

TAMANHO DE AMOSTRA PARA ESTIMAÇÃO DA MÉDIA DE CARACTERES DE MILHETO EM ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO

JÉSSICA ANDIARA KLEINPAUL¹, ALBERTO CARGNELUTTI FILHO¹,
BRUNA MENDONÇA ALVES¹, CLÁUDIA BURIN¹, ISMAEL MARIO MARCIO NEU¹,
DANIELA LIXINSKI SILVEIRA¹ e FERNANDA MARTINS SIMÕES¹

¹Universidade Federal de Santa Maria - kleinpauljessica@gmail.com, alberto.cargnelutti.filho@gmail.com,
brunamalves11@gmail.com, clauburin@gmail.com, ismaelmmneu@hotmail.com, danielisil@gmail.com,
fernandadompedito@gmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.2, p. 251-262, 2017

RESUMO - Os objetivos foram determinar o tamanho de amostra para estimação da média de caracteres de milheto, para distintos níveis de precisão, e verificar a variabilidade do tamanho de amostra entre épocas de avaliação. Foi conduzido um ensaio de uniformidade com milheto, no ano agrícola 2012/2013. Foram marcadas, aleatoriamente, 360 plantas. Aos 26, 33, 40 e 48 dias após a semeadura foram mensurados os caracteres altura de planta, diâmetro do colmo, número de afilhos, nós por colmo e nós por afilho. Aos 48 dias após a semeadura foram pesadas a massa verde de parte aérea e a massa seca de parte aérea. Para cada caractere, foram calculadas as medidas de tendência central e de variabilidade. Foi determinado o tamanho de amostra por reamostragem, com reposição, para as amplitudes do intervalo de confiança de 95% iguais a 15%, 16%, ..., 30% da estimativa da média. Para estimação da média de caracteres de milheto, com amplitude do intervalo de confiança de 95% de até 30% da estimativa da média, são necessárias 193 plantas. Há variabilidade no tamanho de amostra para os caracteres altura de planta, diâmetro do colmo, número de afilhos, nós por colmo e nós por afilho entre as épocas de avaliação.

Palavras-chave: *Pennisetum glaucum*, dimensionamento amostral, reamostragem, precisão experimental.

SAMPLE SIZE TO ESTIMATE THE MEAN OF MILLET TRAITS IN EVALUATION TIMES

ABSTRACT - The objectives of this work were to determine the sample size for the estimation of the mean of millet traits, for different levels of precision, and to verify the variability of sample size among evaluation times. An uniformity trial was performed with millet during the 2012/2013 agricultural year. A total of 360 plants were marked randomly. At 26, 33, 40, and 48 days after sowing, the traits plant height, stem diameter, number of tillers, nodes per stem, and nodes per tiller were measured. At 48 days after sowing, the fresh matter of aerial part and the dry matter of aerial part were weighed. Measures of central tendency and variability were calculated for each trait. The sample size was determined by resampling with replacement of 10,000 resamples for amplitudes of the confidence interval of 95% equal to 15%, 16%, ..., 30% of the estimated mean. In order to estimate the mean of pearl millet characters with the amplitude of the confidence interval of 95% up to 30% of the estimated mean, 193 plants are required. There is variability in sample size for the traits plant height, stem diameter, number of tillers, nodes per stem and nodes per tiller among evaluation times.

Keywords: *Pennisetum glaucum*, sample dimension, resampling, experimental precision.

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) é uma espécie anual de clima tropical, da família *Poaceae*. Possui porte ereto e alto perfilhamento, adaptando-se às várias condições de solo e clima. A cultura possui alta taxa de crescimento, o que proporciona rápida cobertura de solo e produção de palhada. No entanto, a decomposição dos resíduos vegetais é lenta (Boer et al., 2008). Além disso, destaca-se pela utilização na alimentação animal e humana. Apresenta características agronômicas importantes, como produção de grãos, alta produção de massa verde e seca com satisfatória produção de silagem, de alto valor nutritivo (Guimarães Júnior et al., 2009).

Em pesquisas com culturas de cobertura de solo, como o milheto, o dimensionamento amostral necessário para estimação da média de determinado caractere é importante para obtenção de estimativas com precisão adequada. Desse modo, determinar o tamanho de amostra para a cultura evita subestimar ou superestimar o número de plantas amostradas. Maiores tamanhos de amostra proporcionam maior precisão experimental, no entanto, em um experimento, avaliar um grande número de plantas, pode ser inviável pela grande área experimental a ser utilizada e também por causa das limitações de mão de obra e custos financeiros. Então, em experimentos conduzidos no campo, amostrar as plantas dentro da unidade experimental (parcela) é uma alternativa adequada (Cargnelutti Filho et al., 2010a). Deste modo, é necessário estabelecer o tamanho de amostra adequado para estimação da média de caracteres com nível de precisão desejado. No entanto, o tamanho de amostra não influencia na escolha do delineamento experimental a ser utilizado.

A determinação do tamanho de amostra é uma técnica que oferece ao pesquisador a possibilidade

em obter o parâmetro a ser avaliado em um nível de confiança, de acordo com erro de estimação desejado. O tamanho de amostra pode ser determinado de acordo com a distribuição de probabilidade dos dados. Em casos em que os dados têm aderência à distribuição normal, o tamanho de amostra pode ser determinado com base no desvio-padrão, no valor crítico da distribuição t de Student e no erro de estimação (Ferreira, 2009), sendo uma técnica simples de ser realizada. Em casos de qualquer distribuição de probabilidade dos dados, a técnica de reamostragem é mais adequada e permite gerar várias reamostras com e sem reposição, apresentando maior representatividade das variações ambientais e agronômicas. A reamostragem com reposição possibilita que os valores extremos sejam incluídos várias vezes e que sejam estudados tamanhos de amostra maiores que o número de observações da amostra original.

O método de determinação do tamanho de amostra, por meio de reamostragens, tem sido utilizado para estabelecer o tamanho de amostra em cana-de-açúcar (Leite et al., 2009), em híbridos de milho (Cargnelutti Filho et al., 2010b), em sementes de feijão-de-porco e mucuna-cinza (Cargnelutti Filho et al., 2012) e em tremoço-branco (Burin et al., 2014).

O tamanho de amostra é importante para dar credibilidade aos resultados da pesquisa e para a redução do erro experimental. Supõe-se que os tamanhos de amostra diferem entre os caracteres de milheto e entre as épocas de avaliação. Assim, os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho de amostra para estimação da média de caracteres de milheto (*Pennisetum glaucum*), com distintos níveis de precisão, e verificar a variabilidade do tamanho de amostra entre épocas de avaliação.

Material e Métodos

Um ensaio de uniformidade com a cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) foi conduzido em uma área experimental de 28 m × 60 m (1.680 m²), no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul (29°42'S, 53°49'W e 95 m de altitude), no ano agrícola 2012/2013. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (Heldwein et al., 2009), e o solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Santos et al., 2013).

No ensaio de uniformidade foi utilizada a cultivar Comum, uma das principais cultivadas no Brasil (Bastos et al., 2005; Guimarães Júnior et al., 2009), com semeadura predominantemente realizada a lanço, quando utilizada como planta de cobertura de solo (Guimarães Júnior et al., 2009). Os mesmos autores relatam que o seu desenvolvimento é desuniforme e apresenta espiguetas com tamanhos variados.

A semeadura do milheto foi realizada a lanço, em 26 de outubro de 2012, na densidade de 20 kg ha⁻¹. A adubação de base foi de 40 kg ha⁻¹ de N, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 160 kg ha⁻¹ de K₂O. A emergência ocorreu no dia 2 de novembro de 2012. Em 12 de novembro de 2012, foram aplicados 90 kg de N ha⁻¹ em cobertura. Em ensaios de uniformidade (experimentos em branco, ou seja, sem tratamentos), é recomendado que os tratamentos culturais sejam os mesmos em toda a área experimental (Storck et al., 2016). Assim, todos os tratamentos culturais foram realizados homogeneamente na área experimental.

No dia 21 de novembro de 2012, foram selecionadas e marcadas, aleatoriamente, 360 plantas na parte central da área experimental, em um gride com

360 pontos distanciados de 1 m × 1 m (1 m²), formando uma matriz com 30 linhas e 12 colunas (360 m²). Em cada ponto do gride foi colocada uma estaca e a planta mais próxima da estaca foi selecionada para as avaliações. Nas 360 plantas selecionadas, em quatro épocas de avaliação (26, 33, 40 e 48 dias após a semeadura-DAS), foram mensurados os caracteres altura de planta (AP, em cm) e diâmetro do colmo (DC, em mm) e contados o número de afilhos (NA), de nós por colmo (NPC) e de nós por afilho (NPA) (Figura 1). O caractere AP foi medido com régua milimetrada, considerando a distância do nível do solo até a inserção da última folha expandida, e o caractere DC foi medido com paquímetro, junto à superfície do solo. Para o caractere NA, foram contados todos afilhos que continham pelo menos uma folha expandida; para os caracteres NPC e NPA no colmo principal e nos afilhos, respectivamente, foram contados todos os nós que possuíam folhas expandidas. No estádio 3 (Maiti & Bidinger, 1981), que antecede o início da formação da folha bandeira, o qual é caracterizado por uma mudança no ponto de crescimento do estágio vegetativo para o reprodutivo, foi realizada a última avaliação. Assim, aos 48 DAS, as plantas foram coletadas, cortadas junto à superfície do solo e pesada a massa verde de parte aérea (MV, em g planta⁻¹). Após isso, as plantas foram acondicionadas em embalagem de papel, identificadas e levadas à estufa de circulação de ar forçado (60°C), até peso constante para obtenção da massa seca de parte aérea (MS, em g planta⁻¹). As massas de parte aérea foram pesadas com balança digital de 0,0001 g de precisão.

Para os caracteres AP, DC, NA, NPC, NPA, MV e MS foram calculadas as estatísticas mínimo, máximo, média, mediana, amplitude, variância, erro padrão e coeficiente de variação. Posteriormente, foram planejados 799 tamanhos de amostra para cada

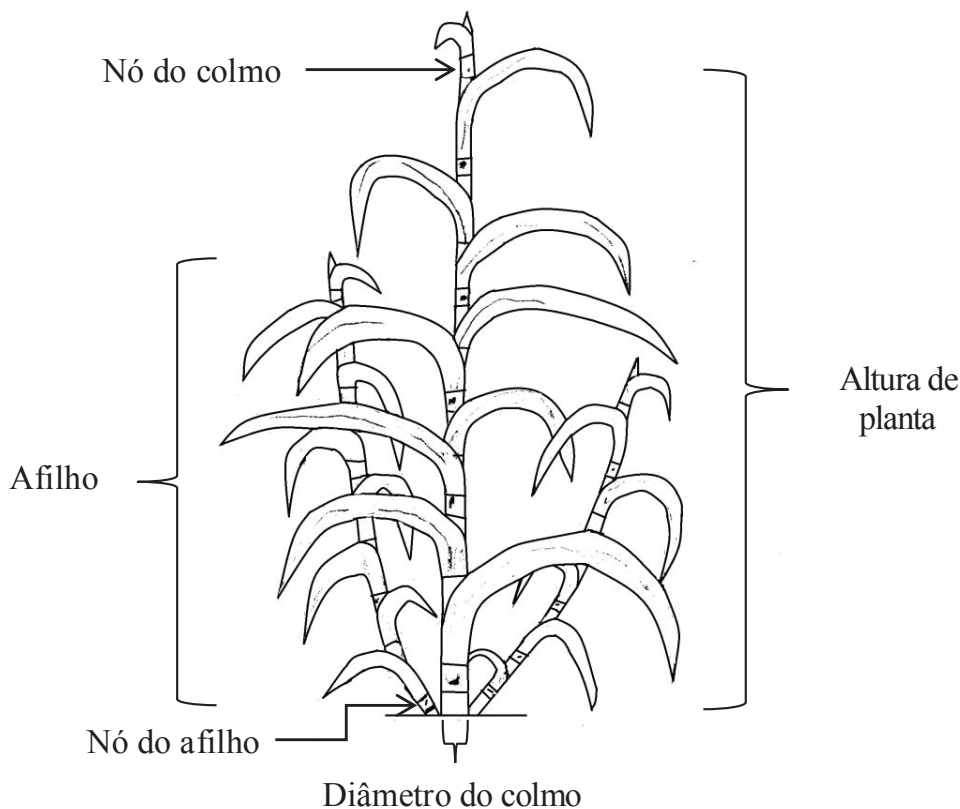


Figura 1. Representação dos nós do colmo principal, nós dos afilhos e afilhos, e de como foram feitas as medições de altura de planta e diâmetro do colmo de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown). (Fonte: Elaborado pelos autores).

caractere. Por meio da reamostragem com reposição, é possível planejar amostras com tamanhos maiores ao número de plantas avaliadas ($n = 360$ plantas, nesse estudo), pelo fato de os elementos da amostra poderem ser reamostrados mais de uma vez. O menor tamanho de amostra planejado foi de duas plantas e foi acrescentada uma planta nos demais tamanhos de amostra planejados, até atingir o tamanho máximo de 800 plantas.

Para cada tamanho de amostra planejado, de cada caractere de milho, foram realizadas 10.000 reamostragens, com reposição (Ferreira, 2009) e estimada a média de cada reamostra (10.000 médias). A seguir, para as 10.000 estimativas da média, foram

determinadas as estatísticas mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo. Depois, foi calculada a amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$), para a média, pela diferença entre o percentil 97,5% e 2,5%. A seguir, determinou-se o tamanho de amostra (número de plantas) para a estimação da média de cada caractere. Para essa determinação, partiu-se do tamanho inicial (duas plantas) e considerou-se como tamanho de amostra o número de plantas a partir do qual as amplitudes do intervalo de confiança de 95% foram menores ou iguais a 15%, 16%, ..., 30% da estimativa da média.

As estatísticas mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo das 10.000 médias do

caractere nós por afilho foram plotadas em gráficos. Optou-se por representar apenas o caractere nós por afilho em função de apresentar o maior tamanho de amostra para estimação da média aos 26, 30, 40 e 48 DAS. Para melhor visualização gráfica, a representação foi realizada em intervalos de 20 plantas. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa R (R Core Team, 2015) e do aplicativo Microsoft Office Excel®.

Resultados e Discussão

A altura das 360 plantas de milho aumentou 52,07 cm em 22 dias. Da mesma forma, o diâmetro do colmo aumentou 14,23 mm em 22 dias. Campos et al. (2011) verificaram valores de altura similares ao presente trabalho, com 8,58 cm e 42,33 cm aos 28 DAS e 42 DAS, respectivamente, na avaliação de dois genótipos de milho. Para o caractere número de afilhos houve em média aumento de 1,1 afilhos de 26 DAS até 48 DAS. Já a média do número de afilhos aos 48 DAS foi de 2,98, momento em que a planta apresentava média de 58,39 cm de altura (Tabela 1). Coimbra & Nakagawa (2006) relataram que o número médio de afilhos, quando a planta atingiu de 50 a 70 cm de altura, foi de 2,7 afilhos por planta. Diante disso, é possível inferir que as plantas de milho apresentaram desenvolvimento inicial rápido até o momento em que a folha bandeira ainda não está visível.

Verificou-se que o crescimento das plantas em altura ocorreu principalmente após os 40 DAS, com o aumento de duas vezes na altura de plantas de 40 DAS até os 48 DAS. Nesse momento, as plantas se encontravam na fase vegetativa, produzindo maior quantidade de afilhos. Já a relação para os caracteres diâmetro do colmo e altura de planta entre as épocas de avaliação não foi proporcional durante o desen-

volvimento da cultura. Esse maior aumento da altura de planta, em relação ao colmo, evidencia o rápido desenvolvimento inicial da cultura. Assim, foi constatado que a cultura possui rápida cobertura de solo, por causa da rápida formação inicial da planta, tendo potencial para utilização da palhada e também grande potencial como planta de cobertura. O rápido desenvolvimento na fase inicial da cultura está relacionado com o curto ciclo e habilidade forrageira da cultivar Comum e o uso para proteção de solo (Guimarães Júnior et al., 2009).

Entre os caracteres nós por colmo e nós por afilho, o desenvolvimento das plantas em média foi maior para o caractere nós por colmo, apresentando aproximadamente um colmo a mais na planta principal que nos afilhos na última época de avaliação. Os afilhos, por serem menores em relação ao colmo principal, apresentaram menor quantidade de nós, pois estão no início do ciclo da cultura. E aos 48 DAS em média a proporção da massa seca de parte aérea (7,29 g planta⁻¹) correspondeu a 9,30% da massa verde de parte aérea (78,40 g planta⁻¹) (Tabela 1). Assim, a relação da proporção da massa seca de parte aérea correspondente à massa verde de parte aérea, relacionadas aos nós por colmo e nós por afilho, expressa importante contribuição dessa cultura como planta de cobertura de solo, pois em razão de a planta estar em fase vegetativa, esta possui elevada quantidade de massa verde de parte aérea.

Os caracteres mensurados no presente trabalho também foram avaliados por Shailasree et al. (2001). Os autores avaliaram os caracteres altura de planta, número de afilhos, massa verde de parte aérea e massa seca de parte aérea. Já Brocke et al. (2003) mensuraram os caracteres altura de planta e número de afilhos. Assim como Kaushal et al. (2007), que mensuraram altura de planta, número de afilhos e nós por

Tabela 1. Mínimo, máximo, média, mediana, amplitude, variância, erro padrão e coeficiente de variância (CV) para caracteres mensurados em 360 plantas de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), em épocas de avaliação.

Caracteres ⁽¹⁾	Estatísticas							
	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Amplitude	Variância	Erro Padrão	CV (%)
26 dias após a semeadura								
AP	1,80	12,00	6,32	6,20	10,20	3,13	0,09	28,01
DC	3,00	16,00	9,05	9,00	13,00	8,33	0,15	31,90
NA	1,00	4,00	1,88	2,00	3,00	0,92	0,05	50,99
NPC	1,00	7,00	3,73	4,00	6,00	1,56	0,07	33,41
NPA	0,00	5,00	1,75	2,00	5,00	3,44	0,10	106,20
33 dias após a semeadura								
AP	4,00	23,00	13,22	13,00	19,00	14,74	0,20	29,04
DC	6,00	26,00	15,10	15,00	20,00	24,14	0,26	32,54
NA	1,00	4,00	2,32	2,00	3,00	1,27	0,06	48,46
NPC	2,00	7,00	4,60	5,00	5,00	1,42	0,06	25,92
NPA	0,00	8,00	3,16	4,00	8,00	7,16	0,14	84,62
40 dias após a semeadura								
AP	9,00	46,00	25,61	24,50	37,00	78,70	0,47	34,64
DC	6,00	35,00	19,00	18,00	29,00	45,61	0,36	35,55
NA	1,00	6,00	2,77	3,00	5,00	1,90	0,07	49,69
NPC	3,00	9,00	5,49	5,00	6,00	1,33	0,06	20,98
NPA	0,00	12,00	5,01	6,00	12,00	13,83	0,20	74,17
48 dias após a semeadura								
AP	16,00	101,00	58,39	58,00	85,00	423,71	1,08	35,25
DC	7,00	41,00	23,28	23,00	34,00	69,41	0,44	35,79
NA	1,00	6,00	2,98	3,00	5,00	2,32	0,08	51,20
NPC	4,00	11,00	6,48	6,00	7,00	1,79	0,07	20,67
NPA	0,00	13,00	5,73	6,00	13,00	17,82	0,22	73,67
MV	9,30	157,71	78,40	75,56	148,41	1176,89	1,81	43,76
MS	1,28	14,59	7,29	7,28	13,31	9,59	0,16	42,52

⁽¹⁾ AP - Altura de planta (cm); DC - diâmetro do colmo (mm); NA - número de afilhos; NPC - nós por colmo; NPA - nós por afilho; MV - massa verde de parte aérea (g planta⁻¹); MS - massa seca de parte aérea (g planta⁻¹)

colmo, e Loumerem et al. (2008), os quais mensuraram altura de planta, diâmetro do colmo, número de afilhos e nós por afilho na cultura do milho. Porém, esses autores encontraram valores médios diferentes

dos mensurados no presente trabalho, fato que pode ser explicado pela diferença entre cultivares, épocas de avaliação e locais nos quais os experimentos foram conduzidos.

Entre as quatro épocas de avaliação, houve variabilidade do coeficiente de variação (CV). Os CVs foram maiores em ordem crescente para os seguintes caracteres: nós por colmo ($20,67\% \leq CV \leq 33,41\%$); altura de planta ($28,01\% \leq CV \leq 35,25\%$); diâmetro do colmo ($31,90\% \leq CV \leq 35,79\%$); número de afilho ($48,46\% \leq CV \leq 51,20\%$); e nós por afilho ($73,67\% \leq CV \leq 106,20\%$). O CV da massa verde de parte aérea foi de 43,76% e da massa seca de parte aérea foi de 42,52% (Tabela 1). Entre os caracteres, o número de nós por afilho apresentou maior CV nas quatro épocas de avaliação. Essa maior variabilidade resultou em maiores tamanhos de amostra para esse caractere, variando de 92 a 193 plantas com $AIC_{95\%}$ de até 30% da estimativa da média, diretamente (Figura 2 e Tabela 2). A relação direta entre a variabilidade nos caracteres e o aumento no tamanho de amostra também foi verificada por Bandeira et al. (2016) com a cultura de *Passiflora caerulea*.

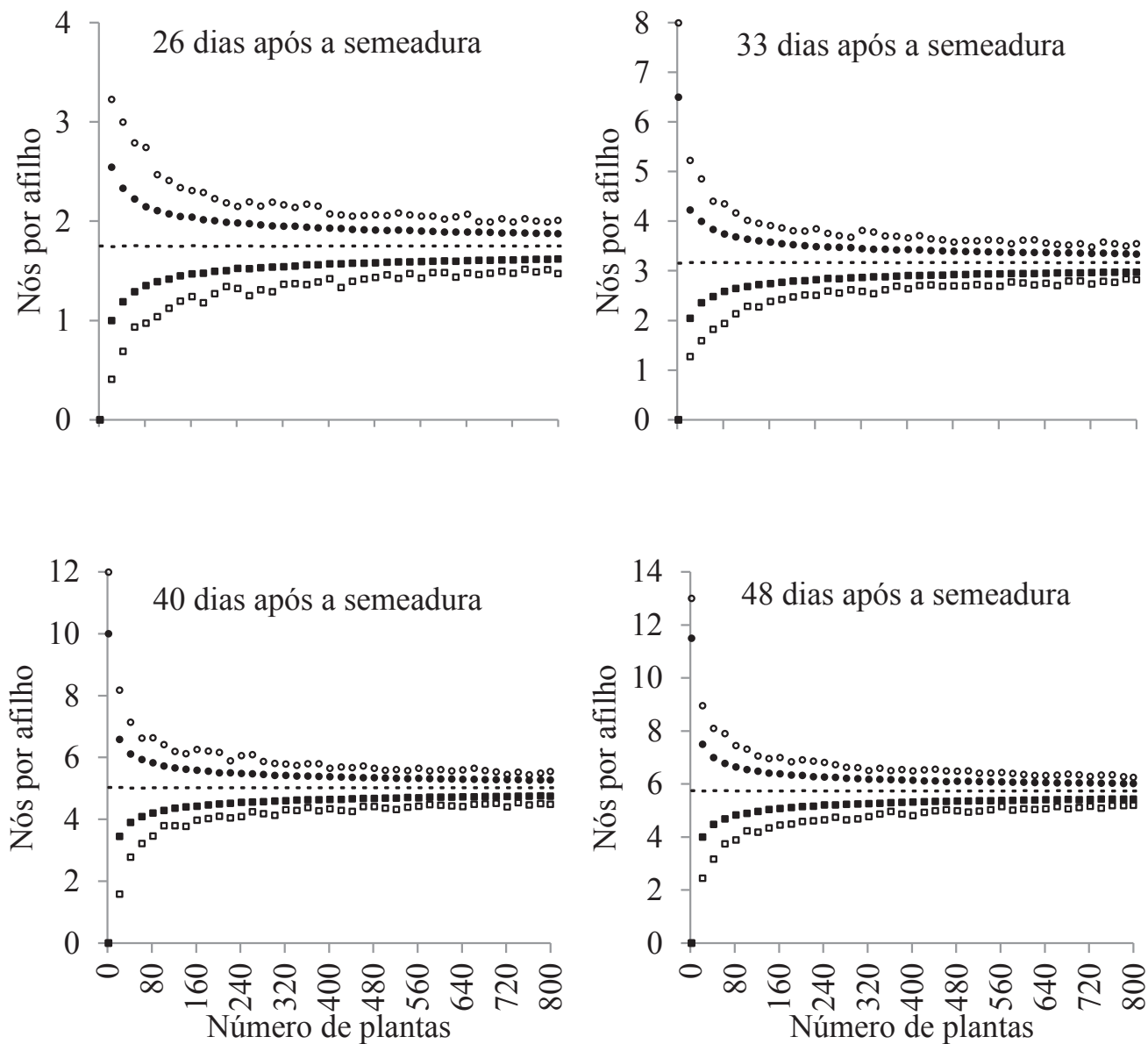
O tamanho de amostra (n) necessário para a estimação da média de caracteres de milho, com $AIC_{95\%}$ de até 30%, apresentou alta variabilidade entre altura de planta (15 plantas $\leq n \leq 23$ plantas), diâmetro do colmo (18 plantas $\leq n \leq 23$ plantas), número de afilhos (40 plantas $\leq n \leq 46$ plantas), nós por colmo (9 plantas $\leq n \leq 20$ plantas) e nós por afilho (92 plantas $\leq n \leq 193$ plantas). O tamanho de amostra necessário para a estimação da média de caracteres de milho, com $AIC_{95\%}$ de até 30% foi de 34 plantas para massa verde de parte aérea e de 32 plantas para massa seca de parte aérea (Tabela 2). Foram observados tamanhos maiores de amostra no ciclo da cultura para os caracteres altura de planta e diâmetro de colmo e menores tamanhos de amostra para o caractere número de nós por afilho. Assim, para a $AIC_{95\%}$ de até 30% da estimativa da média, ou seja, para a menor precisão, os tamanhos de amostra variaram entre os

caracteres com 15 (altura de plantas) a 193 plantas (nós por afilho), aos 26 DAS. E com o desenvolvimento do ciclo da cultura para mesma precisão os tamanhos de amostra variaram de 9 (nós por colmo) a 92 plantas (nós por afilho), aos 48 DAS (Figura 2 e Tabela 2).

Considerando o tamanho de amostra de 92 plantas para avaliar o caractere nós por afilho com $AIC_{95\%}$ de até 30% da estimativa da média, em experimento com quatro repetições, é necessário avaliar 23 plantas por parcela em cada tratamento. Já em avaliações em campo ou em lavoura, sem delineamento experimental, 92 plantas devem ser avaliadas em toda a parte área, de forma aleatória.

A maior variabilidade de CV e tamanho de amostra entre os caracteres estudados ocorreu na seguinte ordem de magnitude: nós por colmo, altura de planta, massa seca de parte aérea, massa verde de parte aérea, diâmetro do colmo, número de afilhos e nós por afilho. Desse modo, o caractere nós por afilho apresentou CV mais elevado que os demais caracteres. Essa variabilidade provavelmente está associada ao fato de a amostragem contemplar plantas com diferentes desempenhos em campo. Então, com base nessa medida de variabilidade, para o mesmo nível de precisão, é necessário maior tamanho de amostra para estimação da média de nós por afilho em relação aos demais caracteres, sendo necessária a mensuração de um maior número de plantas que nos outros caracteres.

Diferentes níveis de precisão do tamanho de amostra para estimação da média de caracteres de milho possibilitam ao pesquisador adequar sua pesquisa de acordo com o grau de precisão desejada. Então, menores tamanhos de amostra são necessários à medida que se aceita um maior valor para o intervalo de confiança da estimativa da média. Maiores tamanhos



◦ Máximo • Percentil 97,5% · Média ▪ Percentil 2,5% ◻ Mínimo

Figura 2. Mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo das 10.000 médias, obtidas por reamostragens (com base em 360 plantas de milho), em cada tamanho de amostra (número de plantas).

Tabela 2. Tamanho de amostra (número de plantas) para estimação da média de caracteres de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) para as amplitudes do intervalo de confiança de 95% iguais a 15%, 16%, ..., 30% da estimativa da média, em épocas de avaliação.

Caracteres ⁽¹⁾	Amplitudes															
	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
26 dias após a semeadura																
AP	55	47	42	38	34	32	29	26	24	23	21	19	18	17	16	15
DC	70	62	55	49	44	41	37	33	30	28	26	24	23	21	19	18
NA	178	154	136	119	110	95	87	84	75	70	63	61	57	52	50	44
NPC	75	68	61	55	47	44	38	37	34	32	28	25	25	24	23	20
NPA	757	658	580	530	465	426	391	350	318	295	269	255	231	216	202	193
33 dias após a semeadura																
AP	58	51	45	42	37	33	31	28	26	23	22	20	19	18	17	16
DC	73	67	57	51	46	40	38	34	32	30	27	25	24	21	21	19
NA	161	142	124	112	99	90	79	76	67	63	58	54	51	46	45	40
NPC	45	44	37	33	30	26	24	22	21	21	18	17	15	15	13	12
NPA	478	422	367	335	301	275	248	222	205	188	170	163	150	140	130	121
40 dias após a semeadura																
AP	85	72	65	58	51	48	44	39	37	34	31	28	26	25	24	22
DC	88	76	66	61	56	51	45	41	37	35	33	30	28	27	25	22
NA	165	146	133	116	107	95	82	80	75	66	59	58	53	50	46	42
NPC	31	28	25	24	20	20	16	16	15	14	12	11	10	9	9	9
NPA	369	328	285	259	228	212	193	172	159	141	134	122	116	107	101	94
48 dias após a semeadura																
AP	84	76	68	61	54	50	45	41	38	35	32	29	27	25	24	23
DC	87	77	69	62	56	52	46	42	39	37	33	31	28	27	25	23
NA	172	153	140	123	110	98	90	82	76	70	67	60	56	52	49	46
NPC	30	27	23	22	19	18	15	15	14	13	13	12	11	10	9	9
NPA	359	325	284	256	228	203	188	173	160	143	134	122	115	108	99	92
MV	130	116	102	92	83	74	67	62	57	51	48	45	40	39	37	34
MS	125	107	96	86	78	71	65	58	53	50	45	42	41	36	35	32

⁽¹⁾ AP - Altura de planta (cm); DC - diâmetro do colmo (mm); NA - número de afilhos; NPC - nós por colmo; NPA - nós por afileto; MV - massa verde de parte aérea (g planta⁻¹); MS - massa seca de parte aérea (g planta⁻¹).

de amostra são necessários no início do ciclo da cultura, reduzindo-se com o passar do ciclo, por causa da diminuição gradativa da variabilidade entre as plantas. Foi confirmado que há variabilidade do tamanho de amostra entre os caracteres e épocas de avaliação, assim como verificado em crambe (Cargnelutti Filho et al., 2013) e em aveia-preta (Cargnelutti Filho et al., 2015). De modo geral, para estimativa da média com a mesma precisão, o caractere nós por afilho, seguido do número de afilhos, necessita maior tamanho de amostra durante o ciclo da cultura. Contudo, para uma mesma precisão, diferentes tamanhos de amostra deveriam ser utilizados para os diferentes caracteres. No entanto, na prática, em experimentos realizados em campo, é comum a utilização de apenas um tamanho de amostra que contemple a variabilidade de todos os caracteres a serem avaliados. Assim, foi observado que para a estimação da média dos caracteres de milho, com mesma precisão, o tamanho de amostra é distinto entre os caracteres e entre épocas de avaliação.

A constatação de variabilidade nos tamanhos de amostra para estimação da média dos caracteres de milho demonstra adequabilidade dos resultados neste estudo, pois refletem situações reais de experimentos em campo, evidenciando a necessidade de fazer uso de distintos tamanhos de amostra para diferentes caracteres. Cenários com variabilidade também foram constatados em diferentes caracteres nos estudos realizados em cana-de-açúcar (Leite et al., 2009), mucuna-cinza e feijão-de-porco (Cargnelutti Filho et al., 2012), tremoço-branco (Burin et al., 2014), macieira (Toebe et al., 2014a) e milho (Toebe et al., 2014b).

A estimativa da média dos caracteres nas quatro épocas de avaliação, com amplitude do intervalo de confiança de 95% de até 15%, ou seja, com

maior precisão, é dificultada em função do elevado número de plantas a serem mensuradas. A opção por menores tamanhos de amostra poderá ser priorizada pelo pesquisador no planejamento amostral, porém, proporcionaria maiores erros experimentais, ou seja, menor precisão. Na prática, esse estudo possibilita ao pesquisador escolher o tamanho de amostra, de acordo com o tamanho da área experimental, mão de obra, recursos financeiros, e, ainda, utilizar a precisão experimental desejada para cada caractere. As informações geradas no estudo são válidas para a cultivar Comum no ambiente estudado e podem servir de referência para o planejamento amostral em futuras pesquisas. Para outros genótipos e ambientes, outros estudos devem ser realizados.

Conclusões

Considerando as condições de local, clima, tipo de solo, sistema de semeadura, adubação e densidade de semeadura do experimento, para a estimação da média de caracteres de milho, com amplitude do intervalo de confiança de 95% de até 30% da estimativa da média, são necessárias 193 plantas.

Há variabilidade no tamanho de amostra para os caracteres altura de planta, diâmetro do colmo, número de afilhos, nós por colmo e nós por afilho entre as épocas de avaliação.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão de bolsas aos autores.

Referências

- BANDEIRA, C. T.; FORTES, S. K. G.; TOEBE, M.; SAIFERT, L.; GIACOBBO, C. L.; WELTER, L. J. Sample size for estimate the average of *Passiflora caerulea* fruits traits. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 10, p. 1729-1736, 2016. DOI: [10.1590/0103-8478cr20150847](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150847).
- BASTOS, A. O.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; FRAGA, A. L.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. Composição química, digestibilidade dos nutrientes e da energia de diferentes milhetos (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) em suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 520-528, 2005. DOI: [10.1590/S1516-35982005000200020](https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200020).
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008. DOI: [10.1590/S0100-06832008000200038](https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200038).
- BROCKE, K. vom; WELTZIEN, E.; CHRISTINCK, A.; PRESTERL, T.; GEIGER, H. H. Effects of farmers' seed management on performance and adaptation of pearl millet in Rajasthan, India. **Euphytica**, Netherlands, v. 130, n. 2, p. 267-280, 2003.
- BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; FICK, A. L. Dimensionamento amostral para estimação da média e da mediana de caracteres de tremoço branco. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 2, p. 205-212, 2014.
- CAMPOS, F. S.; SANTOS, E. M.; BENEDETTI, E. Rendimento forrageiro de genótipos de milho em função da adubação nitrogenada no semiárido paraibano. **FAZU em Revista**, Uberaba, v. 1, n. 8, p. 177-181, 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; SILVEIRA, T. R.; TOEBE, M.; STORCK, L. Tamanho de amostra de variáveis em híbridos de mamoneira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 280-287, 2010a. DOI: [10.1590/S0103-84782010000200005](https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000200005).
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O.; FACCO, G.; NEU, I. M. M. Dimensionamento amostral para avaliar caracteres morfológicos e produtivos de aveia preta em épocas de avaliação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 9-13, 2015. DOI: [10.1590/0103-8478cr20140504](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140504).
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A. L.; ALVES, B. M.; FACCO, G. Tamanho de amostra para a estimação da média do comprimento, diâmetro e massa de sementes de feijão de porco e mucuna cinza. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1541-1544, 2012. DOI: [10.1590/S0103-84782012005000057](https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000057).
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SILVEIRA, T. R.; CASAROTTO, G. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 12, p. 1363-1371, 2010b. DOI: [10.1590/S0100-204X2010001200005](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200005).
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; LOPES, S. J. Número de folhas e de plantas para estimação da média do índice SPAD em crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1084-1091, 2013.
- COIMBRA, R. A.; NAKAGAWA, J. Época de semeadura, regimes de corte, produção e qualidade de sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 21-28, 2006. DOI: [10.1590/S0101-31222006000300004](https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000300004).
- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 664 p.
- GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. **Utilização do milheto para produção de silagem**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 30 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 259).

- HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 43-58, 2009.
- KAUSHAL, P.; ROY, A. K.; KHARE, A.; MALAVIYA, D. R.; ZADDOO, S. N.; CHOUBEY, R. N. Crossability and characterization of interspecific hybrids between sexual *Pennisetum glaucum* (pearl millet) and a new cytotype (2n=56) of apomictic *P. Squamulatum*. **Cytologia**, Tokyo, v. 72, n. 1, p. 111-118, 2007.
DOI: [10.1508/cytologia.72.111](https://doi.org/10.1508/cytologia.72.111).
- LEITE, M. S. O.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D. Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 12, p. 1562-1574, 2009.
DOI: [10.1590/S0100-204X2009001200002](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001200002).
- LOUMEREM, M.; VAN DAMME, P.; REHEUL, D.; BEHAEGHE, T. Collection and evaluation of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) germplasm from the arid regions of Tunisia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 55, n. 7, p. 1017-1028, 2008.
- MAITI, R. K.; BIDINGER, F. R. **Growth and development of the pearl millet plant**. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1981. 14 p. (Research Bulletin, 6).
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- SHAILASREE, S.; SAROSH, B. R.; VASANTHI, N. S.; SHETTY, H. S. Seed treatment with β -aminobutyric acid protects *Pennisetum glaucum* systemically from *Sclerospora graminicola*. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 8, p. 721-728, 2001.
DOI: [10.1002/ps.346](https://doi.org/10.1002/ps.346).
- STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 200 p.
- TOEBE, M.; BOTH, V.; THEWES, F. R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BRACKMANN, A. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de maçã. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 44, n. 5, p. 759-767, 2014a.
DOI: [10.1590/S0103-84782014000500001](https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000500001).
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; CASAROTTO, G.; HAESBAERT, F. M. Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 11, p. 860-871, 2014b.
DOI: [10.1590/S0100-204X2014001100005](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100005).