

Amostragem para avaliação de mancha amarela em trigo

Sampling for assessment of yellow spot in wheat

Muestreo para evaluación de la mancha amarilla en trigo

Recebido: 00/06/2020 | Revisado: 00/06/2020 | Aceito: 00/06/2020 | Publicado: 05/07/2020

Bruno Giacomini Sari

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3405-9628>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: brunosari@hotmail.com

Alessandro Dal'Col Lúcio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0761-4200>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: adlucio@ufsm.br

Ivan Francisco Dressler da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9755-0185>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: ifdresler@gmail.com

Ana Lúcia de Paula Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0193-2099>

Instituto Federal Farroupilha, Brasil

E-mail: analucia.ribeiro@iffarroupilha.edu.br

Resumo

O dimensionamento amostral adequado é um importante fator a ser levado em consideração para melhorar a precisão experimental. Assim o objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra na parcela necessário para avaliar a severidade da mancha amarela do trigo e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Utilizou-se dados de severidade da mancha amarela e da AACPD de dois experimentos de controle realizados com trigo na safra 2010. A severidade foi obtida em dez folhas por parcela, ou seja, 40 folhas por tratamento, após a segunda aplicação do fungicida e a partir delas calculou-se a AACPD. Posteriormente, calcularam-se as estatísticas descritivas em cada tratamento: mínimo, máximo, média, desvio padrão, variância e coeficiente de variação da média. A avaliação do dimensionamento dos experimentos quanto ao número de repetições e de amostras foi realizado por meio da análise

de variância dos experimentos. A dispersão da doença foi verificada pela razão variância/média e do índice de Morisita e teve como objetivo verificar se a metodologia utilizada para o cálculo do tamanho de amostra foi adequado. A dispersão da doença não foi a mesma ao longo dos experimentos, variando entre tratamentos e avaliações. Diante disso a metodologia utilizada neste estudo para o cálculo do tamanho da amostra foi adequada. Para um erro de 10%, o tamanho da amostra para estimar a média da severidade da mancha amarela e da área abaixo da curva de progresso da doença são 286 e 22 folhas bandeiras, respectivamente.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; *Drechslera tritici-repentis*; Dimensionamento amostral; Amostragem.

Abstract

The adequate sampling size is an important factor to be taken into account for better accuracy of experiments. Thus, the objective of this paper was to estimate the sample size in the plot necessary to assess the severity of the yellow wheat spot and the area under the disease progress curve (AUDPC). Were used for this study the yellow spot severity and AUDPC of two field trials performed during 2010 wheat crop. The severity of disease was assess in ten leaves per plot, 40 leaves per treatment, after the second spray of fungicide, and from them we calculated the AUDPC. Subsequently, we calculated the following descriptive statistics for each treatment: minimum, maximum, average, standard deviation, variance and coefficient of variation of means. The evaluation of the number of replications and sample size was performed by analysis of variance of each experiment. The dispersal of disease was measured by the variance/means ratio and Morisita index and aimed to verify the methodology used to calculate the sample size was adequate. The dispersion of the disease has not been the same throughout the experiments, varying between treatments and assessment. Given this behavior, the methodology used in this study to calculate the sample size was adequate. For the error of 10%, the sample size to estimate the average severity of the yellow spot and the area under the disease progress curve are 286 and 22 flag leaves, respectively.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; *Drechslera tritici-repentis*; Sample design; Sampling.

Resumen

Un tamaño de muestra adecuado es un factor importante a tener en cuenta para mejorar la precisión experimental. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estimar el tamaño de la muestra en la parcela necesaria para evaluar la gravedad de la mancha de trigo amarillo y el

área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). Se utilizaron los datos de la mancha amarilla y la gravedad de ABCPE de dos experimentos de control realizados con trigo en la cosecha de 2010. La severidad se obtuvo en diez hojas por parcela, es decir, 40 hojas por tratamiento, después de la segunda aplicación del fungicida y el a partir de ellos se calculó el ABCPE. Posteriormente, se calcularon estadísticas descriptivas para cada tratamiento: mínimo, máximo, promedio, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de la media. La evaluación del dimensionamiento de los experimentos en términos del número de repeticiones y muestras se llevó a cabo analizando la varianza de los experimentos. La dispersión de la enfermedad se verificó mediante la relación varianza / media y el índice de Morisita y tuvo como objetivo verificar si la metodología utilizada para calcular el tamaño de la muestra era adecuada. La dispersión de la enfermedad no fue la misma a lo largo de los experimentos, variando entre tratamientos y evaluaciones. Por lo tanto, la metodología utilizada en este estudio para calcular el tamaño de la muestra fue adecuada. Para un error del 10%, el tamaño de la muestra para estimar la gravedad promedio de la mancha amarilla y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad es de 286 y 22 hojas de bandera, respectivamente.

Palabras clave: *Triticum aestivum* L.; *Drechslera tritici-repentis*; Diseño de muestra; Muestreo.

1. Introdução

O trigo é um dos principais cereais produzidos no Brasil. Particularmente na região sul, maior produtora do país, o trigo é submetido a condições propícias para o desenvolvimento de doenças foliares. Perdas na produção de até 80% são relatadas devido à incidência de doenças (Mehta, 1992), mostrando que o seu controle é fundamental para a manutenção do potencial produtivo do trigo.

Entre as doenças foliares do trigo destaca-se a mancha amarela, causada pelo fungo *Drechslera tritici-repentis* (Died) Shoemaker. Os sintomas da doença são pequenas manchas cloróticas, que evoluem para lesões elípticas circundadas por um halo amarelado e região central necrosada (Amorin et al., 2018). A rotação de culturas, como forma de redução do inóculo inicial (Prestes et al., 2002), o uso de cultivares resistente (Tormen et al. 2013) e o controle químico (Ranzi & Forcelini, 2013) são algumas formas de controle da doença. O controle químico é o método mais utilizado, sendo que, além da escolha do fungicida, o

momento da aplicação (Navarini & Balardin, 2012) e o equipamento de pulverização adequado (Gulart et al., 2013) são decisivos no sucesso do controle.

Muitos destes métodos de controle são testados em experimentos a campo e a qualidade dos resultados obtidos nestas pesquisas dependerá da precisão experimental (Catapatti et al., 2008). Por isso o erro experimental, que é a variação entre as repetições que recebem o mesmo tratamento, deve ser minimizado de modo que o efeito dos tratamentos seja estimado de forma confiável (Cargnelutti Filho et al., 2008). Pelo dimensionamento adequado do número de repetições (Catapatti et al., 2008) e a escolha adequada do delineamento experimental (Storck et al., 2006) pode-se reduzir o erro experimental e aumentar a precisão dos resultados obtidos em experimentos. Porém muitas variáveis devem ser obtidas através da amostragem na parcela, devido à impossibilidade de se mensurar toda a população (Krause et al., 2013).

A amostragem gera uma nova variância dentro da parcela, que deve ser minimizada através do dimensionamento amostral adequado (Cargnelutti Filho et al., 2009). A estimativa do tamanho de amostra sofre interferência da variabilidade dos dados, sendo ela afetada por fatores genéticos e ambientais (Cargnelutti Filho et al., 2008), pela aplicação de tratamentos (Toebe et al., 2011) e, no caso de doenças, pela sua distribuição espacial no campo (Michereff et al., 2011).

A distribuição da doença no campo afeta a escolha da metodologia utilizada no cálculo do tamanho da amostra, além de estar relacionada com a variabilidade dos dados. Para doenças distribuídas de forma aleatória a distribuição de Poisson é utilizada associada à fórmula do cálculo do tamanho de amostra. Já no caso de distribuição agregada, associa-se o parâmetro k da distribuição binomial negativa (Michereff et al., 2008; 2011).

Desse modo, o dimensionamento amostral adequado é fundamental para que os resultados obtidos em experimentos sejam confiáveis. No caso de doenças o tamanho de amostra para estimar doenças nas culturas do melão (Silva et al., 2003), da alface e da couve-chinesa (Silva et al., 2008), do inhame (Michereff et al., 2008) e do pimentão (Michereff et al., 2011) já foram realizados. Porém não foram encontrados trabalhos que estimem o tamanho de amostra para a mancha amarela do trigo.

O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra na parcela necessário para avaliar a severidade da mancha amarela do trigo e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

2. Metodologia

O trabalho de pesquisa foi de natureza quantitativa e experimental, baseado em abordagem estatística ao fenômeno estudado. Para tal foram realizados experimentos a nível de campo. Uma das formas de aquisição do conhecimento é por meio de pesquisa experimental a partir da qual as hipóteses ou proposições de estudo são validadas ou refutadas, o que leva ao conhecimento científico (Pereira et al., 2018). Ainda, para estes mesmos autores, o método quantitativo produz um banco de dados que são analisados com aplicação de técnicas estatísticas que geram resultados aplicáveis a algum processo como forma de recomendação técnica. Assim, conforme Pereira et al. (2018), o enfoque estatístico, muitas vezes, torna-se importante por possibilitar previsões de acontecimentos em relação a algum fenômeno em estudo.

Os dados utilizados neste estudo são oriundos de dois experimentos para comparar a eficiência de controle da mancha amarela do trigo de diferentes equipamentos de pulverização. Os experimentos foram realizados a campo na área experimental do Departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Santa Maria-RS, com altitude 95 m, latitude 29°42'53,4" S e longitude 53°43'58,4" O. A área experimental foi semeada com as cultivares 'Pampeano' no Experimento I e 'Nova Era' no Experimento II, ambas com densidade de semeadura de 330 sementes m⁻² e espaçamento entre linhas de 0,17 m. Em cada experimento os tratamentos foram: T1= Atomizador rotativo de disco com volume de 24 L ha⁻¹; T2 = Atomizador rotativo de disco com volume de aplicação de 34 L ha⁻¹; T3= Ponta Leque com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T4= Ponta Cone Vazio com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T5 = testemunha sem aplicação.

Em cada experimento foram demarcadas 20 parcelas (quatro repetições dos cinco tratamentos) de 14 m de largura por 20 m de comprimento, onde foram realizadas as aplicações e as avaliações de severidade. As aplicações foram realizadas no estágio de emborrachamento (45) e na antese (65) (Zadoks et al., 1974) e em todos os equipamentos utilizou-se o fungicida Piori Xtra (azoxistrobina + ciproconazol). Para realizar as pulverizações utilizou-se um conjunto tratorizado constituído de um trator MF- 275 4x2 e um pulverizador montado, modelo Jacto[®] Condor AM-14, de capacidade volumétrica de 600 L, operando à pressão constante de 2,75.10⁵ Pa para todos os equipamentos, sendo que os volumes de aplicação foram obtidos com a variação da velocidade do trator. Os volumes de aplicação de 24 L ha⁻¹ e 34 L ha⁻¹, utilizados nos atomizadores rotativos de disco, foram

obtidos com o trator operando em velocidades de $1,69 \text{ m s}^{-1}$ e $1,14 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente. Devido à diferença na vazão nominal das pontas, o trator também operou com velocidades distintas nos tratamentos com bicos hidráulicos: $2,89 \text{ m s}^{-1}$ para a ponta tipo cone vazio e $1,97 \text{ m s}^{-1}$ para a ponta tipo leque.

As variáveis estudadas foram a severidade da mancha amarela do trigo e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). O delineamento foi o de blocos ao acaso, em um bifatorial com parcelas subdivididas no tempo e amostragem na subparcela, com quatro repetições. Neste caso, a parcela principal foi composta pelos diferentes tratamentos e a subparcela composta por três avaliações de severidade da mancha amarela (sete, 14 e 21 dias após a aplicação dos fungicidas).

Em cada repetição foram escolhidas aleatoriamente dez folhas bandeiras, totalizando 40 folhas por tratamento e, para cada uma das folhas, foi atribuída um valor correspondente a porcentagem de área foliar com sintomas da doença. Para atribuir os valores de severidade de mancha amarela nas folhas, foi utilizada um escala diagramática proposta James (1971).

Para o cálculo da variável AACPD, utilizaram-se os valores de severidade nas três avaliações, e com eles calculou-se o índice para cada tratamento pela equação:

$$\text{AACPD} = \sum [((Y_i + Y_{i+1})/2) \times (T_{i+1} - T_i)] \quad ,$$

Onde Y_i é a porcentagem de área foliar afetada pela mancha amarela na i -ésima observação, T_i é o tempo da avaliação i em números de dias após a aplicação dos fungicidas e T_{i+1} : tempo da avaliação $i+1$.

Os dados de severidade da doença e da AACPD foram submetidos à análise de variância, com o intuito de se obter o erro amostral e experimental de cada experimento. Após foi determinado se o dimensionamento quanto ao tamanho da amostra e o número de repetições foram adequados pela interpretação do teste de hipóteses entre o erro experimental e o erro amostral.

A partir dos valores de severidade e da AACPD das 40 folhas amostradas em cada tratamento foram estimadas as estatísticas mínimo, máximo, média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação da média e o tamanho da amostra. A homogeneidade da variância dos dados de severidade da mancha amarela foi testada nas seguintes situações: entre os tratamentos em cada experimento e entre as avaliações em cada tratamento. Já para a variável AACPD, verificou-se a homogeneidade das variâncias entre os tratamentos. Por fim, tanto para a severidade da mancha amarela quanto para a AACPD, testou-se a homogeneidade das

variâncias entre as parcelas que receberam o mesmo tratamento, de modo que quando estas foram heterogêneas, o maior valor foi utilizado para as estimativas do coeficiente de variação da média e do tamanho da amostra das duas variáveis. Para estes testes utilizou-se o teste de Levene (Levene, 1960) em nível de significância de 5%.

Para a variável severidade, nas três avaliações, também foi calculado o Razão variância/média (I) e o Índice de Morisita (I_8). Posteriormente foi verificada o afastamento da aleatoriedade pelo teste qui-quadrado (χ^2) com n-1 graus de liberdade. O objetivo destes testes foi verificar se a metodologia utilizada para o cálculo do tamanho de amostra é adequada, uma vez que esta é dependente da forma de distribuição da doença no campo (Michereff et al., 2011).

Os tamanhos de amostra foram estimados para cada tratamento em cada avaliação, utilizando-se as seguintes expressões

$$\text{(Cochran, 1977), } n_o = \frac{Z_{\alpha/2}^2 (CV\%)^2}{(D\%)^2}, \text{ para a severidade da mancha amarela da folha e ,}$$

$$n_o = \frac{t_{\alpha/2}^2 (CV\%)^2}{(D\%)^2}, \text{ para severidade de AACPD,}$$

Onde $z_{\alpha/2}$ é o valor crítico da distribuição z, cuja área à direita é igual a $\alpha/2$, $t_{\alpha/2}$ é o valor crítico da distribuição t de Student, cuja área à direita é igual a $\alpha/2$, CV% corresponde ao coeficiente de variação de cada experimento e D% é a semi-amplitude do intervalo de confiança pré-estabelecida a 5, 10, 15, 20, 25 e 30%.

Ressalta-se que as distribuições teóricas utilizadas nas duas expressões acima estão relacionadas com a natureza das variáveis estudadas. A severidade é dada em proporção e segue uma distribuição normal padrão quando a amostra é grande (superior a 30). Já a AACPD é uma variável contínua e se tem distribuição normal, o que foi confirmado pelo teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) pode ser representada pela distribuição t de Student (Steel et al., 1997).

Todas as análises estatísticas dos dados foram realizadas com auxílio do software R (R Core Team, 2017) e Microsoft Excel®.

3. Resultados e Discussão

A severidade da mancha amarela e a AACPD dos equipamentos de pulverização diferiram entre si e da testemunha apenas na cultivar ‘Nova Era’, não ocorrendo o mesmo na

cultivar ‘Pampeano’. A ausência de resposta desta cultivar ao controle químico é relatada por Tormen et al. (2013), sendo ela consequência da capacidade da cultivar em suprimir e/ou retardar a atividade da mancha amarela. A interação significativa entre os tratamentos e avaliações mostra que a severidade da mancha amarela sofreu incrementos ao longo das avaliações.

Para a severidade as variâncias entre os tratamentos foram heterogêneas apenas na terceira avaliação na cultivar ‘Pampeano’ e na segunda e terceira avaliação na cultivar ‘Nova Era’. Já a heterogeneidade das variâncias da severidade da mancha amarela entre as avaliações foi observada em 80% dos tratamentos. Em relação a variável AACPD, todos os tratamentos apresentaram variâncias heterogêneas.

Em relação ao efeito do erro experimental, já que existem dois erros (o experimental e o amostral), observou-se significância em ambos os experimentos para a variável severidade da mancha amarela e no primeiro experimento para a variável AACPD. Estes resultados evidenciam que as variâncias residual e amostral foram heterogêneas entre si e que a variabilidade entre as parcelas (residual) é maior que a variância dentro da parcela (amostral). As estimativas dos valores mais elevados do coeficiente de variação do erro experimental em relação ao amostral também reforçam esta afirmativa. Nos casos em que a variância entre as parcelas é maior que dentro das parcelas, uma maior atenção deve ser dada ao dimensionamento quanto ao número de repetições (Cargnelutti Filho et al., 2008, 2009; Krause et al., 2013). Porém, os elevados valores dos coeficientes de variação da amostra sugerem que o dimensionamento quanto ao tamanho da amostra também é necessário. Assim sendo, a utilização de um maior número de repetições, juntamente com um dimensionamento adequado do tamanho da amostra aumentaria a precisão experimental.

O dimensionamento do tamanho da amostra deve abranger diferentes anos de cultivos, épocas de semeadura, locais e momento da avaliação, para que as condições de desenvolvimento e dispersão da doença sejam as mais distintas possíveis, de modo que a recomendação não seja muito restrita (Silva et al., 2008; Michereff et al., 2008, 2011). Os experimentos avaliados apresentaram valores distintos de severidade da mancha amarela, tanto entre os tratamentos quanto entre as avaliações. A severidade da mancha amarela nas amostras (folhas bandeiras) variou entre 0 e 100% ao longo das três avaliações. Já a média dos tratamentos variou entre 2,38 a 96,91% (Tabelas 1 e 2). Estes valores, além de distintos, relatam situações extremas uma vez para cada 1% de severidade de doenças foliares incidente no trigo as perdas de produtividade podem variar entre 1 kg ha⁻¹ a 52,63 kg ha⁻¹, dependendo

da cultivar, do ano de cultivo (condições ambientais) e do estágio fenológico de ocorrência da doença (Bohatchuk et al., 2008).

Tabela 1 – Valores mínimo, máximo, média, desvio padrão (DP), variância, coeficiente de variação da média (CV), razão entre variância e média (I) e índice de Morisita (I_{δ}) da severidade da mancha amarela do trigo e da área abaixo da curva de progresso da doença no primeiro experimento.

Trat. ¹	Mínimo	Máximo	Média	DP	Variância	CV (%)	I	I_{δ}
-----Severidade (%) da 1ª avaliação-----								
T1	0,562	9,158	3,108	2,388	5,703	76,850	1,835*	1,264*
T2	0,000	17,158	2,912	3,621	13,114	124,352	4,503*	2,183*
T3	0,158	8,318	2,388	1,835	3,367	76,856	1,410 ^{ns}	1,169 ^{ns}
T4	0,000	6,462	2,409	1,660	2,756	68,922	1,144 ^{ns}	1,059 ^{ns}
T5	0,000	10,318	3,009	1,940	3,762	64,472	1,251 ^{ns}	1,082 ^{ns}
-----Severidade (%) da 2ª avaliação-----								
T1	1,770	57,530	9,700	10,837	117,443	111,723	2,119*	12,108*
T2	0,000	35,770	6,174	6,011	36,133	97,369	1,770*	5,853*
T3	0,530	12,770	5,325	3,157	9,964	59,278	1,160*	1,871*
T4	0,000	97,530	7,568	7,166	51,349	169,039	3,571*	12,113*
T5	0,530	12,550	6,325	2,974	8,843	47,014	1,062 ^{ns}	1,398 ^{ns}
-----Severidade (%) da 3ª avaliação-----								
T1	16,365	100,000	73,787	29,026	842,499	39,337	1,138*	11,418*
T2	23,365	100,000	81,305	25,425	912,226	31,271	1,083*	11,220*
T3	31,845	100,000	91,450	15,863	251,640	17,346	1,019*	2,752*
T4	33,245	100,000	86,898	22,652	513,122	26,068	1,055*	5,905*

T5	18,245	100,000	94,045	14,415	207,788	15,328	1,013*	2,209*
-----Área abaixo da curva de progresso da doença-----								
T1	122,331	781,705	344,705	136,090	18520,432	39,480	-	-
T2	103,205	639,815	344,355	105,667	11165,544	30,686	-	-
T3	120,705	457,315	372,363	65,137	4242,842	17,493	-	-
T4	126,455	1079,705	370,813	165,243	27305,330	44,562	-	-
T5	127,331	459,331	390,713	57,635	3321,736	14,751	-	-

* Aleatoriedade rejeitada pelo teste χ^2 a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} Aleatoriedade não é rejeitada. – Valores não calculados. ¹. T1= Atomizador rotativo de disco com volume de 24 L ha⁻¹; T2 = Atomizador rotativo de disco com volume de aplicação de 34 L ha⁻¹; T3= Ponta Leque com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T4= Ponta Cone Vazio com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T5 = testemunha sem aplicação. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Tabela 2 – Valores mínimo, máximo, média, desvio padrão (DP), variância, coeficiente de variação da média (CV), razão entre variância e média (I) e índice de Morisita (I_δ) da severidade da mancha amarela do trigo e da área abaixo da curva de progresso da doença no segundo experimento.

Trat. ¹	Mínimo	Máximo	Média	DP	Variância	CV (%)	I	I _δ
-----Severidade (%) da 1ª avaliação-----								
T1	2,865	19,865	5,900	3,851	14,830	61,803	1,251*	2,514*
T2	2,525	14,525	6,500	2,745	7,536	56,099	1,024 ^{ns}	1,159 ^{ns}
T3	0,525	14,865	5,450	3,242	10,511	66,906	1,167*	1,929*
T4	0,000	11,525	4,031	2,668	7,116	90,453	1,186*	1,765*
T5	0,725	24,885	6,850	4,784	22,888	53,232	1,334*	3,341*
-----Severidade (%) da 2ª avaliação-----								
T1	9,420	100,000	83,176	26,463	700,288	31,816	8,419*	1,087*

T2	6,420	100,000	66,155	34,577	1195,587	52,267	18,073*	1,252*
T3	0,000	84,420	22,965	23,861	569,333	103,903	24,792*	2,011*
T4	0,000	74,420	20,029	17,143	293,873	85,590	14,672*	1,666*
T5	44,780	100,000	93,685	24,138	582,622	25,765	6,219*	1,010*
-----Severidade (%) da 3ª avaliação-----								
T1	23,565	100,000	80,027	23,392	547,187	29,230	1,071*	6,838*
T2	16,465	100,000	71,719	26,649	710,164	37,157	1,121*	9,902*
T3	18,565	100,000	68,012	25,419	646,151	37,375	1,122*	9,501*
T4	11,465	100,000	64,744	29,559	873,754	45,656	1,188*	13,496*
T5	76,485	100,000	96,915	5,251	27,568	5,418	0,993 ^{ns}	0,284 ^{ns}
-----Área abaixo da curva de progresso da doença-----								
T1	410,702	1101,136	882,977	196,780	38722,181	22,286	-	-
T2	106,202	1080,422	736,849	272,507	74260,197	36,983	-	-
T3	154,382	889,382	417,867	197,687	39080,015	47,308	-	-
T4	96,636	869,202	380,915	170,701	29139,001	44,814	-	-
T5	653,136	1108,136	1018,969	183,397	33634,281	17,998	-	-

* Aleatoriedade rejeitada pelo teste χ^2 a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} Aleatoriedade não é rejeitada. - Valores não calculados. ¹. T1= Atomizador rotativo de disco com volume de 24 L ha⁻¹; T2 = Atomizador rotativo de disco com volume de aplicação de 34 L ha⁻¹; T3= Ponta Leque com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T4= Ponta Cone Vazio com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T5 = testemunha sem aplicação. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os valores do coeficiente de variação da média são um indicativo da variabilidade dos dados de severidade da mancha amarela e da AACPD e, conseqüentemente, do tamanho da amostra (Stürmer et al., 2013). Quanto maiores são os valores do coeficiente de variação, maior é a dispersão dos dados ao redor da média, sendo necessário um maior número de amostras para a sua estimação. Assim sendo, os valores do coeficiente de variação das duas

variáveis sugerem que o tamanho da amostra para estimar a média da severidade é maior do que para estimar a média da AACPD (Tabelas 1 e 2). Já a diferença do tamanho de amostra entre os tratamentos é consequência da diferença entre a média da severidade e da AACPD (no caso da cultivar ‘Nova Era’), e também da heterogeneidade das variâncias entre avaliações e tratamentos (observado em ambas as cultivares), o que leva a constantes mudanças na relação entre os valores de variância e média.

A dispersão da doença no campo, a partir dos dados de severidade da mancha amarela, foi determinada com o intuito de verificar a adequabilidade da metodologia utilizada no cálculo do tamanho da amostra. Os valores da razão variância/média e do índice de Morisita menores ou iguais a 1, indicam dispersão aleatória, enquanto que valores maiores que 1 indicam dispersão agregada (Tabelas 1 e 2). A dispersão da doença foi diferenciada entre os tratamentos e as três avaliações. Assim a associação de uma distribuição (que indicam distribuição agregada ou aleatória) à fórmula utilizada no cálculo do tamanho da amostra é inadequado e, deste modo, a metodologia utilizada na estimativa do tamanho da amostra no presente estudo é adequada (Michereff et al., 2008; 2011).

Os valores diferenciados do coeficiente de variação da média e dos índices de dispersão entre os tratamentos e avaliações confirmam que há necessidade de se dimensionar o tamanho amostral para cada situação específica, ou seja, para cada tratamento, avaliação e experimentos. Deste modo, foram estimados três tamanhos de amostra para a variável severidade, sendo uma por avaliação. Entretanto apenas um dos tamanhos de amostra estimado é apresentado, que representa aquele que necessita de maior intensidade amostral (Tabela 3).

Tabela 3 – Tamanho de amostra, em número de folhas por parcela, para estimação da média da severidade e da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da mancha amarela do trigo nos dois experimentos analisados, de acordo com a semi-amplitude do intervalo de confiança da média de 5, 10, 15, 20, 25 e 30%.

Trat. ¹	-----Severidade-----						-----AACPD-----					
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
-----Experimento 1-----												
T1	499	125	55	31	20	14	62	16	7	4	2	2
T2	379	95	42	24	15	11	38	9	4	2	2	1
T3	141	35	16	9	6	4	12	3	1	1	1	1
T4	114	286	127	71	46	32	79	20	9	5	3	2
T5	88	22	10	6	4	2	9	2	1	1	1	1
-----Experimento 2-----												
T1	153	38	17	10	6	4	20	5	2	1	1	1
T2	126	31	14	8	5	3	55	14	6	3	2	2
T3	179	45	20	11	7	5	90	22	10	6	4	2
T4	327	82	36	20	13	9	80	20	9	5	3	2
T5	113	28	13	7	5	3	13	3	1	1	1	1

¹. T1= Atomizador rotativo de disco com volume de 24 L ha⁻¹; T2 = Atomizador rotativo de disco com volume de aplicação de 34 L ha⁻¹; T3= Ponta Leque com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T4= Ponta Cone Vazio com volume de aplicação de 120 L ha⁻¹; T5 = testemunha sem aplicação. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

No caso da variável AACPD, apenas um tamanho de amostra foi estimado. A análise dos valores do coeficiente de variação da média já indicava uma tendência de redução no número de folhas a serem amostradas para a estimação da média da variável AACPD. Os tamanhos de amostra confirmam esta tendência (Tabela 3) e mostram que se pode reduzir a intensidade amostral para avaliar a média da variável AACPD. Esta variável é amplamente

utilizada em estudos fitopatológicos, pois caracteriza a interação entre o patógeno, ambiente e o hospedeiro, além de ser utilizada como forma de avaliação de estratégias de controle (Amorin et al., 2018).

Para um $D\% = 5\%$, o tamanho da amostra para estimar a severidade média da mancha amarela do trigo foi de 1143 folhas bandeiras. Já para a variável AACPD, o número de folhas a serem avaliadas foi 90 (Tabela 3). A avaliação desta quantidade de folhas torna-se impraticáveis, devido a quantidade de mão de obra e do tempo requerido. Por isso, recomenda-se a utilização de tamanhos de amostras com semi-amplitudes do intervalo de confiança de até 10%, sendo estes valores aceitáveis para levantamentos de doença no campo (Michereff et al., 2008; 2011). Neste caso, deve-se amostrar no mínimo 286 folhas, para estimar a severidade da mancha amarela, ou 22 folhas para estimar a AACPD. Ou seja, para um experimento com cinco repetições, por exemplo, deve-se amostrar 58 folhas para estimar a severidade e cinco folhas para estimar a AACPD. Porém, caberá a cada pesquisador determinar o tamanho de amostra a ser utilizado em seu estudo, de acordo com a quantidade de recurso disponível (Michereff et al., 2008; 2011; Toebe et al., 2011; Stürmer et al., 2013) e precisão desejada lembrando, sempre, que com a redução do tamanho de amostra maior será o erro amostral e, conseqüentemente, menor será a qualidade do experimento.

Os resultados de tamanho de amostra variaram principalmente de acordo com a variável analisada e as semi-amplitudes do intervalo de confiança ($D\%$). A utilização da amostragem nas parcelas provoca uma fonte de variação experimental, que é definida como erro amostral, sendo que quanto maior a variação dos dados em relação à média, maior será o número de plantas necessário para compor a amostra em função do erro experimental.

Para que pequenas diferenças entre as médias de tratamentos sejam consideradas significativas há a necessidade de se trabalhar com maiores tamanhos de amostras e com o menor percentual de $D\%$ (Tabela 3), independentes da variável a ser avaliada. Diversas pesquisas adotaram diferentes intensidades amostrais destas aqui estimadas e apresentadas. Essa situação evidencia que ainda é necessário ampliar estes estudos de estimativa de intensidades amostrais para outras condições de culturas agrícolas e variáveis avaliadas nos experimentos.

4. Considerações Finais

O propósito do artigo foi atendido, pois foi possível estimar a intensidade amostral na parcela, para avaliar a severidade da mancha amarela do trigo e a área abaixo da curva de

progresso da doença, considerando diferentes momentos de avaliação destas variáveis e diferentes semi-amplitudes do intervalo de confiança da média.

Em parcela experimental de 14 m de largura por 20 m de comprimento e fixando uma semi-amplitude do intervalo de confiança da média de 10%, o tamanho da amostra é de 286 folhas bandeiras para estimar a severidade média da mancha amarela do trigo e de 22 folhas bandeiras para a variável área abaixo da curva de progresso da doença.

Na expectativa de um adequado planejamento experimental para avaliação do progresso de doenças em trigo há a carência, ainda, de estudos que visem estimar o tamanho de parcela suficiente para essas avaliações, bem como o menor número de repetições a serem adotados, com vistas à uma redução da variabilidade residual nos experimentos e, por consequência, um incremento na precisão experimental e na confiabilidade dos resultados obtidos.

Referências

Amorim, L., Bergamin Filho, A., & Rezende, J. A. M. (2018). *Manual de Fitopatologia*. v.1. 5ªEd. São Paulo: Ceres.

Bohatchuk, D. A., Casa, R. T., Bogo, A., Kuhnem Junior, P. R., Reis, E. M., & Moreira, E. N. (2008). Modelo de ponto crítico para estimar danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo. *Tropical Plant Pathology*, 33 (5), 363-369.

Cargnelutti Filho, A., Evangelista, D. H. R., Gonçalves, E. C. P., & Storck, L. (2009). Tamanho de amostra de caracteres de genótipos de soja. *Ciência Rural*, 39 (4), 983-991.

Cargnelutti Filho, A., Ribeiro, N. D., Storck, L., Jost, E., & Poersch, N. L. (2008). Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. *Ciência Rural*, 38 (3), 635-642.

Catapatti, T. R., Goncalves, M. C., Silva Neto, M. R., & Sobroza, R. (2008). Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em milho-pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*, 32 (3), 855-862.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques*. 3.ed. New York: John Willey.

Gulart, C. A., Debortoli, M., Madalosso, M., Balardin, R., Santos, I. P. S., Dalla Corte, G., Lenz, G., & Marques, L. N. (2013). Espectro de gotas de pulverização e controle de doenças em duas cultivares de trigo. *Ciência Rural*, 43 (10), 1747-1753.

James, W. C. (1971). An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. *Canadian Plant Disease Survey*, 51 (2), 39-65.

Krause, W., Storck, L., Lúcio, A. D., Nied, A. H., & Gonçalves, R. Q. (2013). Tamanho ótimo de amostra para avaliação de caracteres de frutos de abacaxizeiro em experimentos com adubação usando parcelas grandes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35 (1), 183-190.

Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In: Olkin, I.; Hoeffding, W.; Ghurye, S.G.; Madow, W.G. & Mann, H.B. (Eds.). *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. California: Stanford University Press.

Mehta, Y. R., Riede, C. R., Campos, L. A. C., & Kohli, M. M. (1992). Integrated management of major wheat diseases in Brazil: an example for the Southern Cone region of Latin America. *Crop Protection*, 11 (6), 517-524.

Michereff, S. J., Martins, R. B., Noronha, M. A., & Machado, L. P. (2011). Sample size for quantification of cercospora leaf spot in sweet pepper. *Journal of Plant Pathology*, 93 (1), 83-186.

Michereff, S. J., Noronha, M. A., & Maffia, L. A. (2008). Tamanho de amostras para avaliação da severidade da queima das folhas do inhame. *Summa Phytopathologica*, 34 (2), 189-191.

Navarini, L., & Balardin, R. S. (2012). Doenças foliares e o controle por fungicidas na produtividade e qualidade de grãos de trigo. *Summa Phytopathologica*, 38 (4), 294-299.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Prestes, A. M., Santos, H. P., & Reis, E. M. (2002). Práticas culturais e incidência de manchas foliares em trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (6), 791-797.

R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Austria. 2017.

Ranzi, C., & Forcelini, C. A. (2013). Aplicação curativa de fungicidas e seu efeito sobre a expansão de lesão da mancha-amarela do trigo. *Ciência Rural*, 43 (9), 1576-1581.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52 (1), 591-611.

Silva, A. M. F., Michereff, S. J., Mariano, R. L. R., & Silva, A. J. (2008). Tamanho de amostras para quantificação da podridão-mole da alface e da couve-chinesa. *Summa Phytopathologica*, 34 (1), 90-92.

Silva, E. I., Mariano, R. L. R., Michereff, S. J., Sales Júnior, R., & Oliveira, I. S. (2003). Levantamento da incidência da mancha-aquosa do melão no Rio Grande do Norte e determinação do tamanho das amostras para quantificação da doença. *Summa Phytopathologica*, 29 (2), 172-176.

Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3ed. New York: McGraw-Hill.

Storck, L., Lopes, S. J., Estefanel, V., & Garcia, D. C. (2006). *Experimentação vegetal*. 2.ed. Santa Maria: Ed. da UFSM

Stürmer, G. R., Cargnelutti Filho, A., Guedes, J. V. C., & Stefanelo, L. S. (2013). Tamanho de amostra para a estimação da média de lagartas na cultura de soja. *Biosciense Journal*, 29 (1), 1596-1605.

Toebe, M., Both, V., Cargnelutti Filho, A., Brackmann, A., & Storck, L. (2011). Dimensionamento amostral para avaliar firmeza de polpa e cor da epiderme em pêssego e maçã. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (4), 1026-1035.

Tormen, N. R., Lenz, G., Minuzzi, S. G., Uebel, J. D., Cezar, H. S., & Balardin, R. S. (2013). Reação de cultivares de trigo à ferrugem da folha e mancha amarela e responsividade a fungicidas. *Ciência Rural*, 43(2), 239-246, 2013.

Zadocks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Bruno Giacomini Sari – 50%

Alessandro Dal’Col Lúcio – 30%

Ivan Francisco Dressler da Costa – 10%

Ana Lúcia de Paula Ribeiro – 10%