o melhor tamanho de parcela a ser utilizado nos diferentes ambientes agrícolas, podendo-se assim, realizar uma recomendação geral ou específica para cada ambiente.

Devido os diferentes tamanhos de parcela entre ambientes, pode ser realizado uma recomendação de tamanho de parcela para cada ambiente individualmente. Sendo então recomendado um tamanho de parcela de 5,12; 8,26 e 9,86 m², com coeficiente de variação de 4,77; 7,69 e 8,18 % para os ambientes 1, 2 e 3, respectivamente. Como recomendação de tamanho único de parcela, recomenda-se o maior tamanho estimado neste estudo ($X_0 = 9,86$ com CV = 9,18%), o qual conseguirá abranger toda a variabilidade experimental dos demais ambientes garantindo a confiabilidade dos resultados (Tabela 5).

Caso o pesquisador opte por realizar um experimento com elevado número de tratamentos e tenha pouca disponibilidade de mão de obra, recursos financeiros e área experimental, então terá que utilizar parcelas menores em seu experimento. A redução do tamanho da parcela ocasiona maior variabilidade entre elas ($CV_{X_0}\%$) e, conseqüentemente, uma das formas para manter a confiabilidade dos resultados é a utilização de maior número de repetições. Quando o tamanho da parcela é reduzido a Soma de Quadrados do Erro é inflacionada (devido a maior variabilidade entre as parcelas menores) e, o aumento no número de repetições, poder ser um artifício utilizado para reduzir o Quadrado Médio do Erro (LÚCIO et al., 2020).

Tabela 5. Tamanho de parcela (X_0 , em m^2) e coeficiente de variação no tamanho de parcela (CV_{X_0} , em %) de cada de cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; ambiente 3 – Viçosa) e variedade, para a variável produtividade de grãos da cultura do linho oleaginoso no ano agrícola de 2020 e 2021 estimados pelo método de Paranaíba (2009).

Ano	Variedade	Ambiente					
		1		2		3	
		X_0 (m^2)	CV (%)	X_0 (m^2)	CV (%)	X_0 (m^2)	CV (%)
2020	Dourada	4,16	3,87	7,08	6,60	7,38	6,88
	Marrom	5,12	4,77	7,66	7,14	6,79	6,33
2021	Dourada	3,87	3,61	8,26	7,69	9,86	9,18
	Marrom	-	-	7,72	7,2	8,61	8,02

2.3.3 Amostragem na parcela em função do tamanho de parcela estimado pelo método de Paranaíba

Os resultados de tamanhos de amostras (em m^2) variaram em função da variedade, ambiente, rede de ensaios e diferenças mínimas significativas entre médias (D%). A maior variação de tamanho de amostra ocorreu entre os ambientes e as diferenças mínimas significativas entre médias. Caso o objetivo do pesquisador seja encontrar pequenas diferenças entre os seus tratamentos testados (D= 5%), será necessário amostrar praticamente toda área da parcela, sendo 4,2 de 5,12; 7,6 de 8,26 e 9,2 de 9,86 m^2 para os ambientes 1, 2 e 3 respectivamente (Tabela 6).

Esta amostragem com D = 5 % é altamente confiável e representativa, podendo ser considerada a área útil da parcela, a qual terá elevada representatividade dos resultados

e, sendo possível encontrar pequenas diferenças significativas entre tratamentos para a variável produtividade de grãos. Caso o pesquisador possa admitir maiores diferenças significativas entre médias dos tratamentos, o tamanho de amostra pode ser menor. Desta forma pode ser utilizado uma semi-amplitude do intervalo de confiança de 80%, com diferenças mínimas (D%) igual a 20% da média, o qual resulta em diminuição na área a ser amostrado. Neste caso seriam necessários amostrar 2,4; 3,2 e 5,4 m², o que resulta em redução de 53, 61 e 45 % da área a ser amostrada no ambiente 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 6).

A amostragem nas parcelas resulta em redução no tempo de avaliação, na necessidade de mão de obra e nos custos financeiros. Entretanto, provoca uma fonte de variação experimental, que é definida como erro amostral, sendo que quanto menor o tamanho da amostra, maior é a variação dos dados em relação à média e, conseqüentemente, aumenta-se o erro experimental (LAMBRECHT et al., 2022). Neste sentido, o aumento do tamanho de amostra ocasiona a redução do erro amostral e aumento da confiabilidade e precisão dos resultados (CARGNELUTTI FILHO et al., 2018).

Tabela 6. Tamanho de amostra (m²) e diferenças mínimas entre médias (D= 5, 10, 15 e 20%), para cada ambiente de cultivo (ambiente 1 – Frederico Westphalen; ambiente 2 – Santa Maria; Ambiente 3 – Viçosa) e variedade para a variável para a variável produtividade de grãos da cultura do linho oleaginoso no ano agrícola de 2020 e 2021.

Variedade	D%	2020			2021		
		Ambiente					
		1	2	3	1	2	3
Dourada	5	2,4	6,4	6,7	2,4	7,6	9,2
	10	2,4	5,2	5,4	2,4	6,3	7,9
	15	2,4	3,5	4,0	2,4	4,9	6,7
	20	2,4	2,4	2,6	2,4	3,2	5,4
Marrom	5	4,2	6,9	6,0	-	6,9	7,9
	10	2,4	5,7	4,6	-	5,6	6,5
	15	2,4	4,1	2,9	-	4,0	5,1
	20	2,4	2,7	2,4	-	2,7	3,4

2.3.4 Número de repetições em função do tamanho de parcela estimado pelo método de Paranaíba

O número de repetições para cada ambiente foi estimado a partir do maior tamanho de parcela e seus respectivos coeficientes de variação. Para o ambiente 1, 2 e 3 o número de repetições oscilou de uma, duas e três repetições, a partir da combinação de 2 tratamentos com $d = 35\%$ respectivamente, a 34, 88 e 125 repetições, respectivamente (2 tratamentos com $d = 5\%$). Todos os cenários são formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 2, 4, 6, \dots, 20$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos ($d = 5\%, 10\%, 15\%, \dots, 30\%$), a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey (Tabela 7).

A partir do tamanho de parcela (X_0) o pesquisador pode estabelecer a relação entre i (tratamentos), d (diferenças entre médias de tratamentos) e número de repetições. Por exemplo, ao considerar parcelas de 5,12; 8,26 e 9,86 m² em um experimento com dois tratamentos ($i = 2$) são necessárias quatro, quatro e cinco repetições, respectivamente, para que a diferença mínima de 15, 25 e 25% seja considerada significativa pelo teste de Tukey para os ambientes 1, 2 e 3, respectivamente. Desta forma, como recomendação única do número de repetições para qualquer ambiente de cultivo, para experimentos com a cultura do linho oleaginoso, e com diferença mínima significativa do teste de Tukey expressa em percentagem da média de 25%, deve-se adotar parcelas de 9,86 m², com cinco repetições (Tabela 7).

Inúmeros estudos com culturas agrícolas já foram publicados e apresentaram resultados similares quanto ao número de repetições, como por exemplo Martin et al., (2005), trabalhando com a cultura da soja identificaram que são necessárias sete repetições com $d = 20\%$. Torres et al., (2015) trabalhando com feijão-caupi, identificaram que quatro repetições são suficientes para identificar genótipos superiores e, Cargnelutti Filho et al., (2015) trabalhando com canola observaram que são necessárias 4 repetições.

Vale ressaltar que diante dos resultados aqui apresentados, o pesquisador tem a possibilidade de identificar qual é o tamanho de parcela, de amostra e de número de repetições adequados para utilizar em seu experimento. Para isto, deve ser considerado seu objetivo, o ambiente de instalação do experimento, o número de tratamentos a serem analisados e as diferenças mínimas significativas entre os tratamentos que se pretende identificar.

Tabela 7. Número de repetições para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=2, 3, 4, \dots, 20$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d= 5, 10, 15, \dots, 50\%$), para a variável produtividade de grãos da cultura do linho oleaginoso, com base no maior tamanho de parcela (X_0) e coeficiente de variação no tamanho de parcela (CV_{X_0}) nos anos 2020 e 2021 de cada ambiente de cultivo.

Ambiente	X_0 ($CV_{X_0}\%$)	i	Semi-amplitude do intervalo de confiança da média (d%)					
			5	10	15	20	25	30
1	5,12 (4,77)	2	34	8	4	2	1	1
		4	22	5	2	1	1	1
		6	22	5	2	1	1	1
		8	23	6	3	1	1	1
		10	23	6	3	1	1	1
		12	25	6	3	2	1	1
		14	25	6	3	2	1	1
		16	25	6	3	2	1	1
		18	26	7	3	2	1	1
		20	27	7	3	2	1	1
2	8,26 (7,69)	2	88	22	10	5	4	2
		4	57	14	6	4	2	2
		6	57	14	6	4	2	2
		8	59	15	7	4	2	2
		10	61	15	7	4	2	2
		12	64	16	7	4	3	2
		14	65	16	7	4	3	2
		16	66	16	7	4	3	2
		18	68	17	8	4	3	2
		20	71	18	8	4	3	2
3	9,86 (9,18)	2	125	31	14	8	5	3
		4	81	20	9	5	3	2
		6	81	20	9	5	3	2
		8	84	21	9	5	3	2
		10	87	22	10	5	3	2
		12	91	23	10	6	4	3
		14	93	23	10	6	4	3
		16	94	23	10	6	4	3
		18	98	24	11	6	4	3
		20	101	25	11	6	4	3

2.4 CONCLUSÕES

As estimativas dos tamanhos de parcela pelo método de Pimentel Gomes foram de doze plantas por parcela para avaliar o comprimento técnico, número de cápsulas por planta e número de sementes por cápsula, 18 plantas para avaliar a altura total e comprimento produtivo, 24 plantas para avaliar o diâmetro do ramo principal e 30 plantas para avaliar massa de grãos por planta, as plantas devem ser dispostas em seis fileiras de cultivo para compor a área útil da parcela.

Para avaliar a produtividade de grãos de linho oleaginoso são necessárias parcelas de 5,26; 8,26 e 9,86 m², para os ambientes Frederico Westphalen, Santa Maria e Viçosa respectivamente, pelo método de Paranaíba.

Para amostragem da produtividade de grãos dentro da parcela, o tamanho da amostra deve ser de 2,4; 3,2 e 5,4 m², no ambiente Frederico Westphalen, Santa Maria e Viçosa respectivamente, considerando uma semi-amplitude do intervalo de confiança de 80%, com diferenças mínimas (D%) igual a 20% da média.

O número de repetições para avaliar a produtividade de grãos foi de quatro, quatro e cinco repetições, considerando parcelas de 5,26; 8,26 e 9,86 m², para que a diferença mínima de 15, 25 e 25 % seja considerada significativa pelo teste de Tukey para os ambientes Frederico Westphalen, Santa Maria e Viçosa, respectivamente.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves, S.M. de F., Seraphin, J.C., Zimmermann, F.J.P., Silva, Á.E. da, 2000. Tamanho de parcela para ensaios de milho verde. *Revista de Agricultura* 75, 235–246.
- Amaral, F.C.S. do, Santos, H.G. dos, Áglio, M.L.D., Duarte, M.N., Pereira, N.R., Oliveira, R.P., Carvalho Júnior, W. de, 2004. Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais, 1st ed, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Cargnelutti Filho, A., Alves, B.M., Burin, C., Kleinpaul, J.A., Silveira, D.L., Simões, F.M., 2015. Tamanho de parcela e número de repetições em canola. *Campinas* 74, 176–183. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150124>
- Cargnelutti Filho, A., Toebe, M., Burin, C., Casarotto, G., Fick, A.L., 2011. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. *Ciência Rural* 41,

- 1890–1898. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782011001100007>
- Chaves, G.G., Filho, A.C., Carini, F., Kleinpaul, J.A., Neu, I.M.M., Provedi, A., 2018. Tamanho de parcela e número de repetições para avaliação de caracteres vegetativos em centeio. *Revista Brasileira Ciências Agrárias* 13, 1–11. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5563>
- Cochran, W.G., 1977. *Sampling techniques*, 3rd ed, Sampling techniques. The estimation of sample size, Nova York.
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*, 11th ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul.
- Estefanel, V., Pignataro, Ione A.B., Storck, L., Garcia, D.C., Vieira, J.C., Dilelio, P., 1993. Determinação do tamanho ideal da parcela para estimar o rendimento de grãos da cultura do feijoeiro. *Ciência Rural* 23, 97–98. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781993000100018>
- Franchini, J.C., Balbinot Jr., A.A., Nitsche, P.R., Debiasi, H., Lopes, I. de O.N., 2016. Variabilidade espacial e temporal da produção de soja no Paraná e definição de ambientes de produção, 1ª. ed, Embrapa. Embrapa Soja, Londrina - PR.
- Henriques Neto, D., Sedyama, T., Souza, M.A. De, Cecon, P.R., Yamanaka, C.H., Sedyama, M.A.N., Viana, A.E.S., 2004. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39, 517–524. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2004000600001>
- Klimek-Kopyra, A., Mańkowski, J., Zając, T., 2022. Boron Application and Seeding Rate as Factors in Integrated Production of Oilseed Flax. *Journal of Natural Fibers* 19, 8485–8496. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1964136>
- Krysczun, D.K., Lúcio, A.D.C., Sari, B.G., Diel, M.I., Olivoto, T., Santana, C.S., Ubessi, C., Schabarum, D.E., 2018. Sample size, plot size and number of replications for trials with *Solanum melongena* L. *Scientia Horticulture* 233, 220–224. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.044>
- Lambrecht, D.M., Diel, M.I., Lúcio, A.D., Tartaglia, F. de L., Tischler, A.L., Krysczun, D.K., 2022. Onion culture: experimental techniques for carrying out high precision experiments. *Bragantia* 81, 1–11. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210258>
- Lourenço, R.C. de O.D., Lemos, A.C.G., 2018. Desenvolvimento e análise sensorial de biscoitos enriquecidos com sementes de linhaça e pigmentos naturais. *Revista Saúde Unioledo* 2, 11–25.

- Lúcio, A.D., Benz, V., 2017. Accuracy in the estimates of zucchini production related to the plot size and number of harvests. *Ciência Rural* 47. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160078>
- Lúcio, Alessandro Dal'Col, Lambrecht, D.M., Sari, B.G., Krysczun, D.K., Ubessi, C., 2020. Experimental planning for conducting experiments with cucumber. *Horticultura Brasileira* 38, 112–116. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200201>
- Lúcio, A.D., Lambrecht, D.M., Sari, B.G., Krysczun, D.K., Ubessi, C., 2020. Experimental planning for conducting experiments with cucumber. *Horticultura Brasileira* 38. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620200201>
- Martin, T.N., Dutra, L.M.C., Jauer, A., Storck, L., Zobot, L., Uhry, D., Santi, A.L., Stefanelo, C., Lucca Filho, O.A., 2005. Tamanho ótimo de parcela e número de repetições em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Ciência Rural* 35, 271–276. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782005000200004>
- Martins, M.L.S., Lima, A.B.R. de, Champoski, A.F., Pereira, P.C., Martins, F., Tanizawa, C., Précoma, L., Campelo, P., Guarita-Souza, L.C., Précoma, D.B., 2018. Decrease in the Inflammatory Marker TNF- α after Consumption of Flaxseed by Hypercholesterolemic Rabbits. *International Journal of Cardiovascular Sciences* 31, 114–122. <https://doi.org/10.5935/2359-4802.20180002>
- Paranaíba, P.F., Ferreira, D.F., Morais, A.R., 2009. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: Proposição de métodos de estimação. *Revista Brasileira de Biometria* 27, 255–268.
- Pimentel-Gomes, F., 1984. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 19, 1507–1512.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Rossetti, A.G., 2001. precisão experimental e tamanho da área de experimentos de campo com fruteiras e outras plantas perenes arbóreas em função da unidade experimental e do número de repetições. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23, 704–708.
- Rossetti, A.G., Barros, L.D.M., De Almeida, J.I.L., 1996. Tamanho ótimo de parcelas para experimentos de campo com cajueiro-anão precoce. *Pesqui. Agropecu. Bras.*
- Santos, D., Haesbaert, F.M., Lúcio, A.D., Lindolfo, S., Cargnelutti Filho, A., 2012. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. *Revista Ciência Agronômica* 43, 119–128. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100015>
- Sousa, R.P., Silva, P.S.L., de Assis, J.P., Silva, P.I.B., Silva, J.C. do V., 2015. Optimum

- plot size for experiments with the sunflower. *Revista Ciência Agronômica* 46, 170–175. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902015000100020>
- Storck, L., Bisognin, D.A., Oliveira, S.J.R. de, 2006. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41, 903–909. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000600002>
- Streck, E.V., Kämpf, N., Dalmolin, R.S.D., Klamt, E., Nascimento, C.P., Giasson, E., Pinto, L.F.S., Flores, C.A., Schneider, P., 2018. Solos do Rio Grande do Sul, 3rd ed. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar.
- Tartaglia, F. de L., Lúcio, A. D, Diel, M.I., Tischler, A.L., Krysczun, D.K., Zemolin, J.A., Marques, L.E., 2021. Experimental plan for tests with pea. *Agronomy Journal* 1–13. <https://doi.org/10.1002/agj2.20575>
- Torres, F.E., Sagrilo, E., Teodoro, P.E., Ribeiro, L.P., Cargnelutti Filho, A., 2015. Número de repetições para avaliação de caracteres em genótipos de feijão-caupi. *Bragantia* 74, 161–168. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0393>
- Zanon, M.L.B., Storck, L., 1997. Tamanho de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Rural* 27, 589–593. <https://doi.org/10.1590/s0103-84781997000400011>

3 DISCUSSÃO GERAL

Os objetivos propostos para este trabalho foram alcançados. A partir do método de Pimentel-Gomes (1984) foi possível estimar o tamanho de parcela por meio das plantas amostradas nas parcelas para as variáveis altura total, comprimento técnico, número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsula, comprimento produtivo, diâmetro do ramo principal e massa de grãos por planta. Com o método de Paranaíba (2009), utilizando os dados provenientes da área útil das parcelas, foi possível estimar o tamanho de parcela para a variável produtividade de grãos e posteriormente a estimativa do tamanho de amostra na parcela e o número de repetições adequados para experimentos com a cultura do linho oleaginoso.

Neste trabalho foi possível mostrar, qual é o melhor tamanho de parcelas a ser utilizado para experimentos futuros, para cada variável em estudo com a cultura do linho oleaginoso, com base em banco de dados provenientes de outros experimentos. Sendo está uma das propostas chave e inovadora deste trabalho, pois estamos propondo e incentivando que os pesquisadores utilizem seus bancos de dados provenientes de experimentos agrícolas com tratamentos de diversos anos e condições. A fim de entender a variabilidade experimental e realizar um plano experimental para suas culturas agrícolas, com base em dados concisos e valiosos, não sendo necessário a demanda de mão de obra, tempo, área experimental e recursos financeiros para condução de ensaios de uniformidade a campo para realizar suas estimativas de planos experimentais, além de obter estimativas precisas para suas condições específicas de ambiente de cultivo.

4 CONCLUSÃO GERAL

Diante dos resultados apresentados neste trabalho, o pesquisador tem a possibilidade de identificar qual é o tamanho de parcela, de amostra e de número de repetições adequados para utilizar em seu experimento. Para isto, deve ser considerado seu objetivo, o ambiente de instalação do experimento, o número de tratamentos a serem analisados e as diferenças mínimas significativas entre os tratamentos que se pretende identificar.

A partir do método de Pimentel Gomes como recomendação geral, é recomendado o uso de 30 plantas dispostas em seis fileiras de cultivo para compor a área útil da parcela para avaliar as variáveis comprimento técnico, número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsula, altura total, comprimento produtivo, diâmetro do ramo principal e massa de grãos por planta.

Como recomendação única de tamanho de parcela, amostra e do número de repetições para a variável produtividade de grãos para qualquer ambiente de cultivo, são recomendadas parcelas de 9,86 m², amostra na parcela de 5,4 m² considerando uma semi-amplitude do intervalo de confiança e cinco repetições para uma diferença mínima significativa do teste de Tukey expressa em percentagem da média de 30% para todos os ambientes.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 17 jul. 2023a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas.php>. Acesso em: 17 jul. 2023b.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Sample size and linear relations in slender leaf rattlebox. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 9, n. 2, 2022.
- COSTA, N. M. B.; ROSA, C. DE O. B. Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. 2. ed. São Paulo: Rubio, 2016.
- CUPERSMID, L. et al. Linhaça: Composição química e efeitos biológicos. *e-Scientia*, v. 5, n. 2, p. 33–40, 2012.
- DMITREVSKAYA, I. I. et al. Influence of new phyto regulators on oilseed flax growth, development, yielding capacity, and product quality. *Brazilian journal of biology*, v. 82, p. e264870, 2022.
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 16 dez. 2022.
- GILL, K. S. Linseed. New Delhi, India: Indian Council of Agricultural Research, 1987.
- KIRYLUK, A.; KOSTECKA, J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation. *Journal of Ecological Engineering*, v. 21, n. 7, p. 99–107, 2020.
- LAMBRECHT, D. M. et al. Onion culture: experimental techniques for carrying out high precision experiments. *Bragantia*, v. 81, p. 1–11, 2022.
- LOURENÇO, R. C. DE O. D.; LEMOS, A. C. G. Desenvolvimento e análise sensorial de biscoitos enriquecidos com sementes de linhaça e pigmentos naturais. *Revista Saúde Unitoledo*, v. 2, n. 1, p. 11–25, 2018.
- LÚCIO, A. D. et al. Históricos, usos e importância econômica da linhaça. In: COELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. (Eds.). *Linhaça: Perspectiva de Produção e Usos na Alimentação Humana e Animal*. 1. ed. Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. p. 1–9.

MARTINS, M. L. S. et al. Decrease in the Inflammatory Marker TNF- α after Consumption of Flaxseed by Hypercholesterolemic Rabbits. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, v. 31, n. 2, p. 114–122, 2018.

PARIKH, M.; NETTICADAN, T.; PIERCE, G. N. Flaxseed: its bioactive components and their cardiovascular benefits. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, v. 314, n. 2, p. 146–159, 2018.

PEREIRA, T. P. et al. Análise de colesterol e triglicérides séricos em cães adultos suplementados com óleo de linhaça. *Nutritime*, v. 19, n. 1, p. 9046–9061, 2022.

SINGH, K. K. et al. Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 51, n. 3, p. 210–222, 2011.