

ALTERNATIVAS PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA DOS EXPERIMENTOS DE VALOR DE CULTIVO E USO NA CULTURA DO FEIJOEIRO

Willian Krause¹
Magno Antonio Patto Ramalho¹
Ângela de Fátima Barbosa Abreu¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão de experimentos de valor de cultivo e uso (VCU), com ênfase na necessidade de bordadura e no emprego de variáveis ambientais como covariáveis da variável dependente produtividade de grãos de 20 linhagens de feijão. Para avaliar a necessidade de bordadura foram realizadas as análises de variância de produtividade de grãos (kg/ha), considerando as áreas útil e total e a bordadura. Nas análises de covariância foram consideradas como covariáveis: o teor de nutrientes do solo; a quantidade de água recebida por parcela; e o estande final. O uso de bordaduras não contribuiu para a melhoria da precisão experimental e não alterou o desempenho médio das linhagens avaliadas neste trabalho. Maior precisão experimental foi obtida quando se considerou a área total da parcela. O emprego dos teores de nutrientes como covariável só foi eficaz quando seu teor no solo foi considerado crítico para a cultura. A utilização da quantidade total de água recebida por parcela e o estande final como covariáveis, não contribuíram na melhoria da eficiência dos experimentos.

Palavras-chave: genética quantitativa, covariância, avaliação de cultivares, precisão experimental.

ABSTRACT

ALTERNATIVES TO IMPROVE THE EFFICIENCY IN EXPERIMENTS OF VALUE OF CULTIVATION AND USE IN COMMON BEAN

The objective of this work was to evaluate the efficiency in experiments of value of cultivation and use (VCU) with focus on the need for border rows and the use of environmental variables as covariables of the dependent variable grain yield of 20 lines of common bean. Analysis of variance of grain yield (kg/ha) was carried out to evaluate the need for border rows, considering the useful and total area and borders. The analysis of covariance considered soil nutrient concentrations, quantity of water input per plot and final stand as covariables. The use of borders did not contribute to an enhanced experimental precision and did not change line performance. The best experimental precision was obtained when considering the plot total area; the use of nutrient concentrations as covariable was only effective when its soil concentration was considered critical for the crop; the use of total water input per plot and final stand as covariables did not contribute to an improved efficiency of the experiments.

Key words: Quantitative Genetics, Covariance, Evaluation of Cultivars, Experimental Precision.

¹ Universidade Federal de Lavras, departamento de Biologia. Lavras, MG. E-mails: wilkra@bol.com.br; magnoaprufla.br; afbabreu@ufla.br

INTRODUÇÃO

O objetivo final de qualquer programa de melhoramento é desenvolver linhagens que substituam com vantagem as pré-existentes. Para que isso possa ser realizado com sucesso é necessária uma etapa de seleção muito eficiente, por meio de avaliações precisas e acuradas das linhagens obtidas. Essas avaliações são especialmente importantes no Brasil, devido à diversidade de condições ecológicas e de sistemas de plantio adotados pelos agricultores.

Para orientar os obtentores de cultivares de feijão, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil estabeleceu uma série de normas para determinar o valor de um novo cultivar visando o seu registro, denominado Valor de Cultivo e Uso (VCU). Trata-se de uma exigência básica para que um cultivar obtenha o Registro Nacional de Cultivares (RNC) (Brasil, 2001). As normas foram estabelecidas por uma comissão, com base na experiência dos pesquisadores.

Após alguns anos de determinação dos VCUs as exigências das normas estão sendo questionadas. Uma delas, por exemplo, diz que só poderão ser considerados os experimentos cujo coeficiente de variação (CV) seja inferior a 20% (Gurgel, 2004). Outro questionamento é sobre a necessidade de bordadura. Não há consenso com relação ao uso de bordadura na cultura do feijoeiro (Marques Júnior, 1997; Cáprio & Zimmermann, 1998; Ribeiro *et al.*, 2001).

O presente trabalho objetivou avaliar a precisão de experimentos de VCU de linhagens do feijoeiro, com ênfase na necessidade de bordadura e no emprego de variáveis ambientes como covariáveis da variável dependente produtividade de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos nas safras do inverno de 2003, das águas de 2003 e da seca de 2004, sendo implantados na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), a 918 m de altitude, 21°45' S de latitude e 45°00' W de longitude.

Os tratamentos foram constituídos de 18 linhagens dos experimentos de VCU, com grãos tipo carioca e hábitos de crescimento II ou III, mais duas testemunhas (cultivares BRSMG Talimã e Pérola). Os experimentos de VCU utilizados seguiram as normas do MAPA, ou seja, o delineamento experimental foi o de blocos casualiza-

dos, com três repetições. A parcela experimental foi constituída de quatro linhas, com quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m e com densidade de 15 sementes por metro linear. Em todos os experimentos utilizou-se semeadura direta. O manejo foi semelhante ao adotado para o plantio comercial na região, sendo irrigado, quando necessário, por meio do sistema de aspersão. Procedeu-se à colheita das duas linhas centrais da parcela (área útil) e das duas linhas laterais (bordadura) separadamente.

Utilizando-se a produtividade de grãos, em kg/ha, foram efetuadas as análises de variância, considerando: somente a área útil; somente a bordadura; e a área total (bordadura + área útil). Posteriormente, utilizando-se procedimento semelhante ao de Marques Júnior (1997), foi efetuada análise de variância envolvendo as quatro linhas da parcela para verificar o efeito da posição da linha. Foram realizadas também análises individuais de covariância e, posteriormente, múltipla (Steel *et al.*, 1997), tendo a produtividade de grãos como variável dependente e como covariáveis: 1.) o teor de nutrientes do solo, obtido por meio de amostras retiradas no centro de cada parcela. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Ciência do Solo da UFLA para avaliação dos seguintes componentes: 1.) pH em água, P₂O₅ e K₂O em mg/dm³, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ em cmol_d/dm³; 2.) o estande final, obtido pela contagem do número de plantas/parcela somente da área útil, no momento da colheita; e 3.) a quantidade total de água por parcela na safra de inverno de 2003 (experimento irrigado por aspersão), obtida por meio de coletores colocados no centro de cada parcela à altura de 0,6 m do solo. As medições foram feitas após cada irrigação. Estimaram-se os CVs e a eficiência do uso de cada covariável no ajuste da variável dependente, de acordo com Steel *et al.* (1997).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS[®], Sas Institute (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV) em todas as situações, foi inferior a 20% (Tabela 1), indicando não haver nenhuma restrição na utilização desses experimentos em atendimento às normas MAPA (Brasil, 2001). Em todas as três safras, constatou-se que a melhor precisão, menor estimativa

do coeficiente de variação, foi obtida quando se considerou a área total da parcela. Em dois dos três experimentos, a menor precisão experimental foi encontrada quando se consideraram apenas as plantas da bordadura. De modo geral, quanto maior o número de linhas na parcela, menor será a competição intergenotípica (Fehr, 1987). Resultados anteriores com a cultura do feijoeiro já sugeriam essa tendência (Bertolucci *et al.*, 1991).

Não houve efeito significativo da fonte de variação posição, o mesmo acontecendo com a interação linhagens x posições (Tabela 2). Esse resultado indica que o desempenho médio das linhagens não foi influenciado pela linha que foi utilizada na tomada do dado experimental. Também demonstra que, embora a disposição da linha afete a precisão experimental, não altera o desempenho das linhagens e muito provavelmente a sua classificação. Nos casos em que ocorreram diferenças signi-

ficativas entre linhagens, elas foram agrupadas de modo semelhante pelo teste de Scott & Knott (1974) quando se utilizaram as áreas útil e total (dados não apresentados).

Do exposto, ficou evidenciado que o uso de bordaduras contribuiu para a melhoria da precisão experimental, mas não alterou o desempenho médio das linhagens avaliadas neste trabalho. No entanto, observou-se que, para as condições deste estudo, maior precisão experimental foi obtida quando se considerou a área total da parcela.

É muito difícil ter uma área homogênea, em termos de nutrientes do solo, em toda a sua extensão. Para se certificar desse fato, foi efetuada a análise de variância de alguns nutrientes do solo por parcela (Tabela 3). Considerando-se a quantidade do nutriente para cada linhagem, não houve diferença significativa para nenhum dos

Tabela 1. Resumo das análises de variância da produtividade de grãos (kg/ha), considerando área útil, bordadura e área total das parcelas nos experimentos de avaliação de linhagens de feijão do VCU em três safras

Safras	Tipos de parcela	QM Linhagens	QM Erro	Média (kg/ha)	CV (%)	%
Inverno 2003	Útil	266458,1	213458,7	2360	19,57	100
	Bordadura	347911,2*	184592,5	2362	18,19	93
	Total	270253,9*	121975,2	2361	14,79	76
Águas 2003/04	Útil	150496,2	93614,4	2018	15,17	100
	Bordadura	157304,4	136755,0	2123	17,42	115
	Total	116348,7	65153,1	2070	12,33	81
Seca 2004	Útil	234163,7**	45566,9	2008	10,64	100
	Bordadura	323401,9**	76844,4	2073	13,37	125
	Total	235669,8**	33211,9	2040	8,93	84

*, **Significativo pelo teste de F a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 2. Análise de variância considerando as parcelas úteis e as bordaduras nos experimentos de avaliação de linhagens de feijão do VCU em três safras

FV	GL	QM		
		Inverno 2003	Águas 2003/04	Seca 2004
Repetição (R)	2	776821,5**	268761,7	37681,5
Linhagem (L)	19	540507,9**	232697,6*	471339,6**
R x L	38	243950,4	130306,4	66423,7
Posição (P) ¹	1	40,8	336020,8	135005,2
L x P	19	73861,5	75102,5	86229,0
Erro	40	147152,3	106359,4	53899,1

*, **Significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade.

¹ Posição: as duas linhas laterais ou as duas centrais.

nutrientes, exceto magnésio ($P = 0,0344$) no experimento conduzido na safra da seca de 2004. Contudo, a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi diferente entre os nutrientes. Em todas as três safras, por exemplo, o CV foi maior para o fósforo (P_2O_5). Uma explicação para este resultado é a heterogeneidade desse nutriente na área experimental, o que pode ocorrer principalmente devido ao fósforo remanescente de safras anteriores. Deve-se ressaltar a possível influência do sistema de plantio utilizado, que em todos os casos foi o direto. A maioria das semeadoras no plantio direto coloca o fertilizante na linha de semeadura (Balbino *et al.*, 1996). Assim, nutrientes com menor mobilidade no perfil do solo, como o fósforo, tendem a apresentar maior concentração no local em que ele foi colocado. Na safra seguinte, como as novas linhas de semeadura não coincidem, uma heterogeneidade pode ser detectada por meio da análise do solo.

Esse fato certamente deve ter contribuído para incremento do quadrado médio do erro na produtividade de grãos. Uma alternativa para avaliar esse efeito é por

meio de análise de covariância, utilizando-se como covariável o teor de nutrientes por parcela. Constatou-se que o teor de fósforo foi o que mostrou maior heterogeneidade e maior CV, mas quando utilizado como covariável contribuiu para a melhoria da eficiência do experimento apenas na safra do inverno de 2003 (Tabela 4). Possivelmente, nesta primeira safra o efeito do fósforo remanescente foi maior, o que explica este resultado. Como o desempenho em produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro é quase sempre dependente do teor desse nutriente do solo (Carvalho *et al.*, 1995; Oliveira *et al.*, 1996; Miranda *et al.*, 2000), era esperado que a heterogeneidade no teor desse nutriente detectada na análise de variância (Tabela 3) refletisse no desempenho das linhagens e, por conseguinte, no quadrado médio do erro do caráter produtividade de grãos. Assim, quando a análise de covariância foi aplicada, ajustando a produtividade por parcela para o teor médio do nutriente, a precisão deveria aumentar. Em princípio esse resultado evidencia que embora ocorra heterogeneidade do solo, o teor médio desse nutriente não era limitante à

Tabela 3. Resumo das análises de variância dos componentes da fertilidade do solo, do estande e da água da irrigação no experimento de avaliação de linhagens de feijão do VCU, em três safras

Safras	Covariáveis	CV (%)	P ¹	Média
Inverno de 2003	Estande (plantas/parcela)	12,67	0,1281	128,33
	Água (mL/parcela)	13,24	<0,0001	103,27
	pH (em água)	5,43	0,8699	5,93
	Fósforo (mg/dm ³)	84,12	0,1549	18,84
	Potássio (mg/dm ³)	47,28	0,6774	69,08
	Cálcio (cmol _c /dm ³)	22,90	0,7545	2,27
	Magnésio (cmol _c /dm ³)	27,16	0,5715	1,33
Águas de 2003/04	Estande (plantas/parcela)	10,43	0,0049	102,37
	pH (em água)	6,30	0,8809	5,82
	Fósforo (mg/dm ³)	58,41	0,6656	25,34
	Potássio (mg/dm ³)	41,58	0,6853	101,68
	Cálcio (cmol _c /dm ³)	20,42	0,8556	3,76
	Magnésio (cmol _c /dm ³)	23,37	0,1096	1,51
Seca de 2004	Estande (plantas/parcela)	7,96	0,1842	108,07
	pH (em água)	4,69	0,1772	5,07
	Fósforo (mg/dm ³)	85,45	0,3699	10,56
	Potássio (mg/dm ³)	28,37	0,4284	65,77
	Cálcio (cmol _c /dm ³)	13,67	0,5889	2,20
	Magnésio (cmol _c /dm ³)	41,99	0,0344	0,63

¹ Probabilidade de significância pelo teste de F.

Tabela 4. Estimativa do coeficiente de variação (CV%) da variável dependente da produtividade de grãos e da eficiência da análise de covariância, quando se utilizaram diferentes covariáveis, obtidas em experimentos de avaliação de linhagens de feijão do VCU. Dados de três safras

Safras	Tipos de análise	CV (%)	Eficiência ¹
Inverno de 2003	Estande	19,56	100,14
	Água	19,27	103,18
	pH	19,45	101,30
	Fósforo	18,59	110,86
	Potássio	19,63	99,39
	Cálcio	19,33	102,52
	Magnésio	18,78	108,59
Águas de 2003/04	Múltipla	17,42	126,17
	pH	15,36	97,59
	Fósforo	15,33	97,93
	Potássio	15,33	97,95
	Cálcio	15,13	100,51
	Magnésio	14,88	103,94
Seca de 2004	Múltipla	15,03	101,85
	Estande	10,51	102,47
	pH	10,37	105,25
	Fósforo	10,78	97,37
	Potássio	10,73	98,40
	Cálcio	9,25	132,32
	Magnésio	10,75	97,96
Múltipla	9,69	120,51	

¹ Eficiência estimada segundo Steel *et al.* (1997).

cultura do feijoeiro. O teor de fósforo considerado médio para o feijoeiro é acima de 10 ppm (CFSEMG, 1999), o que ocorreu nos três experimentos (Tabela 3). Além disso, deve-se considerar também que a amostra do solo foi retirada em um único ponto da parcela, o que pode ter superestimado a heterogeneidade e o CV desse nutriente no solo, principalmente na área útil da parcela.

O teor de potássio também apresentou CV alto (Tabela 3); no entanto, não houve efeito expressivo quando ele foi utilizado como covariável (Tabela 4). Há alguns relatos na literatura de que a planta do feijoeiro responde ao teor de potássio aplicado (Vieira, 1998), mas há vários outros em que não ocorreu resposta (Rosolen, 1987; Moraes, 1988). Novamente, o teor médio detectado no solo possibilita inferir que o nutriente não foi limitante à cultura do feijoeiro (CFSEMG, 1999).

O efeito do teor de cálcio no experimento conduzido na safra da seca de 2004 merece destaque. A análise de

covariância melhorou a eficiência em mais de 30% (Tabela 4). A estimativa do coeficiente de variação desse nutriente, nesse local, não evidenciou grande heterogeneidade na área (Tabela 3). Uma provável explicação é que nesse local o teor desse nutriente foi baixo (CFSEMG, 1999); sendo, assim, um fator crítico no desempenho das linhagens nessa safra. Assim, mesmo a heterogeneidade não sendo expressiva repercutiu no desempenho das plantas.

Do exposto, o uso dos teores de nutrientes do solo como covariável só será eficaz se o seu teor for considerado crítico para a cultura. Nessa situação, a sua heterogeneidade certamente refletirá no desempenho das plantas na parcela e, por conseguinte, na estimativa do erro experimental para o caráter da planta em análise. Assim, uma alternativa seria proceder a análise de rotina do solo antes da implantação do experimento. Se algum nutriente estiver abaixo do teor ideal e houver heterogeneidade

dele na área experimental, ele poderia ser empregado como covariável ou ter o seu teor devidamente corrigido.

A restrição, em se tratando do uso como covariável, é o custo das análises de fertilidade de solo. Nos experimentos de VCU, que são avaliadas 20 linhagens com três repetições, seriam necessárias 60 análises de solo, uma por parcela. Considerando o número de ambientes em que esses experimentos são conduzidos, infere-se que o custo de todas as análises seria altíssimo, o que dificilmente justificaria a sua utilização rotineira como covariável.

Observe-se em relação ao total de água, recebida por meio da irrigação, que houve diferença significativa ($P < 0,0001$) entre os tratamentos (Tabela 3). Veja-se, entretanto, que quando se utilizou a quantidade de água como covariável, ela apresentou pequena melhoria na precisão na produtividade de grãos (Tabela 4). Resultados semelhantes foram relatados por Pereira (1993). Infere-se que, muito embora ocorra variação na distribuição de água por turno de rega, seu emprego como covariável é de baixa eficácia, não se justificando o trabalho de coleta da água, por parcela, após cada turno de rega.

A desuniformidade do estande prejudica as comparações e pode constituir em um dos desafios para a correta identificação de linhagens superiores. Contudo, como as sementes das linhagens em teste podem diferir em germinação e emergência e as plantas diferem em sobrevivência, é necessário verificar antecipadamente se há diferença significativa entre as linhagens para esse caráter. Em caso positivo, não se pode utilizar a análise de covariância, pois a variação pode ser intrínseca do tratamento (Ramalho *et al.*, 2005). Observe-se que o teste F foi significativo ($P = 0,0049$) para o experimento conduzido na safra das águas de 2003/04 (Tabela 3). Nos outros dois experimentos procedeu-se à análise de covariância, tendo como covariável o número de plantas por parcela no momento da colheita (Tabela 4). Constatou-se que a melhoria na precisão experimental via análise de covariância foi inexpressiva, sendo inferior a 2,5% nas duas condições. Uma das razões é que no feijoeiro há forte efeito de compensação das plantas vizinhas à falha. Este fato já foi constatado em várias oportunidades na cultura do feijoeiro (Sullivan & Bliss, 1981; Fernandes *et al.*, 1989; Ribeiro *et al.*, 2004).

A análise de covariância envolvendo todas as covariáveis (múltipla) foi de pequeno efeito no experimento das águas de 2003/2004. Contudo, no experimento do inverno de 2003 e seca de 2004 ela proporcionou aumento na eficiência superior a 20% (Tabela 4). Como

mencionado, a restrição no emprego da covariância múltipla seria o custo na obtenção de todas as covariáveis.

CONCLUSÕES

O uso de bordaduras laterais não contribuiu com a melhoria da precisão experimental e não alterou o desempenho médio das linhagens avaliadas neste trabalho. Uma maior precisão experimental foi obtida quando se considerou a área total da parcela.

O uso dos teores de nutrientes do solo como covariável só será eficaz se o seu teor no solo for considerado crítico para a cultura. Se algum nutriente estiver abaixo do teor ideal e houver heterogeneidade do mesmo na área experimental, ele poderia ser empregado como covariável ou ter o seu teor devidamente corrigido antes da implantação do experimento.

O emprego da quantidade total de água recebida por parcela e o estande final como covariáveis não contribuíram na melhoria da eficiência dos experimentos realizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Balbino LC; Moreira JAA; Silva JG; Oliveira EF & Oliveira IP (1996) Plantio direto. In: Araújo RS; Rava CA.; Stone LF & Zimmermann MJO. (Eds.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, POTAFOS. p. 301-352.
- Bertolucci FLG; Ramalho MAP & Duarte GS (1991) Alternativas de tamanho e forma da parcela para avaliação de progênies do feijoeiro. *Ciência e Prática*, 15:295-305.
- Brasil (2001) Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Anexo IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para inscrição no registro nacional de cultivares – RNC. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/snpc>. Acesso em: 21/01/05.
- Cáprio JGC & Zimmermann FJO (1987) Efeitos de bordaduras laterais e de cabeceira no rendimento e altura de plantas de feijoeiro comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:1297-1304.
- Carvalho AA; Fageria NK; Oliveira IP & Kinlo T (1995) Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 19:61-67.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) (1999) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa, UFV. 359p.
- Fehr WR (1987) Principles of cultivar development, New York, Macmillan. 525p.
- Fernandes MIPS; Ramalho MAP; Lima PC (1989) Comparação de métodos de correção de estande em feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24:997-1002.

- Gurgel FL (2004) Simulação computacional no melhoramento de plantas. Tese de doutorado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 80 p.
- Marques Júnior OG (1997) Eficiência de experimentos com a cultura do feijão. Tese de doutorado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 80 p.
- Miranda LN; Azevedo JA; Miranda JCC & Gomes AC (2000) Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de irrigação em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:703-710.
- Moraes JFV (1988) Calagem e adubação. In: Zimmermann MJO; Rocha M & Yamada T (Eds.). Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS. p. 260-301.
- Oliveira IP; Araújo RS & Dutra LG (1996) Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: Araújo RS; Rava CA; Stone LF & Zimmermann MJO (Eds.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, POTAFOS. p. 169-221.
- Pereira AF (1993) Emprego da covariância visando reduzir o efeito da heterogeneidade ambiental nos experimentos com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Dissertação de mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 58 p.
- Ramalho MAP; Ferreira DF & Oliveira AC (2005) Experimentação em genética e melhoramento de plantas. 2. Ed. Lavras, UFLA. 326p.
- Rosolen CA (1987) Nutrição e adubação do feijoeiro. Piracicaba, POTAFOS. 93 p.
- Ribeiro ND; Storck L; Mello RM (2001) Bordadura em ensaios de competição de genótipos de feijoeiro relacionados à precisão experimental. Ciência Rural, 31:13-17.
- Ribeiro ND; Cargnelutti Filho A; Hoffmann Júnior L & Possebon SB (2004) Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento. Ciência Rural, 34:1371-77.
- SAS Institute (1995) SAS language and procedures: usage: version 6. Cary, 373 p.
- Scott AJ & Knott M (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, 30:507-512.
- Steel RGD; Torrie JF & Dickey D (1997) Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3. ed. Boston WCB/McGraw Hill. 666 p.
- Sullivan JG; Bliss FA (1981) Compensation for missing plants in field experiments with the common bean. Hort Science, 16:185-186.
- Vieira C (1998) Adubação mineral e calagem. In: Vieira C; Paula Júnior TJ; Borém A (Eds.). Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. Viçosa, UFV. p. 123-151.