

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

Valéria Escaio Bubans

**TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES
PARA AVALIAR A MASSA DE MATÉRIA FRESCA EM TRIGO
FORRAGEIRO**

Santa Maria, RS
2021

Valéria Escaio Bubans

**TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA
AVALIAR A MASSA DE MATÉRIA FRESCA EM TRIGO FORRAGEIRO**

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. Alberto Cargnelutti Filho

Santa Maria, RS
2021

Bubans , Valéria Escaio
Tamanho ótimo de parcela e número de repetições para
avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro /
Valéria Escaio Bubans .- 2021.
43 p.; 30 cm

Orientador: Alberto Cargnelutti Filho
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação
em Agronomia, RS, 2021

1. *Triticum aestivum* L. 2. Cultura de cobertura de
solo 3. Ensaio de uniformidade I. Cargnelutti Filho,
Alberto II. Título.

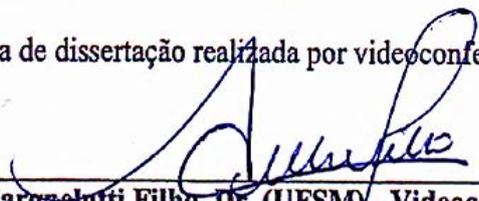
Valéria Escaio Bubans

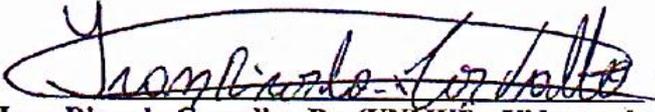
**TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA
AVALIAR A MASSA DE MATÉRIA FRESCA EM TRIGO FORRAGEIRO**

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 22 de julho de 2021:

(Defesa de dissertação realizada por videoconferência)


Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientador)


Ivan Ricardo Carvalho, Dr. (UNIJUI) - Videoconferência


Giovani Facco, Dr. (Biotrigo Genética) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2021

DEDICATÓRIA

À minha família, **Cirio Bubans, Lurdes M. E. Bubans e Vanessa E. Bubans**

Dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, pela saúde, pela força para superar os desafios, por ouvir e atender as minhas orações e por sempre colocar pessoas maravilhosas em meu caminho.

Aos meus pais, Cirio e Lurdes, que sempre me apoiaram em todas as etapas da minha vida, pelo exemplo de dignidade, força de vontade e carinho; pelas palavras de apoio e pelos abraços. Muito obrigada por tudo!

A minha irmã, Vanessa, pelo carinho e amizade.

As amigas (os) Camila, Luana, Joana, Daniela, Ismael e Felipe que nunca mediram esforços e sempre estiveram comigo nessa caminhada, muito obrigada pelas horas de conversas, boas risadas ou simplesmente, pelas palavras de incentivo que foram de extrema importância nesse processo de construção pessoal e profissional.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade e estrutura para realização do curso de mestrado.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

Ao meu orientador, Alberto Cargnelutti Filho, pela orientação, ensinamentos e pela preocupação com minha evolução e formação profissional.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos para meu aperfeiçoamento.

A empresa Biotrigo Genética pela doação das sementes para realização dos experimentos.

Aos amigos e colegas do setor de experimentação agrícola, que me auxiliaram na condução e avaliação dos experimentos a campo.

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

Muito obrigada!

RESUMO

TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAR A MASSA DE MATÉRIA FRESCA EM TRIGO FORRAGEIRO

AUTORA: Valéria Escaio Bubans
ORIENTADOR: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro, e investigar a variabilidade de X_o entre anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares. Foram conduzidos 36 ensaios de uniformidade (dois anos agrícolas \times três épocas de semeadura \times duas cultivares \times três repetições). O X_o foi determinado por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba, Ferreira e Moraes (2009a). O número de repetições foi determinado para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos detectadas como significativas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, expressas em percentagem da média do experimento ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), conforme metodologia descrita em Cargnelutti Filho et al. (2014). O tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro é $4,05 \text{ m}^2$. Sete repetições são suficientes para avaliar a massa de matéria fresca em delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso com até 50 tratamentos, possibilitando obter diferença mínima significativa menor ou igual a 20% da média do experimento.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L. Cultura de cobertura de solo. Ensaio de uniformidade.

ABSTRACT

OPTIMUM PLOT SIZE AND NUMBER OF REPETITIONS TO EVALUATE THE FRESH MATTER IN FORAGE WHEAT

AUTHOR: Valéria Escaio Bubans
ADVISOR: Alberto Cargnelutti Filho

The objectives of this study was to determine the optimum plot size (X_o) and the number of repetitions to evaluate the mass of fresh matter of forage wheat and to investigate the variability of X_o among agricultural years, sowing dates and cultivars. Thirty-six uniformity trials were conducted (two agricultural years \times three sowing dates \times two cultivars \times three repetitions). The X_o was determined by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model, proposed by Paranaíba, Ferreira and Morais (2009a). The number of repetitions was determined for experiments in the completely randomized designs and randomized blocks in scenarios formed by the combinations of i treatments ($i=3, 4, \dots, 50$) and d least differences among treatment means to be detected as significant by the Tukey test, at 5% of significance, expressed as a percentage of the overall mean experimental ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), according to the methodology described in Cargnelutti Filho et al. (2014). The optimum plot size to evaluate the mass of fresh matter of forage wheat is 4.05 m². Seven repetitions are enough to identify the mass of fresh matter in completely randomized designs and randomized block designs up to 50 treatments, making it possible to obtain least significant difference less than or equal to 20% of the average of the experiment.

Keywords: *Triticum aestivum* L. Soil cover crop. Uniformity trial.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Representação de um ensaio de uniformidade de dimensão 6 m × 6 m e a subdivisão em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m² (1 m × 1 m).....25
- Figura 2 - Precipitação pluviométrica diária (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) do ar diárias durante os meses de maio a outubro nos anos de 2018 e 2019, em experimentos conduzidos com duas cultivares de trigo em Santa Maria, RS. * Número de dias da emergência até a colheita. As informações referentes ao ciclo, a precipitação e temperaturas do ar contidas abaixo do gráfico se referem aos valores registrados durante os meses do ano de 2018 (a esquerda da barra - |) e 2019 (a direita da barra), registradas durante as épocas de semeadura (E1=primeira época, E2=segunda época e E3=terceira época) em cada cultivar (TBIO Energia I e TBIO Energia II).....28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação (CV, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2), coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CVX_o , em %) para a massa fresca de trigo forrageiro, em $g\ m^{-2}$, entre os anos agrícolas de 2018 e 2019.....28
- Tabela 2 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação (CV, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2), coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CVX_o , em %) para a massa fresca de trigo forrageiro, em gramas, em épocas de semeadura e anos agrícolas.....29
- Tabela 3 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação (CV, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2), coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CVX_o , em %) para a massa fresca de trigo forrageiro, em $g\ m^{-2}$, em ensaios de uniformidade com duas cultivares (TBIO Energia I e TBIO Energia II) semeadas em três épocas nos anos agrícolas de 2018 e 2019.....31
- Tabela 4 - Número de repetições para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado (DIC) e blocos ao acaso (DBA) em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro, a partir do tamanho ótimo de parcela ($X_o=4,05m^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CVX_o=9,06\%$).....33

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	12
1.1	INTRODUÇÃO.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
1.3	HIPÓTESES.....	13
1.4	OBJETIVOS	14
1.4.1	Objetivo geral	14
1.4.2	Objetivos específicos.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	CULTURA DO TRIGO	15
2.2.1	Trigo Forrageiro.....	16
2.2.2	Plantas de cobertura.....	17
2.1.3	Épocas de semeadura	18
2.2	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	18
2.2.1	Tamanho de parcela	19
2.2.2	Número de repetições	20
3	CAPÍTULO I - TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAR A MASSA DE MATÉRIA FRESCA EM TRIGO FORRAGEIRO	22
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.4	CONCLUSÃO	35
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O trigo forrageiro (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura anual, alternativa de utilização como cultura de cobertura de solo no período de inverno, em sistemas produtivos da região Sul do Brasil. Apresenta rápido estabelecimento inicial, alta capacidade de perfilhamento, ciclo relativamente longo e alta produção de massa de matéria fresca e pode ser semeada logo após a colheita das culturas de verão (FONTANELI et al., 2016; MANFRON; FONTANELI, 2019).

Dentro dos sistemas de produção a utilização de plantas de cobertura visa a proteção do solo, pela formação de palhada, contribuindo para manutenção e melhoria das qualidades físicas, químicas e biológicas (WOLSCHICK et al., 2016). Podem ocorrer variações na produção de massa de matéria fresca dentro de uma mesma espécie em função da variabilidade de solo, clima, épocas de semeadura e cultivares (DONEDA et al., 2012; ZILIO; PELOSO; MANTOVANI, 2017). Há cultivares de trigo forrageiro registradas para as finalidades de produção de silagem, pré-secado, duplo propósito (forragem e grão) e planta de cobertura de solo. As cultivares deste estudo, TBIO Energia I e TBIO Energia II, são destinadas para utilização como planta de cobertura, produção de silagem e pré-secado e não são recomendadas para utilização em pastejo. Apresentam características morfológicas como a ausência de aristas, tolerância ao acamamento e elevada produção de matéria fresca (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019).

No planejamento de experimentos, a determinação do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições é importante para o dimensionamento adequado de experimentos. De acordo com Storck et al. (2016), as parcelas devem ter dimensão que permita a estimação precisa dos caracteres em avaliação. O tamanho ótimo de parcela pode ser determinado a partir de dados obtidos em ensaios de uniformidade, também denominados de experimentos em branco, ou seja, ensaios sem nenhum tratamento (STORCK et al., 2016).

A determinação do tamanho ótimo de parcela pode ser realizada pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba, Ferreira e Morais (2009a). Este método foi utilizado por Lavezo et al. (2017), Chaves et al. (2018b) e Toebe et al. (2020a, b) em estudo na determinação do tamanho ótimo de parcela para estimar a massa de matéria fresca nas culturas de aveia branca, centeio, triticale e azevém, respectivamente. Em trabalhos com a cultura do trigo, os tamanhos de parcela de 6,48 m² (LORENTZ et al., 2007),

0,68 m² (PARANAÍBA, MORAIS e FERREIRA, 2009b) e de 1,6 m² e 2,4 m² (HENRIQUES NETO et al., 2009) foram indicados para avaliação de massa e/ou da produtividade de grãos.

A definição do número de repetições é fundamental para a minimização do erro experimental, isto é, a diminuição da variância entre as unidades experimentais do mesmo tratamento. Em experimentos com a cultura de trigo forrageiro, têm sido utilizados três (CARVALHO et al., 2015; MANFRON; FONTANELI, 2019) quatro (BECKER; GAI, 2019) e cinco repetições (CARLETTO et al., 2020).

Estudos de tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro não foram encontrados na literatura. Supõe-se que o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições variam com o ano agrícola, época de semeadura e cultivar. Assim, é primordial obter informações dessas características nesses cenários para que possam ser utilizadas como referência em futuros planejamentos de experimentos com a cultura. Portanto, os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro e investigar a variabilidade de X_o entre anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares.

1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização do trigo forrageiro como cultura de cobertura de solo no período de inverno, tem se mostrado uma interessante alternativa para os sistemas produtivos da região Sul do Brasil. Estudos que auxiliem na determinação do tamanho ótimo de parcela (X_o) e no número de repetições, na avaliação de massa de matéria fresca são importantes para o adequado dimensionamento de experimentos, visando minimizar fatores capazes de influenciar a precisão experimental.

Na prática pesquisadores têm adotado distintos tamanhos de parcela e número de repetições em seus experimentos, visto que a implantação e manutenção de experimentos envolvem custos inerentes (insumos, mão de obra), busca-se otimizar os recursos disponíveis. Ressaltando a importância da determinação do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições que servirá como referência, permitindo uma padronização no dimensionamento experimental a ser utilizado, em estudos que envolvam a cultura.

1.3 HIPÓTESES

É possível, a partir de ensaios de uniformidade com cultivares de trigo forrageiro conduzidos em anos agrícolas e épocas de semeadura, determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições que possam ser utilizados como referência para a avaliação de massa de matéria fresca em futuros experimentos com a cultura.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro.

1.4.2 Objetivos específicos

Investigar a variabilidade do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições entre anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares de trigo forrageiro.

Determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro a ser utilizado como referência para futuros experimentos com a cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) pertence à família Poaceae, é uma planta anual, hermafrodita e autógama, constitui-se um importante cereal na cadeia agropecuária mundial, considerado um dos cereais mais produzidos no mundo junto com o milho e o arroz, sendo produzidos mais de 764 milhões de toneladas no ano agrícola 2019/2020 (CONAB, 2021). A China, União Europeia, Índia e Rússia destacam-se como maiores produtores de trigo (FAOSTAT, 2021). No ano de 2018, o Brasil produziu 5.427,6 mil toneladas de grãos de trigo, já no ano de 2019 a produção foi de 5.154,7 mil toneladas, com uma redução de produção de 272,9 mil toneladas em relação ao ano anterior. A produção brasileira de trigo no último ano (2020) foi de 6.183,0 mil toneladas representando aumento de 1.028,3 mil toneladas em relação ao ano anterior (CONAB, 2021).

É um dos cereais mais importantes, por estar relacionado com o fornecimento de matéria-prima base, para elaboração de produtos alimentícios para humanos e animais, além do papel social e econômico que este cereal desempenha, como cultura alternativa utilizada em sistemas de rotação de culturas. No Brasil, os primeiros registros de seu cultivo datam de 1534, com expressiva expansão comercial no Rio Grande do Sul a partir de 1940 (CONAB, 2017).

As cultivares de trigo apresentam características genéticas voltadas principalmente a produção de grãos para a alimentação humana. No entanto, quando utilizada na alimentação animal pode ser alternativa em substituição ao milho na elaboração de rações e farelos para alimentação animal, devido ao seu baixo custo e elevado valor nutricional (MARQUES et al., 2007; CARVALHO et al., 2015). Esta utilização justifica-se pela constituição do grão, apresentando 87,77% de matéria seca, 54,93% é amido, 11,49% proteína bruta, 2,37% fibra bruta, 1,68% gordura e 1,59% material mineral e 3.819 Kcal Kg⁻¹ de energia (ROSTAGNO et al., 2011). Desta forma, programas de melhoramento genético são de vital importância para o aumento da produtividade da cultura.

Com o avanço de programas de melhoramento genético desenvolveu-se cultivares de trigo duplo propósito que são capazes de fornecer forragem no período vegetativo e, posteriormente, proporcionar a colheita de grãos (BECKER; GAI, 2019; REBESQUINI et al., 2020). Recentemente foram lançadas cultivares de trigo forrageiro registradas para as finalidades de produção de silagem, pré-secado e planta de cobertura de solo. Cultivares de trigo com esse perfil tem ciclo vegetativo mais longo e podem ser semeadas antecipadamente,

garantindo assim a cobertura do solo durante todo o inverno, contribuindo para a conservação do solo devido a formação de palhada e para a redução da erosão e da perda de nutrientes (MEINERZ et al., 2012; WOLSCHICK et al., 2016).

2.2.1 Trigo forrageiro

O avanço das pesquisas em melhoramento genético e manejo da cultura possibilitou o desenvolvimento de genótipos de trigo forrageiro com maior incremento de massa de matéria fresca, visando maior produção de forragem; este pode ser utilizado na produção de silagem, pré-secado e planta de cobertura de solo (BECKER; GAI, 2019).

Cultivares de trigo forrageiro vem sendo utilizadas em diversos países do mundo, entre eles, nos Estados Unidos, na Austrália, no Uruguai e na Argentina, como alternativa econômica para os sistemas de produção agrícola (FONTANELI et al., 2012). No Brasil, principalmente na região Sul, a utilização de cereais de inverno como trigo forrageiro, aveia, cevada, triticale, centeio e azevém, são alternativas para cobertura de solo neste período. A antecipação da semeadura e a utilização de genótipos de ciclo mais longo, promovem maior aporte cobertura vegetal subsequente as culturas de verão, diminuindo o tempo de exposição do solo as intempéries climáticas (WOLSCHICK et al., 2016).

Características desejáveis em cultivares de trigo forrageiro são: rápido estabelecimento inicial e alto potencial de perfilhamento, características estas que favorecem a produção massa de matéria fresca (CARLETTO et al., 2015). Para obtenção de resultados satisfatórios de produção de massa de matéria fresca, devem ser considerados fatores como a escolha da cultivar que se adapte a finalidade de produção (grão, forragem ou cobertura de solo), a fertilidade do solo, época de semeadura e volume pluviométrico adequado, a fim de proporcionar condições adequadas para expressão do máximo potencial de cada genótipo (MEINERZ, 2012; ZILIO; PELOSO e MANTOVANI, 2017).

Os produtores possuem à disposição, cultivares de trigo forrageiro registradas para as finalidades de produção de silagem, pré-secado, duplo propósito (forragem e grão) e planta de cobertura de solo. As cultivares deste estudo, TBIO Energia I e TBIO Energia II, são destinadas para utilização como planta de cobertura, produção de silagem e pré-secado e não são recomendadas para utilização em pastejo. Apresentam características morfológicas como a ausência de aristas, tolerância ao acamamento e elevada produção de matéria fresca (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019).

2.2.2 Plantas de cobertura

A opção de implantação de culturas no período da entressafra como plantas de cobertura segundo Moraes et al. (2016) tem se mostrado como uma alternativa que visa melhorar a estrutura do solo, seja com a utilização de cultivos de plantas isoladas ou consorciadas. Preferencialmente são adotadas plantas que apresentam sistema radicular agressivo, o que possibilita a absorção de nutrientes nas camadas mais profundas do solo, tornando-os disponíveis superficialmente após a decomposição deste material vegetal (SILVEIRA et al., 2020). Na região Sul do Brasil as plantas de cobertura de ciclo hibernal, ou de outono/inverno, são semeadas no outono e se desenvolvem, preferencialmente, sob temperaturas amenas, com ciclo que se estende até a primavera (ZIECH et al., 2015).

A utilização de plantas de cobertura entre os ciclos produtivos apresenta algumas vantagens, destacando o efeito supressor sobre plantas daninhas, pela camada de palhada formada sobre a superfície do solo, prejudicando seu desenvolvimento inicial (BORGES et al., 2014). Além disso, proporciona a manutenção ou até mesmo melhoria dos atributos físicos e químicos do solo, proveniente do grande aporte de material vegetal oriundo da parte aérea e raízes das plantas (SOUZA et al., 2014; SILVEIRA et al., 2020). Em estudo realizado por Rossetti et al. (2012), conduzido durante sete anos com culturas de cobertura de solo observaram melhorias nos atributos físicos da camada superficial do solo e aumento nos teores de matéria orgânica, com a utilização de plantas de cobertura em comparação ao pousio.

A escolha de espécies vegetais para tais finalidades depende, dentre outras características, do potencial de produção de massa de matéria fresca e da capacidade de absorver e acumular nutrientes (SOUZA; GUIMARÃES, 2013; WOLSCHICK et al., 2016). Essas características têm grande importância no sistema solo-planta por estarem relacionadas à ciclagem de nutrientes, o que aumenta a disponibilidade para as plantas e melhora a eficiência de uso dos fertilizantes (ALBUQUERQUE, 2013). A cultura do trigo forrageiro apresenta-se como uma excelente opção para finalidade de cobertura de solo para utilização no sistema de produção agrícola, aportando grande volume de massa de matéria fresca ao solo (25 a 30 ton ha⁻¹), resultado de características da base genética destas cultivares de trigo forrageiro (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019).

Pesquisa realizada por Carletto et al. (2015) demonstra que a produção de palhada de trigo forrageiro manejado sem cortes foi de 13.096 kg ha⁻¹, já quando realizados manejos de um e dois cortes este aporte de biomassa à superfície reduziu para 7.860 kg ha⁻¹ e 5.236 kg ha⁻¹, respectivamente. A utilização de culturas que apresentam grande aporte de palhada aos

sistemas de produção é relevante, constituindo-se como fonte de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e conservação do solo dos processos erosivos.

2.1.3 Épocas de semeadura

A cultura do trigo é amplamente difundida pelo mundo, sendo cultivada em regiões subtropicais e tropicais. Porém, algumas condições são mais favoráveis ao seu desenvolvimento e proporcionam maiores rendimentos influenciado pelas condições climáticas e meteorológicas de cada região (CONAB, 2017). Tomando como base a recomendação de semeadura estabelecida pela PORTARIA N° 17, de 11 de janeiro de 2021 (MAPA, 2021) para cultura do trigo forrageiro, no estado do Rio grande do Sul safra 2020/2021 a semeadura deve ser antecipada de 20 a 40 dias em relação as cultivares precoces de trigo destinadas apenas para produção de grãos. Utilizando como exemplo o zoneamento agrícola para a cidade de Santa Maria – RS, a semeadura pode ser realizada de 11 de abril a 20 de maio quando os objetivos são dois cortes ou cobertura de solo e 1° a 31 de maio quando os objetivos são um corte ou cobertura de solo.

As cultivares de trigo forrageiro apresentam ciclo vegetativo mais longo quando comparadas ao trigo convencional, propiciando maior período de desenvolvimento das plantas, o que resulta em um maior aporte de massa de matéria fresca a superfície. Já quando a semeadura é realizada tardiamente, este período de desenvolvimento é reduzido, havendo por consequência menor produção de massa de matéria fresca para cobertura de solo (FONTANELI et al., 2019). Portanto, é importante a escolha da época de semeadura, de acordo com a finalidade pretendida pelo agricultor.

2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A experimentação agrícola abrange toda a parte de planejamento, execução, coleta e interpretação de dados provenientes de um experimento, sendo que este surge a partir de uma hipótese que pode ou não ser aceita (STORCK et al., 2016). A etapa do planejamento envolve desde a escolha adequada do delineamento, tratamentos, tamanho de parcela e número de repetições com o intuito de reduzir o erro experimental e orientar a instalação do experimento (RAMALHO et al., 2012; WILBOIS et al., 2014).

De modo geral, por meio do correto planejamento é desejado controlar ao máximo a variabilidade existente na área. A determinação do tamanho adequado de parcela e número de repetições é importante para minimizar o erro experimental e otimizar o uso de recursos materiais e financeiros, além de orientar os pesquisadores no planejamento experimental na realização de futuros trabalhos com a culturas (STORCK et al., 2016).

2.2.1 Tamanho de parcela

A utilização do tamanho ótimo de parcela e o planejamento correto do experimento a campo contribui na obtenção de resultados precisos sobre os tratamentos em avaliação (ZALD et al., 2014). Para isso, é importante utilizar um tamanho de parcela que possa minimizar fatores capazes de influenciar a precisão experimental. A precisão dos experimentos agrícolas pode ser afetada pela heterogeneidade do solo e do material experimental, competições intraparcelar e interparcelar (STORCK et al., 2016).

Em diversos estudos é relatado que quanto maior o tamanho da parcela, menor é o erro experimental e, conseqüentemente, menor é a variação entre parcelas, aumentando a precisão experimental (MAUYA et al., 2015). No entanto, a partir de determinado tamanho o ganho com precisão é pequeno (RAMALHO et al., 2012) tornando inviável a utilização de parcelas de tamanho grande, devido ao custo, disponibilidade de área e tempo despendido (ZOHREVANDI et al., 2016). Além do tamanho da parcela, o formato desta pode interferir no erro experimental, onde é recomendado o uso de parcelas mais estreitas e compridas (STORCK, 2011).

Para obter precisão experimental se faz necessário o adequado dimensionamento do tamanho ótimo de parcela e o número de repetições a serem utilizados em experimento com plantas de cobertura (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014). Na literatura há pesquisas em que foi determinado o tamanho ótimo de parcelas para cereais de inverno. Cargnelutti Filho et al. (2014), em estudo realizado com a cultura da aveia preta, determinaram como sendo ideal para avaliação de massa de matéria fresca o tamanho de parcela de 4,14 m². Na cultura do centeio Chaves et al. (2018b), determinaram os tamanhos de 3,43, 3,82 e 6,08 m² para avaliação das massas de matéria fresca, seca e da produtividade, respectivamente. Para aveia branca Lavezo et al. (2017) determinaram como ideais os tamanhos de parcela de 1,66 e 1,73 m² para as massas de matéria fresca e seca, respectivamente. Toebe et al (2020a) determinaram o tamanho de parcela de 3,12 m² para avaliar massa de matéria fresca de triticale. Estudos sobre o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro não foram encontrados na literatura. Em pesquisas com a cultura do trigo foram

determinados os tamanhos de parcela de 6,48 m² (LORENTZ et al., 2007), 0,68 m² (PARANAÍBA, MORAIS e FERREIRA, 2009b) e de 1,6 m² e 2,4 m² (HENRIQUES NETO et al., 2009) para avaliação de massa e/ou da produtividade de grãos.

Na prática pesquisadores tem utilizado tamanhos distintos em seus experimentos com a cultura. Carvalho et al. (2015); Zilio, Peloso e Mantovani (2017); e Carletto et al. (2020) utilizaram parcelas que variaram de 4,08, 4,25 e 15 m² respectivamente, evidenciando a importância do dimensionamento do tamanho ótimo de parcela para a cultura. É importante determinar o tamanho ótimo de parcela, de tal forma que o mesmo não seja muito pequeno (pouco representativo) e muito grande (uso demasiado de recursos de forma desnecessária).

O tamanho ótimo de parcela pode ser determinado a partir de dados obtidos em ensaios de uniformidade, denominados experimentos em branco, ou seja, sem tratamentos. Esses ensaios caracterizam o cultivo de uma determinada espécie no qual toda a área experimental é submetida a tratos culturais idênticos, não havendo influência de tratamentos (STORCK et al., 2016).

Entre os métodos utilizados para estimar o tamanho de parcela, destaca-se o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação proposto por Paranaíba; Ferreira e Moraes, (2009a). De acordo com os autores, é necessário obter as estimativas da média (m), da variância (s^2) e da autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), obtido ordenando os resíduos em linha e colunas, para a determinação do tamanho de parcela. Essa metodologia apresenta como vantagem o fato de não ser necessário planejar parcelas de diversos tamanhos, mediante o agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes. Isto porque toda a extensão da área experimental é dividida em parcelas de menor tamanho possível, nas quais o caractere desejado é mensurado separadamente, permitindo avaliar a variabilidade existente entre as parcelas (STORCK et al., 2016).

2.2.2 Número de repetições

Por definição o termo repetição refere-se à aplicação de um mesmo tratamento sobre duas ou mais unidades experimentais, estando relacionado com o aumento na precisão de experimentos (BANZATTO; KRONKA, 2013). De acordo com Cargnelutti Filho et al. (2014) a escolha correta do número de repetições é fundamental na realização de inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação. Isso devido ao fato de o erro padrão da média de um tratamento ser estimado pelo desvio padrão residual, calculado a partir do quadrado médio do

resíduo e do número de repetições (RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997). Assim, experimentos com médias de tratamentos mais precisas e erro experimental reduzido são obtidas com maior número de repetições.

Experimentos com poucos tratamentos necessitam de maior número de repetições, sendo aconselhável que o número de graus de liberdade para a estimativa do erro experimental não seja inferior a 10, utilizando preferencialmente 20 ou mais unidades experimentais (PIMENTEL GOMES, 2009). O uso de um número adequado de repetições além de possibilitar uma boa estimativa do erro experimental, melhora a precisão da estimativa das médias e do efeito de cada tratamento, pode melhorar a capacidade de um teste estatístico detectar diferenças menores entre as estimativas das médias dos tratamentos (STORCK et al., 2016).

Ao considerar o tamanho das unidades experimentais, parcelas menores combinadas com maior número de repetições são mais eficientes do que um número pequeno de repetições usando grandes parcelas (RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997). Em experimentos com a cultura de trigo forrageiro, têm sido utilizados três (CARVALHO et al., 2015; MANFRON; FONTANELI, 2019) quatro (BECKER; GAI, 2019) e cinco repetições (CARLETTO et al., 2020).

A escolha correta do número de repetições é fundamental para realização de inferências precisas sobre os tratamentos que estão sendo avaliados (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014). Além disso, o número de repetições tem relação com o tamanho da parcela, quanto maior o tamanho de parcela menor o número de repetições necessário a fim de chegar a uma determinada precisão da estimativa da variável de interesse (NAESSET et al., 2015; LAVEZO et al., 2017).

3 CAPÍTULO I - TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAR A MASSA DE MATÉRIA FRESCA EM TRIGO FORRAGEIRO

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro, e investigar a variabilidade de X_o entre anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares. Foram conduzidos 36 ensaios de uniformidade (dois anos agrícolas \times três épocas de semeadura \times duas cultivares \times três repetições). O X_o foi determinado por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba, Ferreira e Morais (2009a). O número de repetições foi determinado para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos detectadas como significativas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, expressas em percentagem da média do experimento ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), conforme metodologia descrita em Cargnelutti Filho et al. (2014). O tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro é $4,05 \text{ m}^2$. Sete repetições são suficientes para avaliar a massa de matéria fresca em delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso com até 50 tratamentos, possibilitando obter diferença mínima significativa menor ou igual a 20% da média do experimento.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L. Cultura de cobertura de solo. Ensaio de uniformidade.

OPTIMUM PLOT SIZE AND NUMBER OF REPETITIONS TO EVALUATE THE FRESH MATTER IN FORAGE WHEAT

ABSTRACT

The objectives of this study was to determine the optimum plot size (X_o) and the number of repetitions to evaluate the mass of fresh matter of forage wheat and to investigate the variability of X_o among agricultural years, sowing dates and cultivars. Thirty-six uniformity trials were conducted (two agricultural years \times three sowing dates \times two cultivars \times three repetitions). The X_o was determined by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model, proposed by Paranaíba, Ferreira and Morais (2009a). The number of repetitions was determined for experiments in the completely randomized designs and randomized blocks in scenarios formed by the combinations of i treatments ($i=3, 4, \dots, 50$) and d least differences among treatment means to be detected as significant by the Tukey test, at 5% of significance, expressed as a percentage of the overall mean experimental ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), according to the methodology described in Cargnelutti Filho et al. (2014). The optimum plot size to evaluate the mass of fresh matter of forage wheat is 4.05 m^2 . Seven repetitions are enough to identify the mass of fresh matter in completely randomized designs and randomized block designs up to 50 treatments, making it possible to obtain least significant difference less than or equal to 20% of the average of the experiment.

Keywords: *Triticum aestivum* L. Soil cover crop. Uniformity trial.

3.1 INTRODUÇÃO

A utilização do trigo forrageiro (*Triticum aestivum* L.) é uma alternativa como cultura de cobertura de solo no período de inverno em sistemas produtivos da região Sul do Brasil. A cultura apresenta rápido estabelecimento inicial, alta capacidade de perfilhamento, ciclo relativamente longo e alta produção de massa de matéria fresca e pode ser semeada logo após a colheita das culturas de verão (FONTANELI et al., 2016; MANFRON; FONTANELI, 2019).

Os produtores possuem à disposição, cultivares de trigo forrageiro registradas para as finalidades de produção de silagem, pré-secado, duplo propósito (forragem e grão) e planta de cobertura de solo. As cultivares deste estudo, TBIO Energia I e TBIO Energia II, são destinadas para utilização como planta de cobertura, produção de silagem e pré-secado e não são recomendadas para utilização em pastejo. Apresentam características morfológicas como a ausência de aristas, tolerância ao acamamento e elevada produção de matéria fresca (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019).

No planejamento de experimentos, a determinação do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições é importante para o dimensionamento adequado de experimentos. De acordo com Storck et al. (2016), as parcelas devem ter dimensão que permita a estimação precisa dos caracteres em avaliação. O tamanho ótimo de parcela pode ser determinado a partir de dados obtidos em ensaios de uniformidade, também denominados de experimentos em branco, ou seja, ensaios sem nenhum tratamento (STORCK et al., 2016).

A determinação do tamanho ótimo de parcela pode ser realizada pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba, Ferreira e Morais (2009a). Este método foi utilizado por Lavezo et al. (2017), Chaves et al. (2018b) e Toebe et al. (2020a, b) em estudo na determinação do tamanho ótimo de parcela para estimar a massa de matéria fresca nas culturas de aveia branca, centeio, triticale e azevém, respectivamente. Em trabalhos com a cultura do trigo, os tamanhos de parcela de 6,48 m² (LORENTZ et al., 2007), 0,68 m² (PARANAÍBA, MORAIS e FERREIRA, 2009b) e de 1,6 m² e 2,4 m² (HENRIQUES NETO et al., 2009) foram indicados para avaliação de massa e/ou da produtividade de grãos.

A definição do número de repetições é fundamental para a minimização do erro experimental, isto é, a diminuição da variância entre as unidades experimentais do mesmo tratamento. Em experimentos com a cultura de trigo forrageiro, têm sido utilizados três

(CARVALHO et al., 2015; MANFRON; FONTANELI, 2019) quatro (BECKER; GAI, 2019) e cinco repetições (CARLETTO et al., 2020).

Estudos de tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro não foram encontrados na literatura. Supõe-se que o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições variam com o ano agrícola, época de semeadura e cultivar. Assim, é primordial obter informações dessas características nesses cenários para que possam ser utilizadas como referência em futuros planejamentos de experimentos com a cultura. Portanto, os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro e investigar a variabilidade de X_o entre anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Trinta e seis ensaios de uniformidade com a cultura do trigo forrageiro foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, situada a 29°42'S, 53°49' W e 95 m de altitude. O clima da região é Cfa subtropical úmido, conforme classificação de Köppen, com verões quentes e sem estação seca (ALVARES et al., 2013) e o solo é Argissolo vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2018).

Os trinta e seis ensaios foram formados pela combinação de dois anos agrícolas, três épocas de semeadura, duas cultivares (TBIO Energia I e TBIO Energia II) e três repetições. Destes, 30 ensaios de uniformidade foram divididos em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m² (1 m × 1 m), formando uma matriz de seis linhas e seis colunas (6 m × 6 m), totalizando = 36 m² (Figura 1). Devido ao excesso de precipitação no estabelecimento do estande de plantas, o dimensionamento dos ensaios com a cultivar TBIO Energia I (três ensaios da primeira época de semeadura do ano de 2019 e três ensaios com a cultivar TBIO Energia II, na terceira época do ano de 2019) foi formado com matrizes de 9 × 4 e 5 × 6 totalizando 36 e 30 UEB, respectivamente.

Em todos os ensaios, a semeadura mecanizada foi realizada na densidade de 420 sementes m⁻². A adubação de base foi de 9 kg ha⁻¹ de N, 36 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 36 kg ha⁻¹ de K₂O e, posteriormente, foram realizadas duas adubações de cobertura de 41 kg ha⁻¹ de N nos estádios de desenvolvimento V3 (três folhas expandidas) e V6 (seis folhas expandidas). As semeaduras, no ano de 2018, foram realizadas em 28 de maio (época 1), 20 de junho (época 2) e 07 de julho (época 3). Em 2019, foram nos dias 07 de junho (época 1), 27 de junho (época 2) e 18 de julho (época 3). As práticas culturais de manejo foram realizadas de maneira homogênea em toda a

área experimental. Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica e temperaturas do ar (máximas e mínimas) registrados durante a condução dos ensaios foram coletados pela estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, localizada a 100 m do experimento.

Em cada ensaio, as avaliações foram realizadas quando a cultura estava no estágio de desenvolvimento do grão em massa (85: massa mole), segundo a escala decimal de desenvolvimento dos cereais proposta por Zadoks, Chang e Konzak (1974). Em cada UEB de 1 m², as plantas foram cortadas próximo a superfície do solo e, imediatamente após o corte, foi determinada a massa de matéria fresca, com auxílio de uma balança digital (exatidão: 1 g), obtendo-se assim, o valor da massa em g m⁻².

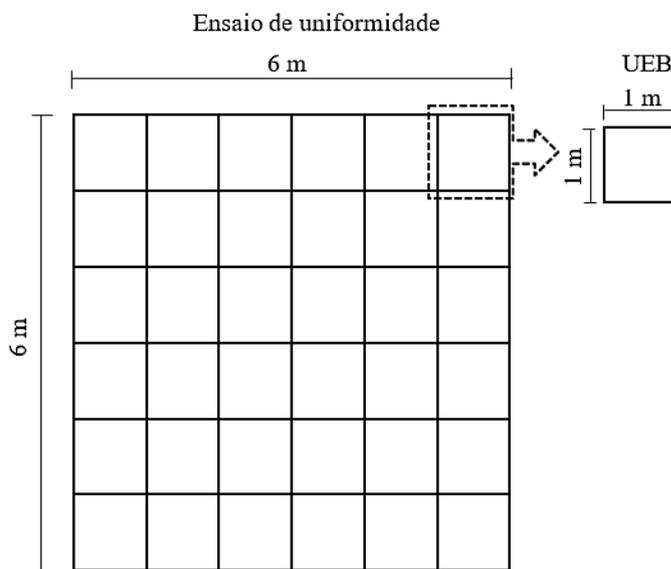


Figura 1. Representação de um ensaio de uniformidade de dimensão 6 m × 6 m e a subdivisão em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m² (1 m × 1 m).

Para cada ensaio de uniformidade, a partir dos dados de massa de matéria fresca das unidades básicas experimentais, foram estimadas a média (\bar{m}), variância (s^2), coeficiente de variação do ensaio (CV, em %) e coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ). A estimativa de ρ foi obtida seguindo o caminhamento no sentido das linhas, conforme metodologia proposta por Paranaíba, Ferreira e Morais (2009a). Em caminhamento de matriz 6 × 6, foi iniciado na UEB localizada na linha 1 e coluna 1, até a linha 1 e coluna 6, retornando a partir da linha 2 e coluna 6, até a linha 2 e coluna 1, e assim sucessivamente, até concluir o caminhamento na UEB da linha 6 e coluna 1.

Com base no método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação proposto por Paranaíba, Ferreira e Morais (2009a) foi determinado o tamanho ótimo de parcela (X_o) em cada um dos 36 ensaios de uniformidade por meio da expressão $X_o = \frac{10^3 \sqrt{2(1-\rho^2)s^2 m}}{m}$. Em seguida foi determinado o coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela (CVX_o), em percentagem, por meio da expressão $CVX_o = \frac{\sqrt{(1-\rho^2)s^2/m^2}}{\sqrt{X_o}} \times 100$.

Para as estatísticas m , s^2 , CV , ρ , X_o e CVX_o foram realizadas as seguintes comparações de médias, por meio do teste t de *Student* (bilateral), para amostras independentes, com 5% de significância: a) comparações de anos agrícolas, independentemente de época de semeadura e cultivar ($n=18$ ensaios por ano); b) comparações de épocas de semeadura dentro de cada ano agrícola, independentemente da cultivar ($n=seis$ ensaios por época de semeadura); e, c) comparações de cultivares dentro de anos agrícolas e épocas de semeadura ($n=três$ ensaios ou repetições por cultivar) e comparações de épocas de semeadura dentro de anos agrícolas e cultivares ($n=três$ ensaios por época de semeadura).

O número de repetições foi determinado conforme apresentado por Cargnelutti Filho et al. (2014) e descrito a seguir. A diferença mínima significativa (d) do teste de Tukey, expressa em percentagem da média geral do experimento, foi estimada pela expressão $d = \frac{q_{\alpha(i;GLE)} \sqrt{\frac{QME}{r}}}{m} \times 100$, em que $q_{\alpha(i;GLE)}$ é o valor crítico do teste de Tukey em nível α de probabilidade de erro ($\alpha=0,05$, neste estudo), i é o número de tratamentos, GLE é o número de graus de liberdade do erro, ou seja, $i(r-1)$ para o delineamento inteiramente casualizado e $(i-1)(r-1)$ para o delineamento blocos ao acaso, QME é o quadrado médio do erro, r é o número de repetições e m é a média do experimento. Substituindo a expressão do coeficiente de variação experimental $CV = \frac{\sqrt{QME}}{m} \times 100$, em percentagem, na expressão para o cálculo de d e isolando r tem-se a expressão para determinar o número de repetições $r = \left(\frac{q_{\alpha(i;GLE)CV}}{d} \right)^2$. Nesse estudo o coeficiente de variação experimental corresponde ao CVX_o e é expresso em percentagem, pois esse é o CV esperado para o experimento com o tamanho ótimo de parcela determinado.

A seguir, determinou-se o número de repetições (r) para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso, considerando o CVX_o referente a maior média da estimativa de X_o entre anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares. O número de repetições foi determinada em distintos cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos detectadas como

significativas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, expressas em percentagem da média do experimento ($d=5\%$, 10% , ..., 30%). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® e do software R (R TEAM CORE, 2019).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

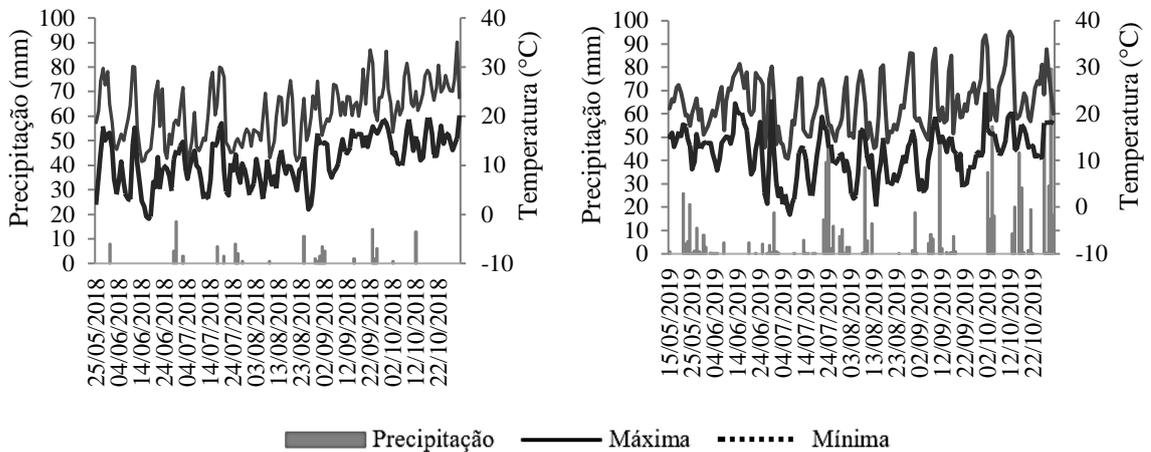
Houve diferença significativa nas estimativas da média (m), variância (s^2) e coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ) entre os anos agrícolas de 2018 e 2019 (Tabela 1). Em estudos de tamanho ótimo de parcela (X_o) com plantas de cobertura de solo realizados por Cargnelutti Filho et al. (2014) e Burin et al. (2015), também foram constatados cenários de variabilidade nas estimativas das estatísticas m , s^2 , coeficiente de variação (CV), ρ , X_o e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV X_o) entre os ensaios de uniformidade. Segundo esses autores, cenários de variabilidade são importantes em estudos de X_o e de número de repetições, pois refletem as condições reais da cultura a campo.

A média de massa de matéria fresca, obtida em estágio de grão em massa mole (ZADOKS; CHANG; KOHZAK, 1974), foi maior no ano de 2018 em relação ao ano de 2019 (Tabela 1). Tal diferença, possivelmente, pode ter sido influenciada pela ocorrência de condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura durante o ano de 2018. Durante os meses de condução dos ensaios no ano de 2019, a superioridade no volume de precipitação (852,00 mm) em relação ao ano anterior (124,00 mm) (Figura 2) e oscilações de temperatura do ar, prejudicaram o desenvolvimento da cultura. Maiores oscilações das temperaturas do ar ocorreram durante o ano de 2019, com máximas de $37,7\text{ }^\circ\text{C}$ e mínimas de $-1,6\text{ }^\circ\text{C}$. Enquanto que em 2018, foi verificada menor oscilação entre as temperaturas máximas e mínimas registradas, com valores de $35,1\text{ }^\circ\text{C}$ e $-0,9\text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. Segundo Zilio, Peloso e Mantovani (2017), o excesso de chuvas e as temperaturas elevadas reduzem a duração do período de perfilhamento das plantas, antecipando assim, o estágio de alongamento, o que pode ter contribuído para a menor produção de massa de matéria fresca de trigo forrageiro no ano de 2019.

Tabela 1. Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação (CV, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2), coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV X_o , em %) para a massa fresca de trigo forrageiro, em $g\ m^{-2}$, nos anos agrícolas de 2018 e 2019.

Ano	m	s^2	CV (%)	ρ	X_o (m^2)	CV X_o (%)
2018	2.231,07 A ⁽¹⁾	125.403,77 A	15,85 A	0,28 A	3,51 A	7,84 A
2019	1.364,78 B	40.974,87 B	14,52 A	0,04 B	3,40 A	7,61 A

⁽¹⁾ Médias não seguidas por mesma letra na coluna (comparação de anos agrícolas, independentemente de época de semeadura e cultivar), diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t de *Student* para amostras independentes, com 34 graus de liberdade.



	TBIO Energia I			TBIO Energia II		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Ciclo (dias)*	101 120	93 99	76 93	87 99	78 99	71 93
Precipitação (mm)	80 465	78 432	68 493	78 344	55 432	68 493
Temperatura máxima (°C)	30 36,9	33,5 36,9	33,5 37,7	30 34,1	30 36,9	33,5 37,7
Temperatura mínima (°C)	-0,9 -1,6	1 -1,6	1 0,4	-0,9 -1,6	1 -1,6	1 0,4

Figura 2. Precipitação pluviométrica diária (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) do ar diárias durante os meses de maio a outubro nos anos de 2018 e 2019, em experimentos conduzidos com duas cultivares de trigo em Santa Maria, RS. * Número de dias da emergência até a colheita. As informações referentes ao ciclo, a precipitação e temperaturas do ar contidas abaixo do gráfico se referem aos valores registrados durante os meses do ano de 2018 (a esquerda da barra - |) e 2019 (a direita da barra), registradas durante as épocas de semeadura (E1=primeira época, E2=segunda época e E3=terceira época) em cada cultivar (TBIO Energia I e TBIO Energia II).

Houveram diferenças nas estimativas de m e s^2 nas comparações entre épocas de semeadura dentro do ano de 2018. Nesse ano, diferenças entre m e s^2 foram observadas entre a primeira e terceira época, e somente para m entre a segunda e terceira época. Já no ano de 2019, houveram diferenças entre as estimativas de m , s^2 , CV, ρ , X_o e CVXo (Tabela 2). Nesse ano, não foram observadas diferenças nas estimativas de m entre a segunda e terceira época e de s^2 , CV, X_o e CVXo entre a primeira e terceira época. Diferenças nas médias de massa de matéria fresca de aveia branca também foram observadas entre três épocas semeaduras (LAVEZO et al., 2017). Os autores constataram que as diferenças nas médias de massa de matéria fresca de aveia branca puderam ser atribuídas às oscilações de temperatura e disponibilidade hídrica ao longo do período de cultivo.

Tabela 2. Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação (CV, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2), coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CVXo, em %) para a massa fresca de trigo forrageiro, em $g\ m^{-2}$, em épocas de semeadura e anos agrícolas.

Época	m	s^2	CV (%)	ρ	X_o (m^2)	CVXo (%)
Ano 2018						
1	2.446,64 A ⁽¹⁾	121.308,49 A	14,19 A	0,40 A	3,20 A	7,16 A
2	2.524,23 A	175.053,02 A	16,11 A	0,16 A	3,59 A	8,03 A

1	2.446,64 A	121.308,49 A	14,19 A	0,40 A	3,20 A	7,16 A
3	1.722,34 B	79.849,81 B	17,24 A	0,31 A	3,73 A	8,33 A

2	2.524,23 A	175.053,02 A	16,11 A	0,16 A	3,59 A	8,03 A
3	1.722,34 B	79.849,81 A	17,24 A	0,31 A	3,73 A	8,33 A

Ano 2019						
1	1.648,69 A	58.549,10 A	14,85 A	-0,07 A	3,48 A	7,78 A
2	1.243,54 B	21.196,19 B	11,26 B	0,00 A	2,91 B	6,50 B

1	1.648,69 A	58.549,10 A	14,85 A	-0,07 B	3,48 A	7,78 A
3	1.202,11 B	43.179,31 A	17,46 A	0,17 A	3,83 A	8,55 A

2	1.243,54 A	21.196,19 B	11,26 B	0,00 A	2,91 B	6,50 B
3	1.202,11 A	43.179,31 A	17,46 A	0,17 A	3,83 A	8,55 A

⁽¹⁾ Médias não seguidas por mesma letra na coluna (comparação de épocas de semeadura dentro de cada ano agrícola, independentemente da cultivar), diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t de Student para amostras independentes, com 10 graus de liberdade.

Foram identificadas diferenças significativas entre as médias das estimativas de m , s^2 , CV, ρ , X_o e CVXo, entre cultivares dentro de anos agrícolas e épocas de semeadura e entre épocas de semeadura dentro de anos agrícolas e cultivares (Tabela 3). A média de massa de

matéria fresca (m) da cultivar TBIO Energia II foi superior em $428,32 \text{ g m}^{-2}$ em relação a TBIO Energia I na segunda época de semeadura no ano de 2018. Já em 2019, maiores estimativas de massa foram observadas na cultivar TBIO Energia II na primeira época de semeadura e de TBIO Energia I nas segunda e terceira época de semeadura.

As produções de massa de matéria fresca de trigo forrageiro no presente estudo foram superiores às encontradas por Carletto et al. (2015). Neste, a produção de massa fresca de trigo forrageiro foi de $13.096 \text{ kg ha}^{-1}$, valor muito inferior ao encontrado para as cultivares TBIO Energia I ($23.100,7 \text{ kg ha}^{-1}$) e TBIO Energia II ($27.383,9 \text{ kg ha}^{-1}$), na segunda época de semeadura do ano de 2018. Esse maior aporte de massa de matéria fresca é resultado das características da base genética dessas cultivares. De acordo com a empresa obtentora de registro das cultivares, a produção de massa de matéria fresca pode variar de 25.000 à 30.000 kg ha^{-1} (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019), justificando seu uso como uma opção de cultura de cobertura de solo, assim como, para produção de silagem e pré-secado.

As médias de s^2 , CV, Xo e CVXo não diferiram estatisticamente entre as cultivares no ano de 2018. Apenas foi verificado diferença significativa nas estimativas médias do coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem entre a primeira e segunda época de semeadura (Tabela 3).

No ano de 2019, somente as médias de s^2 e ρ não diferiram entre as cultivares, em todas as épocas de semeadura. As médias de CV, Xo e CVXo na primeira época de semeadura da cultivar TBIO Energia I foram superiores às médias de TBIO Energia II. Nessa mesma época de semeadura, o Xo foi $3,82$ e $3,14 \text{ m}^2$ para as cultivares TBIO Energia I e TBIO Energia II, respectivamente (Tabela 3). Pode ser observado ganho em precisão experimental ao se utilizando o tamanho ótimo de parcela na estimação da massa, percebido ao se comparar o coeficiente de variação (CV), obtido nos ensaios de uniformidade, com o coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela (CVXo). A redução significativa indica ganhos em precisão experimental com a utilização do tamanho ótimo de parcela (CHAVES et al., 2018a).

Na comparação entre as épocas de semeadura dentro de anos agrícolas e cultivares, observou-se diferença significativa do coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem para cultivar TBIO Energia I no ano de 2018. Já para a cultivar TBIO Energia II no mesmo ano, menor média de massa de matéria fresca foi observada na terceira época de semeadura ($1.707,75 \text{ g m}^{-2}$) e maior estimativa de s^2 na segunda época.

Para a cultivar TBIO Energia I, no ano de 2019, foram observadas diferenças estatísticas entre as épocas de semeadura em relação as estimativas de s^2 , CV, Xo e CVXo. Neste mesmo ano, apenas a média e variância apresentaram diferenças estatísticas entre as épocas de

semeadura na cultivar TBIO Energia II, com maiores estimativas na primeira época de semeadura (Tabela 3).

Tabela 3. Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação (CV, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2), coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV X_o , em %) para a massa fresca de trigo forrageiro, em $g\ m^{-2}$, em ensaios de uniformidade com duas cultivares (TBIO Energia I e TBIO Energia II) semeadas em três épocas nos anos agrícolas de 2018 e 2019.

Ano 2018							
TBIO Energia I				TBIO Energia II			
Época	m	s^2	CV (%)	Época	m	s^2	CV (%)
1	2.399,19 Aa ⁽¹⁾	126.251,27 Aa	14,72 Aa	1	2.494,08 Aa	116.365,71 Aa	13,67 Aa
2	2.310,07 Ba	116.588,00 Aa	14,84 Aa	2	2.738,39 Aa	233.518,04 Aab	17,38 Aa
3	1.736,93 Aa	87.096,15 Aa	18,73 Aa	3	1.707,75 Ab	72.603,48 Ab	15,75 Aa
Época	ρ	X_o (m^2)	CV X_o (%)	Época	ρ	X_o (m^2)	CV X_o (%)
1	0,49 Aa	3,18 Aa	7,11 Aa	1	0,31 Ba	3,23 Aa	7,22 Aa
2	-0,04 Bb	3,50 Aa	7,82 Aa	2	0,36 Aa	3,68 Aa	8,24 Aa
3	0,31 Aab	3,93 Aa	8,79 Aa	3	0,30 Aa	3,52 Aa	7,88 Aa
Ano 2019							
Época	m	s^2	CV (%)	Época	m	s^2	CV (%)
1	1.480,25 Ba ⁽¹⁾	64.171,75 Aa	17,08 Aa	1	1.817,13 Aa	52.926,46 Aa	12,62 Ba
2	1.364,33 Aa	28.268,26 Ab	12,22 Ab	2	1.122,74 Bb	14.124,12 Ab	10,31 Aa
3	1.376,73 Aa	46.358,04 Aab	15,63 Aab	3	1.027,49 Bb	40.000,59 Aab	19,28 Aa
Época	ρ	X_o (m^2)	CV X_o (%)	Época	ρ	X_o (m^2)	CV X_o (%)
1	-0,12 Aa	3,82 Aa	8,54 Aa	1	-0,02 Aa	3,14 Ba	7,01 Ba
2	-0,12 Aa	3,08 Ab	6,88 Ab	2	0,11 Aa	2,74 Aa	6,12 Aa
3	0,12 Aa	3,60 Aab	8,05 Aab	3	0,25 Aa	4,05 Aa	9,06 Aa

⁽¹⁾ Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na linha (comparação de cultivares dentro de anos agrícolas e épocas de semeadura) e minúscula na coluna (comparação de épocas de semeadura dentro de anos agrícolas e cultivares) diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste t de *Student* para amostras independentes, com 4 graus de liberdade.

Os valores de X_o para a estimativa de massa de matéria fresca na cultura do trigo forrageiro não diferiram significativamente pelo teste t de *Student* entre os anos agrícolas (Tabela 1). Contudo diferiram significativamente na comparação de médias entre épocas de semeadura no ano de 2019 (Tabela 2), assim como entre cultivares dentro da mesma época de semeadura e entre épocas de semeadura dentro da mesma cultivar, no ano de 2019 (Tabela 3). Diante da variabilidade na estimativa de X_o entre épocas de semeadura e entre cultivares, optou-se por utilizar a maior média do tamanho ótimo de parcela, afim de contemplar a máxima

variabilidade de todos os cenários (anos agrícolas, épocas de semeadura e cultivares). Sendo assim, o tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa de matéria fresca de trigo forrageiro de 4,05 m² pode ser utilizado como referência para futuros estudos com a cultura, com estimativa de obtenção coeficiente de variação de 9,06%.

Na literatura, há pesquisas em que foi determinado o tamanho ótimo de parcelas para cereais de inverno. Cargnelutti Filho et al. (2014), determinaram como sendo ideal o tamanho de parcela de 4,14 m² para avaliação de massa de matéria fresca na cultura da aveia preta. Em aveia branca, Lavezo et al. (2017) determinaram como ideais os tamanhos de parcela de 1,66 e 1,73 m² para as estimativas das massas de matéria fresca e seca, respectivamente. Na cultura do centeio Chaves et al. (2018b), foram determinados os tamanhos de 3,43, 3,82 e 6,08 m² para avaliação das massas de matéria fresca, seca e da produtividade de grãos, respectivamente. Toebe et al (2020a) definiram o tamanho ótimo de parcela de 3,12 m² para avaliar massa de matéria fresca em triticale. Em trabalhos com a cultura do trigo, foram determinados os tamanhos de parcela de 6,48 m² (LORENTZ et al., 2007), 0,68 m² (PARANAÍBA, MORAIS e FERREIRA, 2009b) e de 1,6 m² e 2,4 m² (HENRIQUES NETO et al., 2009) para avaliação de massa e/ou da produtividade de grãos, respectivamente.

Na prática, pesquisas têm sido realizadas com distintos tamanhos de parcela em experimentos com a cultura do trigo forrageiro. Carvalho et al. (2015), Zilio, Peloso e Mantovani (2017) e Carletto et al. (2020) utilizaram parcelas de 4,08, 4,25 e 15,00 m², respectivamente. Isso evidencia a importância no dimensionamento adequado do tamanho ótimo de parcela para a cultura, uma vez que, Carvalho et al. (2015) e Zilio, Peloso e Mantovani (2017) utilizaram tamanhos de parcela muito próximos ao determinado nesse estudo, porém Carletto et al. (2020) poderiam ter economizado recursos financeiros, mão de obra e tempo na condução de seus ensaios, sem que comprometesse a precisão de seus resultados com a utilização de menor tamanho de parcela em seus ensaios.

Em relação ao número de repetições, em estudos para avaliar massa de matéria fresca e seca em centeio, Chaves et al. (2018a) recomendam utilizar seis repetições, identificando diferenças significativas ($\alpha=0,05$) entre médias de tratamentos de 18 e 20% da média do experimento, nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso, respectivamente. Segundo Cargnelutti Filho et al. (2014), quatro repetições são suficientes para avaliar massa de matéria fresca de aveia preta para avaliar até 50 tratamentos, nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso com diferenças entre médias de tratamentos de 26,7% da média do experimento significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para determinar o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro, parte-se de cenários formados pela combinação de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre as médias de tratamento a serem detectadas como significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância, expressas em porcentagem da média do experimento ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), utilizando o X_o de $4,05 \text{ m}^2$ e CVX_o de $9,06\%$.

O número de repetições oscilou entre 2,31 (três tratamentos e $d=30\%$) e 104,80 (50 tratamentos e $d=5\%$) para experimento em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e entre 2,41 (três tratamentos e $d=30\%$) e 104,80 (50 tratamentos e $d=5\%$) para experimento em delineamento de blocos ao acaso (DBA) (Tabela 4). Portanto, para experimentos em DIC e DBA, constata-se que há acréscimo no número de repetições à medida que aumenta o número de tratamentos, fixando-se o valor de d . Com o aumento do número de tratamentos, a diferença no número de repetições para experimentos no DIC e DBA reduziu gradativamente, tendendo a ser inexpressiva.

Tabela 4. Número de repetições para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado (DIC) e blocos ao acaso (DBA) em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em porcentagem da média do experimento ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro, a partir do tamanho ótimo de parcela ($X_o=4,05 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CVX_o=9,06\%$).

i	DIC						DBA					
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
3	37,08	10,07	5,14	3,49	2,79	2,31	37,58	10,60	5,62	3,91	2,93	2,41
4	44,19	11,73	5,77	3,74	2,86	2,33	44,50	12,00	6,04	4,00	2,99	2,43
5	49,61	12,99	6,25	3,93	2,92	2,35	49,80	13,17	6,44	4,12	3,10	2,45
6	53,98	14,01	6,64	4,11	2,97	2,38	54,11	14,15	6,79	4,24	3,12	2,47
7	57,68	14,88	7,00	4,27	3,05	2,40	57,77	14,98	7,08	4,38	3,14	2,48
8	60,86	15,65	7,29	4,41	3,10	2,42	60,94	15,72	7,38	4,49	3,19	2,50
9	63,67	16,31	7,56	4,54	3,16	2,45	63,74	16,37	7,63	4,60	3,23	2,51
10	66,19	16,91	7,80	4,65	3,23	2,47	66,24	16,97	7,86	4,71	3,28	2,53
11	68,46	17,45	8,03	4,75	3,28	2,50	68,50	17,49	8,07	4,80	3,33	2,54
12	70,53	17,95	8,23	4,85	3,32	2,52	70,57	17,99	8,27	4,89	3,37	2,56
13	72,44	18,41	8,42	4,95	3,37	2,54	72,48	18,44	8,45	4,99	3,41	2,58
14	74,21	18,83	8,60	5,04	3,42	2,56	74,24	18,87	8,63	5,07	3,45	2,59
15	75,86	19,23	8,76	5,12	3,46	2,58	75,89	19,26	8,79	5,15	3,49	2,61
16	77,40	19,61	8,92	5,20	3,50	2,60	77,43	19,63	8,95	5,29	3,52	2,63
17	78,85	19,96	9,07	5,27	3,54	2,63	78,87	19,98	9,08	5,29	3,56	2,65
18	80,22	20,29	9,20	5,34	3,58	2,65	80,24	20,31	9,22	5,36	3,60	2,67

Continuação Tabela 4. Número de repetições para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado (DIC) e blocos ao acaso (DBA) em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i=3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d=5\%, 10\%, \dots, 30\%$), para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro, a partir do tamanho ótimo de parcela ($X_o=4,05 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CVX_o=9,06\%$).

19	81,51	20,60	9,34	5,41	3,61	2,66	81,53	20,62	9,35	5,43	3,63	2,68
20	82,74	20,90	9,46	5,47	3,65	2,68	82,76	20,92	9,48	5,49	3,67	2,70
21	83,93	21,19	9,58	5,54	3,68	2,70	83,94	21,20	9,60	5,55	3,70	2,72
22	85,03	21,46	9,70	5,60	3,72	2,72	85,04	21,47	9,71	5,61	3,73	2,73
23	86,09	21,72	9,81	5,66	3,75	2,74	86,10	21,73	9,82	5,66	3,76	2,75
24	87,11	21,97	9,91	5,71	3,78	2,75	87,12	21,98	9,92	5,72	3,79	2,77
25	88,10	22,20	10,01	5,76	3,81	2,77	88,10	22,21	10,02	5,77	3,82	2,78
26	89,04	22,43	10,11	5,81	3,84	2,78	89,04	22,44	10,12	5,82	3,85	2,80
27	89,94	22,66	10,21	5,86	3,86	2,80	89,95	22,66	10,21	5,87	3,87	2,81
28	90,82	22,87	10,30	5,91	3,89	2,82	90,84	22,88	10,31	5,92	3,90	2,83
29	91,66	23,07	10,38	5,95	3,92	2,83	91,67	23,08	10,39	5,96	3,93	2,84
30	92,48	23,28	10,47	6,00	3,94	2,85	92,48	23,28	10,48	6,01	3,95	2,86
31	92,26	23,47	10,55	6,04	3,87	2,86	93,27	23,48	10,56	6,05	3,98	2,87
32	94,03	23,65	10,63	6,09	3,99	2,88	94,03	23,66	10,64	6,09	4,00	2,88
33	94,77	23,84	10,71	6,13	4,02	2,89	94,77	23,84	10,72	6,13	4,02	2,90
34	95,49	24,01	10,79	6,17	4,04	2,90	95,49	24,02	10,79	6,17	4,05	2,91
35	96,19	24,18	10,86	6,21	4,06	2,92	96,19	24,19	10,87	6,21	4,07	2,92
36	96,86	24,35	10,93	6,24	4,09	2,93	96,87	24,36	10,94	6,25	4,09	2,94
37	97,53	24,51	11,00	6,28	4,11	2,94	97,53	24,52	11,01	6,29	4,11	2,95
38	98,17	24,67	11,07	6,32	4,13	2,96	98,17	24,68	11,07	6,32	4,14	2,96
39	98,80	24,83	11,13	6,35	4,15	2,97	98,80	24,83	11,14	6,36	4,16	2,97
40	99,41	24,98	11,20	6,39	4,17	2,98	99,41	24,98	11,20	6,39	4,18	2,99
41	100,00	25,12	11,26	6,42	4,19	2,99	100,00	25,13	11,27	6,43	4,20	3,00
42	100,58	25,27	11,32	6,45	4,21	3,00	100,58	25,27	11,33	6,46	4,22	3,01
43	101,15	25,41	11,38	6,49	4,23	3,02	101,16	25,41	11,39	6,49	4,24	3,02
44	101,71	25,54	11,44	6,52	4,25	3,03	101,71	25,55	11,45	6,52	4,25	3,03
45	102,25	25,68	11,50	6,55	4,27	3,04	102,26	25,68	11,51	6,55	4,27	3,04
46	102,78	25,81	11,56	6,58	4,29	3,05	102,79	25,81	11,56	6,58	4,29	3,06
47	103,30	25,93	11,61	6,61	4,30	3,06	103,31	25,94	11,62	6,61	4,31	3,07
48	103,81	26,06	11,67	6,64	4,32	3,07	103,81	26,06	11,67	6,64	4,32	3,08
49	104,31	26,18	11,72	6,67	4,34	3,08	104,31	26,19	11,72	6,67	4,34	3,09
50	104,80	26,30	11,77	6,69	4,35	3,09	104,80	26,31	11,78	6,70	4,36	3,10

Por meio da expressão $d = \frac{q_{\alpha(i;GLE)} \sqrt{\frac{QME}{r}}}{m} \times 100$ é possível calcular a diferença mínima significativa do teste de Tukey, expressa em percentagem da média do experimento. Por

exemplo, um experimento com $i=50$ tratamentos, $\alpha=0,05$, $r=7$ repetições e $CVXo=9,06\%$ para massa de matéria fresca em trigo forrageiro, têm-se $d=19,548\%$ (DIC) e $19,552\%$ (DBA) $\cong 20\%$.

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2014) menores valores de d indicam maior precisão experimental, ou seja, menores diferenças entre as médias de tratamentos são significativas. Cabe ao usuário das informações deste estudo a escolha da combinação do delineamento experimental desejado, número de tratamentos, diferenças mínimas entre médias de tratamentos e número de repetições adequado para seu experimento. Na prática experimentos com a cultura têm sido conduzidos com três (CARVALHO et al., 2015; MANFRON; FONTANELI, 2019), quatro (BECKER; GAI, 2019) e cinco repetições (CARLETTO et al., 2020), respectivamente. Contudo, pode-se inferir que a utilização do tamanho ótimo de parcela e número de repetições obtidos a partir deste estudo, pode contribuir para o adequado dimensionamento de futuros experimentos com a cultura do trigo forrageiro.

3.4 CONCLUSÃO

Há variabilidade no tamanho de parcela para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro entre épocas de semeadura e entre as cultivares TBIO Energia I e TBIO Energia II. O tamanho ótimo de parcela de $4,05 \text{ m}^2$ pode ser utilizado como referência nos próximos experimentos com a cultura.

Sete repetições são suficientes para avaliar a massa de matéria fresca em delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso com até 50 tratamentos, possibilitando obter diferença mínima significativa menor ou igual a 20% da média do experimento.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BECKER, C. C. E.; GAI, V. F. Análise morfológica em manejos de corte em trigo de duplo propósito e aveia. **Revista Cultivando o Saber**, p. 33-41, 2019.

BIOTRIGO GENÉTICA. **Portifólio de cultivares**. 2019. Disponível em: http://biotrigo.genetica.com.br/folders/7_05_2018_19_52_apresentacao_tbi0_energia_biotrigo.compressed.pdf.

- BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J. A.; NEU, I. M. M. Tamanho de parcela e número de repetições na cultura do milho em épocas de avaliação. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 261-269, 2015.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O. D.; FACCO, G.; STEFANELLO, R. B. Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1732-1739, 2014.
- CARLETTO, R.; LEÃO, G. F. M.; NEUMANN, M.; HORST, E. H. Influência do regime de cortes sobre a produção e valor nutricional de trigo cv. BRS Umbu para forragem. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 254-262, 2020.
- CARLETTO, R.; NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; HORST, E. H.; ASKEL, E. J. Efeito do manejo de cortes sucessivos sobre a produção e qualidade de grãos de trigo duplo propósito. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 13, p. 127-135, 2015.
- CARVALHO, I. R.; SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; SCHMIDT, D.; BARETTA, D. Correlações canônicas entre caracteres morfológicos e componentes de produção em trigo de duplo propósito. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 8, p. 690-697, 2015.
- CHAVES, G. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C. M.; BANDEIRA, C. T.; SILVEIRA, D. L.; THOMASI, R. M. Plot size and number of replications for evaluation of the yield of grains in cultivars and dates of sowing of rye. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 1, p. 122-132, 2018a.
- CHAVES, G. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARINI, F.; KLEINPAUL, J. A.; NEU, I. M. M.; PROCEDI, A. Tamanho de parcela e número de repetições para avaliação de caracteres vegetativos em centeio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, 2018b.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; CAIERÃO, E.; CASTRO, R. L.; MORI, C. Trigo na integração lavoura pecuária. In: MORI, C. (Ed). **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, p. 215-228, 2016.
- HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M. A.; LEITE, L. F. C.; BLANCO, F. F. Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 86-93, 2009.
- LAVEZO, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C. M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J. A.; PEZZINI, R. V. Tamanho de parcela e número de repetições para avaliar o rendimento de grãos em cultivares de aveia. **Bragantia**, v. 76, n. 4, p. 512-520, 2017.
- LORENTZ, L. H.; MARTIN, T. N.; BOLIGON, A. A.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Tamanho de parcela e precisão experimental em ensaios com trigo em plantio direto. **Científica**, v. 35, n. 2, p. 129-135, 2007.
- MANFRON, A. C. A.; FONTANELI, R. S. Rendimento de grãos e qualidade tecnológica de trigos de duplo propósito com adubação nitrogenada tardia adicional. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 3, p. 1-7, 2019.

PARANAÍBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 2, p. 255-268, 2009a.

PARANAÍBA, P. F.; MORAIS, A. R.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 1, p. 81-90, 2009b.

R TEAM CORE. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos.; OLIVEIRA, V. A. de.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de.; ARAUJO FILHO, J. C. de.; OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 200p.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; MELLO, A. C.; SOUZA, R. R. D.; SOARES, F. D. S.; SILVA, L. S. D.; SEGATTO, A. Plot size and replications number for triticale experiments. **Ciência Rural**, v. 50, n. 11, p. 1-5, 2020.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARVALHO, J. O.; TARTAGLIA, F. L.; CORTES, A. F.; MELLO, A. C.; MELLO, P. J. Plot size and number of replications for ryegrass experiments. **Ciência Rural**, v. 50, n. 1, p. 1-8, 2020b.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A. decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.

ZILIO, M.; PELOSO, J. A.; MANTOVANI, A. Produção de forragem e de grãos de trigo duplo propósito submetido a diferentes densidades de semeadura, adubação nitrogenada e manejos de corte. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 367-375, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há variabilidade no tamanho de parcela para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro entre épocas de semeadura e entre as cultivares TBIO Energia I e TBIO Energia II. Visando contemplar essa variabilidade o tamanho ótimo de parcela pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação corresponde a $4,05 \text{ m}^2$ sendo adequado para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro.

Sete repetições são suficientes para avaliar a massa de matéria fresca em delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso com até 50 tratamentos, possibilitando obter diferença mínima significativa menor ou igual a 20% da média do experimento.

O dimensionamento adequado do tamanho de parcela e do número de repetições é fundamental para a acurácia do experimento. Cabe ao pesquisador a escolha do número de repetições levando em consideração a precisão desejada e a disponibilidade de recursos, entre eles: área, mão de obra, tempo e recursos disponíveis. Contudo, pode-se inferir que a utilização do tamanho ótimo de parcela e número de repetições obtidos a partir deste estudo, pode contribuir para o dimensionamento adequado de futuras pesquisas com a cultura do trigo forrageiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. D. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal, SP: Funep. 2013. 237p.
- BECKER, C. C. E.; GAI, V. F. Análise morfológica em manejos de corte em trigo de duplo propósito e aveia. **Revista Cultivando o Saber**, p. 33-41, 2019.
- BIOTRIGO GENÉTICA. **Portifólio de cultivares**. 2019. Disponível em: http://biotrigo.com.br/folders/7_05_2018_19_52_apresentacao_tbi0_energia_biotrigo.compressed.pdf.
- BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 755-763, 2014.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O. D.; FACCO, G.; STEFANELLO, R. B. Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1732-1739, 2014.
- CARLETTO, R.; LEÃO, G. F. M.; NEUMANN, M.; HORST, E. H. Influência do regime de cortes sobre a produção e valor nutricional de trigo cv. BRS Umbu para forragem. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 254-262, 2020.
- CARLETTO, R.; NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; HORST, E. H.; ASKEL, E. J. Efeito do manejo de cortes sucessivos sobre a produção e qualidade de grãos de trigo duplo propósito. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 13, p. 127-135, 2015.
- CARVALHO, I. R.; SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; SCHMIDT, D.; BARETTA, D. Correlações canônicas entre caracteres morfológicos e componentes de produção em trigo de duplo propósito. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 8, p. 690-697, 2015.
- CHAVES, G. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C. M.; BANDEIRA, C. T.; SILVEIRA, D. L.; THOMASI, R. M. Plot size and number of replications for evaluation of the yield of grains in cultivars and dates of sowing of rye. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 1, p. 122-132, 2018a.
- CHAVES, G. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARINI, F.; KLEINPAUL, J. A.; NEU, I. M. M.; PROCEDI, A. Tamanho de parcela e número de repetições para avaliação de caracteres vegetativos em centeio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, 2018b.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas**, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em: 10. abr. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 20. jun. 2021.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Divisão de Estatísticas**. 2021. Disponível também em: <http://www.fao.org> > faostat. Acesso em: 05. jun. 2021.

FONTANELI, R.; CUNHA, G. R.; CAIERÃO, E.; CASTRO, R. L.; SANTOS, H. P.; SANTOS, L. B. BRS Pastoreio: cultivar de trigo de múltiplos propósitos para o sul do Brasil. Ed. 168. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 168, p. 33-36, 2019.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; CAIERÃO, E.; CASTRO, R. L.; MORI, C. Trigo na integração lavoura pecuária. In: MORI, C. (Ed). **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, p. 215-228, 2016.

FONTANELI, R.; SANTOS, H. P.; DUCA, L. J.; RODRIGUES, O.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, M. C. C.; NACSIMENTO JUNIOR, A.; CAIERÃO, E.; OLIVEIRA, J. T.; PAZINATO, A. C.; MALDENER, G. L.; BARBIERI, N. L. Estabelecimento e Manejo de Cereais de Duplo-propósito. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FPMTANELI, R. S. Ed. 2. **Forageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-brasileira**. Brasília, DF: EMBRAPA Trigo, p. 173-218, 2012.

HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M. A.; LEITE, L. F. C.; BLANCO, F. F. Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 86-93, 2009.

LAVEZO, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C. M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J. A.; PEZZINI, R. V. Tamanho de parcela e número de repetições para avaliar o rendimento de grãos em cultivares de aveia. **Bragantia**, v. 76, n. 4, p. 512-520, 2017.

LORENTZ, L. H.; MARTIN, T. N.; BOLIGON, A. A.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Tamanho de parcela e precisão experimental em ensaios com trigo em plantio direto. **Científica**, v. 35, n. 2, p. 129-135, 2007.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. PORTARIA Nº 17, de 11 de Janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br> > pt-br > rio-grande-do-sul-rs. Acesso em 29. Abr. 2021.

MANFRON, A. C. A.; FONTANELI, R. S. Rendimento de grãos e qualidade tecnológica de trigos de duplo propósito com adubação nitrogenada tardia adicional. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 3, p. 1-7, 2019.

- MARQUES, B. M. F. P. P.; ROSA, G. B.; HAUSCHILD, L.; CARVALHO, A. A.; LOVATTO, P. A. Substituição de milho por sorgo baixo tanino em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 767-772, 2007.
- MAUYA, E. W.; HANSEN, E. H.; GOBAKKEN, T.; BOLLANDSAS, O. M.; MALIMBWI, R. E.; NAESET, E. Effects of field plot size on prediction accuracy of aboveground biomass in airborne laser scanning-assisted inventories in tropical rain forests of Tanzania. **Carbon Balance and Management**, v. 10, n. 10, p. 1-14, 2015.
- MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; FONTANELI, R. S.; AGNOLIN, C. A.; HORST, T.; BEM, C. M. D. Produtividade de cereais de inverno de duplo propósito na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 873-882, 2012.
- MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; SILVA, V. R. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (Ed). **Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre, RS: UFRGS, p. 34-48, 2016.
- NAESET, E.; BOLLANDSAS, O. M.; GOBAKKEN, T.; SOLBERG, S.; MCROBERTS, R. E. The effects of field plot size on model-assisted estimation of aboveground biomass change using multitemporal interferometric SAR and airborne laser scanning data. **Remote Sensing of Environment**, v. 168, p. 252-264, 2015.
- PARANAÍBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 2, p. 255-268, 2009a.
- PARANAÍBA, P. F.; MORAIS, A. R.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 1, p. 81-90, 2009b.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 451p, 2009.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. F.; SANTOS, J.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 522p, 2012.
- REBESQUINI, R.; FONTANELI, R.; JUCHEM, S. D. O.; BONDAN, C.; SILVEIRA, D.; CASTRO, R. L.; MELO, V. Uso de grãos de cereais de inverno na suplementação de ruminantes em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). Ed. 174. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 29, p. 18-24, 2020.
- RESENDE, M. D. V.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Número de repetições e tamanho de parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 8, p. 781-788, 1997.

ROSSETTI, K. D. V.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F.; MATIAS, S. S.; NÓBREGA, J. C. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 7, n. 3, p. 427-433, 2012.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. D.; LOPES, D. C.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, v. 2, p. 186, 2011.

SILVEIRA, D.; FONTANELI, R.; REBESQUINI, R.; DALL'AGNOL, E.; PANISSON, F.; BOMBONATTO, M.; CEOLIN, M. Plantas de cobertura de solo de inverno em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 29, n. 173, p. 18-23, jan./fev. 2020.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**. V. 29, n. 6, p. 1796-1805, 2013.

SOUZA, L. S.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. . Adubação verde na física do solo. LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. 1ª ed. Brasília: Embrapa, p. 337-369, 2014.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 200p.

STORCK, L. Partial collection of data on potato yield for experimental planning. **Field Crops Research**, v. 121, n. 2, p. 286-290, 2011.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; MELLO, A. C.; SOUZA, R. R. D.; SOARES, F. D. S.; SILVA, L. S. D.; SEGATTO, A. Plot size and replications number for triticale experiments. **Ciência Rural**, v. 50, n. 11, p. 1-5, 2020.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARVALHO, J. O.; TARTAGLIA, F. L.; CORTES, A. F.; MELLO, A. C.; MELLO, P. J. Plot size and number of replications for ryegrass experiments. **Ciência Rural**, v. 50, n. 1, p. 1-8, 2020b.

WILBOIS, K.; SCHWAB, A.; FISCHER, H.; BACHINGER, J.; PALME, S.; PETERS, H.; DONGUS, S. **Leitfaden für Praxisversuche: Eine Anleitung zur Planung, Durchführung und Auswertung vom Praxisversuchen**. Frankfurt a-M: Bio nach EG-Öko-Verordnung, 2014. 47p.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, L.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.

ZALD, H. S. J.; OHMANN, J. L.; ROBERTS, H. M.; GREGORY, M. J.; HENDERSON, E. B.; GAUGHEY, R. J.; BRAATEN, J. Influence of lidar, Landsat imagery, disturbance history, plot location accuracy, and plot size on accuracy of imputation maps of forest composition and structure. **Remote Sensing of Environment**, v. 143, p. 26-38, 2014.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernaI na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015.

ZILIO, M.; PELOSO, J. A.; MANTOVANI, A. Produção de forragem e de grãos de trigo duplo propósito submetido a diferentes densidades de semeadura, adubação nitrogenada e manejos de corte. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 367-375, 2017.

ZOHREVANDI, A. A.; POURBABAEI, H.; AKHAVAN, R.; BONYAD, A. E. Determination of appropriate grid dimension and sampling plot size for assessment of woody species diversity in Zagros Forest, Iran. **Biodiversitas**, v. 17, n. 1, p. 24-30, 2016.