

Componentes do rendimento em acessos de feijão

Yelding components in bean accessions

Leiri Daiane Barili¹, Naine Martins do Vale¹, Fabiani da Rocha¹, Diane Simon Rozetto¹, Marlon Matias Dacal Coan¹, Jefferson Luís Meirelles Coimbra^{1*}, Cileide Maria Medeiros Coelho¹, Clovis Arruda de Souza¹

Recebido em 20/05/2009; aprovado em 08/09/2010.

RESUMO

A importância dos recursos genéticos é amplamente reconhecida. O objetivo deste trabalho foi avaliar a inter-relação entre a produtividade de grãos e seus componentes em acessos de feijão comum, bem como determinar qual o componente do rendimento possui maior contribuição na produtividade de grãos dentre os diferentes acessos avaliados. O experimento foi conduzido em Lages, SC, na safra 2005/06, constituído por 20 acessos de feijão comum. Foi realizada uma análise de trilha do rendimento de grãos (variável básica) vs. seus componentes primários (variáveis secundárias). Das dez variáveis explicativas envolvidas no estudo, o número de racemos com legume por planta (NRL) foi a única que apresentou boa combinação entre o efeito direto e o coeficiente de correlação, ambos de valores significativos. Sendo assim, o componente NRL é o componente mais importante na predição da produtividade de grãos em acessos de feijão comum, principalmente por ser de grande valor nos progressos genéticos deste caráter, por meio da seleção indireta.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, estudo de correlações, melhoramento genético.

SUMMARY

The importance of genetic resources is widely recognized. The aim of this study was to evaluate the interrelation between grain yield and its

components in accessions of common bean, as well as to determine which yielding component has the highest contribution in the grain yield among the different accessions evaluated. The experiment was carried out in Lages, Southern of Brazil, in the growing season of 2005/06, being constituted by 20 accessions of common bean. The path analysis was performed, including grain yield (basic variable) versus their primary components (secondary variables). Of the ten explanatory variables involved in the study, the number of racemes with legume per plant (NRL) was the only one presenting good combination between the direct effect and the correlation coefficient, both of significant values. Thus, the NRL is the most important component to predict grain yield in accessions of common bean, mainly for being of great value in the genetic progress of this character, through indirect selection.

KEY WORDS: *Phaseolus vulgaris*, correlation studies, genetic improvement.

INTRODUÇÃO

O conhecimento do interrelacionamento entre caracteres é de grande interesse do melhoramento de plantas. A importância da correlação entre caracteres reside no fato em se poder avaliar o quanto da alteração de um caráter pode afetar os demais caracteres (SILVA et al., 2009). Em geral, as variedades crioulas de feijão comum, cultivadas pelos agricultores, por vários anos, podem apresentar um menor potencial de rendimento de grãos em relação

¹ Departamento de Agronomia, Instituto de Melhoramento e Genética Molecular (IMEGEM) do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UEDESC, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro: Conta Dinheiro, CEP 88520-000. Lages, SC. E-mail: coimbrajefferson@cav.udesc.br.

*Autor para correspondência.

às cultivares comerciais. Contudo, a manipulação consistente deste germoplasma é importante, pois esses acessos constituem fonte de variabilidade genética que pode ser aproveitada pelos melhoristas na busca de novos alelos, que concedem, por exemplo, estabilidade e adaptabilidade na produção de grãos na cultura do feijão frente a estresses bióticos e abióticos. Assim, a conservação da variabilidade genética para o futuro e a utilização eficiente de acessos disponíveis são duas metas importantes a ser atingidas (NASS e PATERNIANI, 2000).

A produtividade é o caráter de maior importância econômica, no entanto, é complexo e resultante da expressão e associação de diferentes componentes (CARVALHO et al., 2002). Com a participação dos efeitos do ambiente na manifestação fenotípica, qualquer mecanismo que auxilie o pesquisador a conhecer os efeitos que interagem no comportamento de um caráter permite maior eficiência em sua seleção (KUREK et al., 2001). A seleção efetuada com base em apenas um único caráter pode provocar mudanças, simultaneamente em um ou mais caracteres de importância agrônômica (FALCONER e MACKAY, 1996), caso exista correlação positiva entre os caracteres.

Apesar da utilidade do coeficiente de correlação simples para o entendimento de um caráter complexo, como por exemplo, rendimento de grãos, esses não determinam a importância relativa das influências diretas e indiretas dos caracteres que compõem o rendimento de grãos (FURTADO et al., 2002), ou seja, a quantificação e a interpretação da magnitude do coeficiente de correlação, entre dois caracteres, pode levar a equívocos de seleção, pois a elevada correlação pode ser resultante do efeito de um terceiro ou de um grupo de caracteres (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

O melhoramento do feijão visando o aumento da produtividade vem sendo feito de maneira quase empírica no Brasil, uma vez que informações sobre o interrelacionamento da produção de grãos e de seus componentes primários, para a diversidade de ambientes nos quais se explora a cultura, são carentes de informações científicas (COELHO et al., 2002). O conhecimento tanto da magnitude quanto da direção dos coeficientes de correlação que comprovadamente existem, em relação a alguns caracteres de importância

agrônômica pode facilitar a interpretação dos resultados já obtidos e promover o conhecimento inicial para o planejamento de programas de melhoramento mais sólidos e competitivos (BOS e CALIGARI, 1995). A análise de trilha, “path analysis”, permite o desdobramento das correlações simples entre os caracteres nos seus efeitos diretos e indiretos (SANTOS et al., 2000). Essa técnica tem sido utilizada por melhoristas de várias culturas, como girassol (AMORIM et al., 2008), *Pennisetum* (SILVA et al., 2008), feijão guandu (SANTOS et al., 1994), canola (COIMBRA et al., 2004) e feijão (COIMBRA et al., 1999).

Diante dos aspectos supracitados, foi conduzido o presente trabalho, com o objetivo de avaliar a inter-relação entre a produtividade de grãos e seus componentes através da correlação fenotípica e da partição do coeficiente de correlação em efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha em 20 acessos de feijão comum.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina de coordenadas geográficas 27°48'57" de latitude sul e 50°19'33" de longitude oeste, com altitude média de 916 m, clima do tipo mesotérmico úmido com verão fresco, Cfb, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 15,6°C e a precipitação média anual é de 1.400 mm (AGRITEMPO, 2008). Os fatores climáticos ocorridos no período de condução do ensaio como distribuição de chuvas e temperaturas amenas, podem ser considerados normais para a região do Planalto Catarinense.

Foram utilizados 20 acessos de feijão, os mais promissores agronomicamente (BAF 003, BAF 004, BAF 010, BAF 013, BAF 019, BAF 023, BAF 033, BAF 039, BAF 040, BAF 042, BAF 044, BAF 046, BAF 047, BAF 051, BAF 056, BAF 057, BAF 058, BAF 063, BAF 064, BAF 110), pertencentes ao Banco Ativo de Feijão (BAF) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Lages, SC. Foram avaliados na safra 2005/06, sob delineamento em blocos ao acaso com três repetições.

Cada unidade experimental foi constituída por

quatro linhas de 2 m de comprimento, espaçadas com 0,50 m entre si. A área útil foi composta por duas fileiras centrais, descartando 0,30 m das extremidades. A adubação de base foi realizada junto às linhas de semeadura, na dosagem de 20, 73, 63 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, segundo análise do solo e recomendações do Manual de Adubação e Calagem (2004). A adubação de cobertura foi realizada duas vezes, nos estádios V3 e V4-5 de acordo com a escala do CIAT (1991), na dose de 30 kg de N por hectare em cada aplicação. O controle de plantas invasoras foi realizado com capina manual. O controle de inseto-praga foi efetuado com a aplicação de 500 g ha⁻¹ de Methamidophos (O, S-dimetil-fosforoamidotoado).

Para determinação das correlações fenotípicas e, posteriormente, para a análise dos coeficientes de trilha foram avaliados onze caracteres adaptativos os quais foram separados em variáveis primárias: *i*) número de racemos com legume por planta (NRL), *ii*) número de legumes por planta (NL) e; *iii*) espessura do legume (EL) em mm, descrito por IPGRI, (2001), e variáveis secundárias: *i*) espessura do caule (EC); *ii*) altura inserção do primeiro legume em cm (AIL); *iii*) comprimento do legume em cm (CL); *iv*) número de ramos com legume (NRaL); *v*) número de nós (NN); *vi*) número de hastes (NH) (contagem de ramificações a partir do ramo principal) e; *vii*) número de sementes por legume (NSL). Para a análise de todas as variáveis foram utilizadas 10 plantas ao acaso.

Para satisfazer a condição de aditividade do modelo matemático os dados foram logaritimizadas. A resolução na forma matricial foi dada pelo sistema de equações normais (CRUZ e CARNEIRO, 2003). As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2001). Já as correlações fenotípicas foram estimadas pelo método proposto por Steel e Torrie (1980), sendo posteriormente particionadas em efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

A hipótese de que o coeficiente de correlação é igual a zero ($H_0: 0$) foi avaliada pela estatística *t*, segundo metodologia proposta por Steel e Torrie (1980). Foram consideradas duas hipóteses para análise de trilha: *i*) Rendimento de grãos (RG) como variável dependente e NRL, NL e EL como variáveis

independentes; *ii*) RG como variável dependente e EC, AIL, CL, NRaL, NN, NH e NSL como variáveis independentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de multicolinearidade entre as variáveis estudadas foi estabelecido com base no seu número de condições (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz (MONTGOMERY e PECK, 1981). Como o número de condições encontrado nesse trabalho foi menor do que 100 (NC<100), a multicolinearidade pode ser considerada fraca e não constitui problema para análise (BELSLEY et al., 1980).

Os acessos de feijão BAF 42 (5.083 kg ha⁻¹) e BAF 64 (1.252 kg ha⁻¹) foram os que apresentaram o maior e o menor rendimento de grãos. As produtividades médias alcançadas pela maioria dos acessos de feijão avaliados situaram-se acima da produtividade média alcançada no Brasil, que é de aproximadamente de 800 kg ha⁻¹ (CONAB, 2006).

As estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas, avaliadas para os onze caracteres de importância agrônômica para os vinte acessos de feijão, estão inseridas na Tabela 1. Os maiores valores estimados e significativos, pelo teste *t*, para as correlações fenotípicas com o rendimento de grãos (RG) foram obtidos para as variáveis: *i*) número de racemos com legume por planta (NRL – 0,54); *ii*) número de legumes por planta (NL – 0,52) e; *iii*) número de hastes (NH – 0,43). Estes valores positivos foram superiores aos estimados para os demais caracteres avaliados neste estudo. Assim, essas variáveis contribuíram de maneira mais acentuada para o aumento do rendimento de grãos entre os diferentes acessos de feijão. Kurek et al. (2001), em estudos com feijão, observaram que a variável básica número de legumes por planta foi a que apresentou maior correlação com a variável principal rendimento de grãos. As correlações são, em geral, explicadas pelo efeito aditivo dos genes, afetando dois caracteres simultaneamente (CARVALHO et al., 2004). Sendo assim, o conhecimento do grau de associação entre caracteres agrônômicos é de grande importância para os melhoristas, principalmente porque a seleção sobre determinado caráter adaptativo pode alterar o

comportamento do outro. Os valores das correlações variaram de 0,01 a 0,98.

Ainda na Tabela 1, pode ser observada a concordância na direção dos coeficientes de correlação significativos para todos os caracteres avaliados em relação ao caráter rendimento de grãos (RG). Os caracteres relacionados, como por exemplo, número de sementes por legume (NSL) (0,24) e espessura do caule (EC) (0,30), evidenciam uma associação significativa e positiva com o rendimento de grãos (RG). No entanto, o caráter diâmetro do caule não tem sido utilizado como estratégia para aumentar o rendimento de grãos.

Já o caráter altura de inserção do primeiro legume (AIL; 0,05 – não significativo) apontou a

menor estimativa para valor do coeficiente de correlação com o RG evidenciando assim que neste caso a altura de inserção não influencia a produtividade de grãos. Segundo Montardo et al. (2003), a razão para baixa correlação entre variáveis é a ocorrência de pouca variabilidade em uma das mesmas, uma vez que esse tipo de análise procura identificar uma eventual associação na variação das características em estudo.

Nenhum par de caracteres estudados evidenciou um valor negativo e significativo para o coeficiente de correlação simples. Do mesmo modo, o coeficiente de correlação 0,05 entre o par de caracteres RG x AIL evidencia a dificuldade em selecionar plantas de feijão com maior altura de

Tabela 1 - Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre onze caracteres agrônômicos avaliados na cultura do feijão, entre o rendimento de grãos (RG) por unidade de área em 20 acessos de feijão e seus componentes primários (NRL, NL e EL) e secundários (EC, AIL, CL, NRaL, NN, NH e NSL). Lages, SC, 2006.

	RG	EC	AIL	NRL	NL	CL	EL	NRaL	NN	NH
RG	1,00	0,30*	-0,05	0,54*	0,52*	0,12	0,06	0,35*	0,36*	0,43*
EC ¹		1,00	0,05	0,75*	0,72*	0,03	0,30*	0,21	0,76*	0,35*
AIL			1,00	0,02	0,08	-0,15	-0,06	0,05	0,01	-0,05
NRL				1,00	0,98*	0,01	-0,09	0,55*	0,74*	0,55*
NL					1,00	0,08	-0,14	0,56*	0,74*	0,58*
CL						1,00	0,06	-0,05	0,01	0,15
EL							1,00	-0,55*	0,10	-0,23
NRaL								1,00	0,47*	0,35*
NN									1,00	0,58*
NH										1,00
NSL										

¹ NRL = número de racemos com legume por planta; NL = número de legumes por planta; EL = espessura do legume em mm; EC = espessura do caule em mm; AIL = altura de inserção do primeiro legume em cm; CL = comprimento do legume em cm; NRaL = número de ramos com legume; NN = número de nós; NH = número de hastes; NSL = número de sementes por legume.

* = significativo a 1% de probabilidade pelo teste t ($P > |r|$; $H_0: 0 / N=60$).

inserção do legume (AIL) juntamente com o maior rendimento de grãos (RG).

O coeficiente de correlação mede exclusivamente relações lineares, porém pode existir alta determinação entre as variáveis, mas pode não ser do tipo linear (CARVALHO et al., 2004). Uma alta correlação não implica numa relação de causa e efeito entre as variáveis analisadas. O estudo de correlações entre caracteres não permite, tirar conclusões sobre o estudo da relação de causa-efeito, pois a correlação é uma medida de associação (VENCOVSKY e BARRIGA, 1993). Desta forma procedeu-se a análise de trilha a qual investiga a relação de causa-efeito e fornece estimativas denominadas de coeficiente de trilha. As estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes primários da produção sobre a variável RG são apresentadas na Figura 1.

O somatório dos efeitos diretos e indiretos resulta no coeficiente de correlação. Os caracteres NRL, NL e EL evidenciaram os maiores efeitos

diretos com o rendimento de grãos (RG), comparativamente aos demais caracteres avaliados, corroborando com Kurek et al. (2001) que em experimento observaram que o número de legumes/planta (0,7466) apresentou o maior efeito e a maior correlação total, indicando grande contribuição para o aumento do rendimento.

Na Figura 1 pode ser observado que a espessura do legume (EL) apresentou um valor do coeficiente de correlação fenotípica extremamente baixo (0,058) e não significativo pelo teste *t*; e também de baixo efeito direto (0,085), indicando assim, que tanto a seleção direta quanto indireta neste caráter pode não proporcionar ganhos satisfatórios na variável rendimento de grãos (RG). Kurek et al. (2001) em estudos com feijão observaram que quando a correlação e o efeito direto são baixos, os ganhos na seleção são insatisfatórios, não sendo o uso dos efeitos indiretos uma boa estratégia para seleção simultânea de caracteres. Deste modo, o caráter EL mostra pouca importância no aspecto da seleção, para a

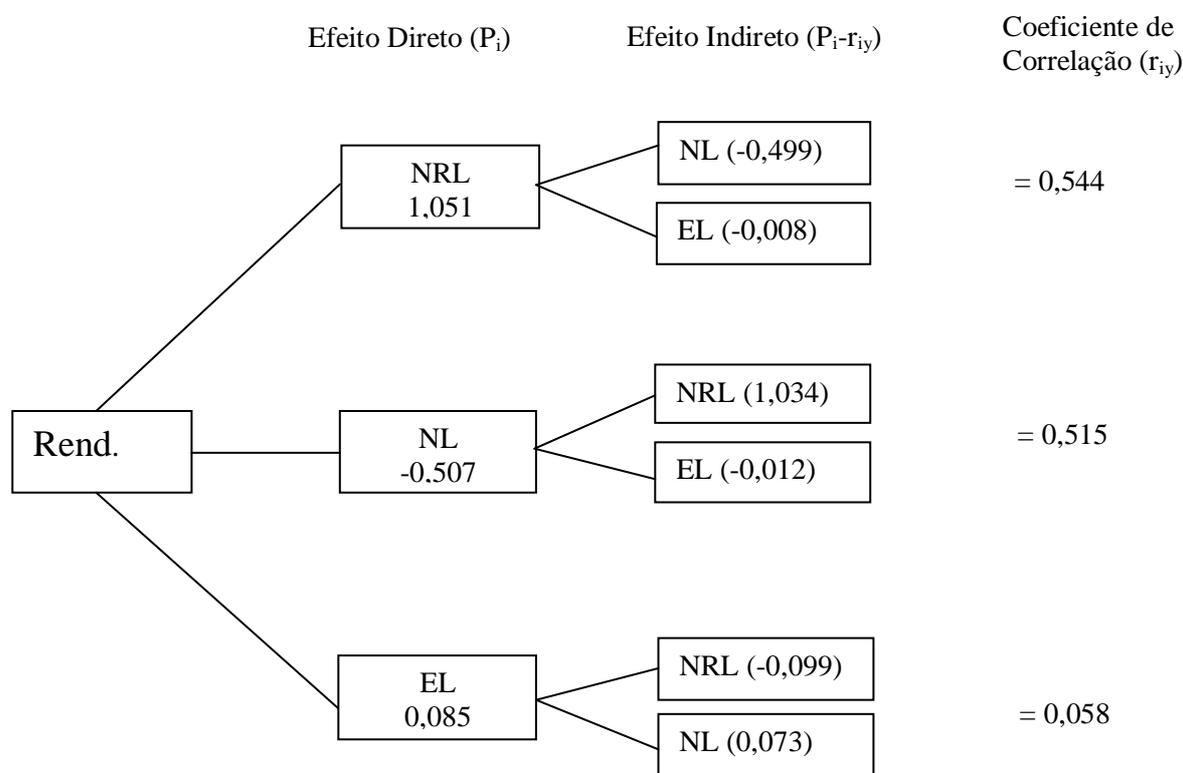


Figura 1 - Efeitos diretos (P_i) e indiretos (P_i, r_{iy}) dos caracteres primários NRL= número de racemos com legume por planta; NL= número de legumes por planta; EL= espessura do legume em mm, sobre o rendimento de grãos (RG) em 20 acessos de feijão e o coeficiente de correlação fenotípica ou simples (r_{iy}). Lages, SC, 2006.

cultura do feijão.

Ainda na Figura 1 observa-se que o caráter número de racemos com legume por planta (NRL), mostrou alta correlação positiva (0,544) e efeito direto alto e maior que a unidade (1,051), indicando que a seleção direta neste caráter pode proporcionar ganhos satisfatórios na variável rendimento de grãos (RG). Deve ser considerado que os componentes de cada correlação, coeficientes de regressão ou função destes, podem atingir valores maiores do que a unidade ou menores do que a unidade (VENCOVSKY e BARRIGA, 1993). Tal fato, provavelmente seja devido ao efeito indireto via NL (-0,499) que está encobrindo, aproximadamente, 50% do valor do coeficiente de correlação do caráter NRL com o RG. Caracteres com alta correlação favorável com a variável básica, mas com efeito indireto em sentido desfavorável, indica a ausência de causa e efeito, ou seja, o caráter auxiliar não é o principal determinante das alterações na variável básica, existindo outros caracteres que podem proporcionar maior impacto em termos de seleção (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Com o aumento no número de ramos com legumes por planta (NRL), há um incremento linear e significativo na produtividade de grãos (Figura 2). Por exemplo, o número médio de racemos com legume

por planta ficou em torno de nove, podendo desta forma, ser estimado o rendimento médio entre os acessos, pois o coeficiente de regressão estimado foi de 146 kg ha⁻¹ (significativo pelo teste *t*) multiplicado por nove ramos com legume por planta é obtido um rendimento de grãos médio de 1.314 kg ha⁻¹. Este valor somado ao parâmetro intercepto (1.373 kg ha⁻¹) constituiu um rendimento médio de grãos de 2.687 kg ha⁻¹, aproximadamente. De maneira análoga, pode ser afirmado que a cada unidade de incremento na variável NRL o rendimento de grãos sofre uma variação positiva e significativa de 146 kg ha⁻¹. Sendo que o caráter número de racemos com legume por planta (NRL) foi o componente que melhor estimou a produtividade de grãos.

A existência de correlações significativas é um indicativo forte da viabilidade de seleção indireta para obtenção de ganhos nas variáveis denominadas de secundárias. De fato, observando a Figura 3, verifica-se que apenas os caracteres espessura do caule em mm (EC) e o número de ramos com legume (NRL) merecem uma atenção maior por parte dos pesquisadores, comparativamente. De modo geral, constata-se que os efeitos indiretos mostraram o mesmo sinal das correlações e suas magnitudes foram comparativamente baixas, pois na maioria das vezes, não superaram a estimativa do efeito residual.

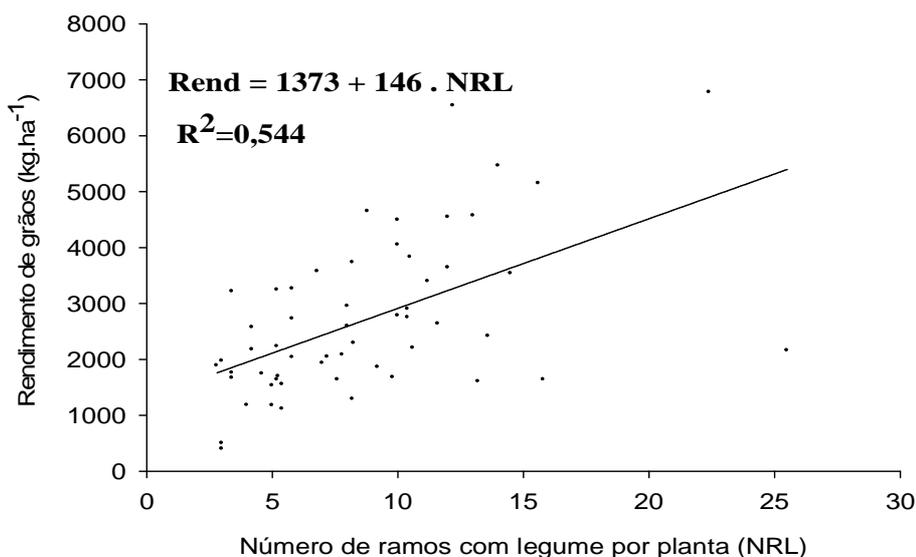


Figura 2 - Relação entre número de ramos com legume por planta e rendimento de grãos em 20 acessos de feijão comum. Lages, SC, 2006.

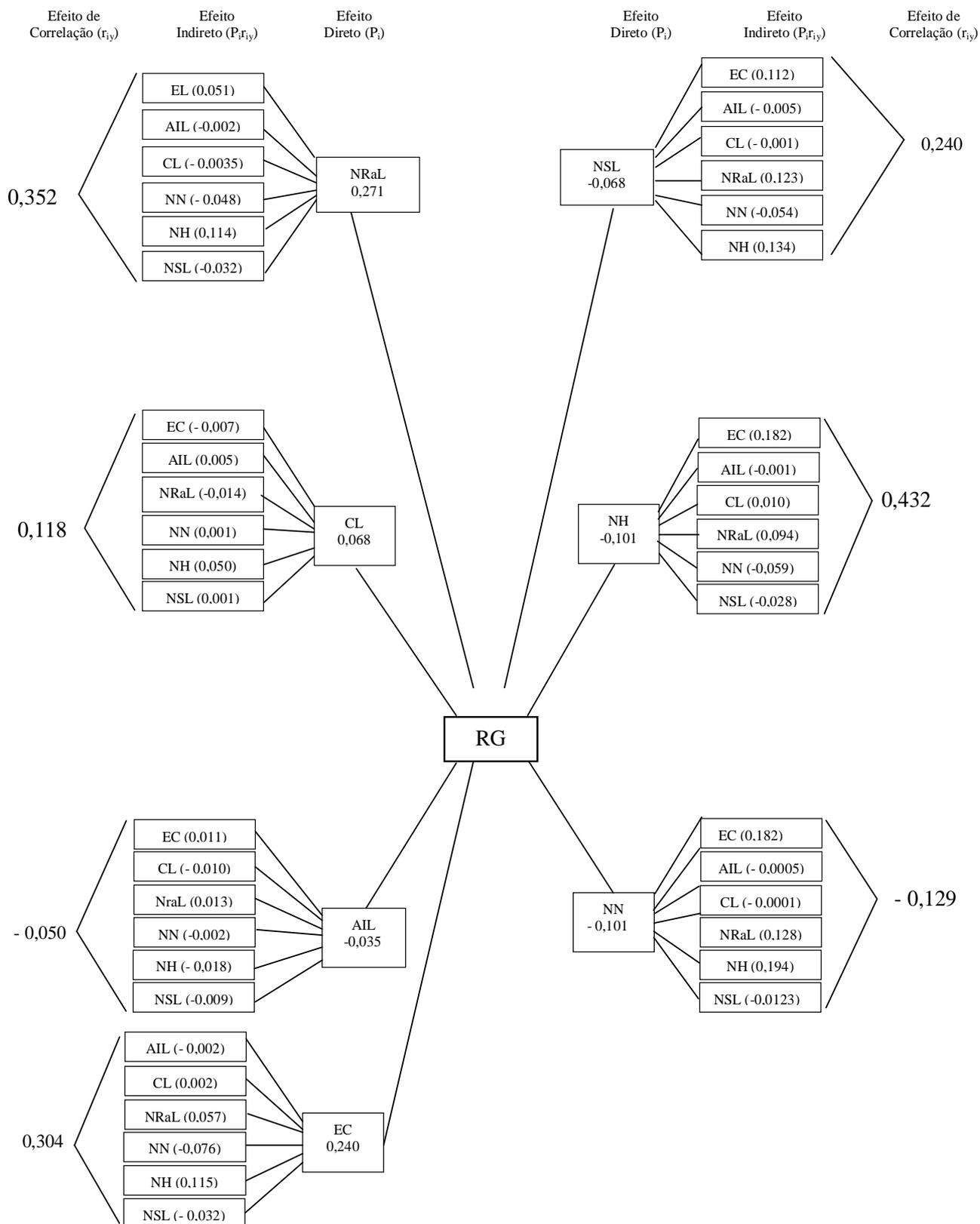


Figura 3 - Efeitos diretos (P_i) e indiretos (P_i, r_{iy}) dos caracteres secundários (EC= diâmetro do caule em mm; EL= espessura do legume em mm; AIL= altura de inserção do primeiro legume em cm; CL= comprimento do legume em cm; NRaL= número de ramos com legume; NN= número de nós; NH= número de hastes e; NSL= número de sementes por legume, sobre o rendimento de grãos (RG) em 20 acessos de feijão e o coeficiente de correlação fenotípica (r_{iy}). Lages, SC, 2006.

Tal fato revela que as variáveis determinadas como secundárias não são os principais caracteres determinantes das variações na variável principal RG. Deste modo, pode ser assegurado que a seleção indireta pode não ser efetiva. Ainda na Figura 3, pode ser notado que o coeficiente de correlação entre NSL e RG, foi significativo (0,24), mas o efeito direto de NSL evidenciou um efeito praticamente nulo (-0,068). Apesar de ter uma associação positiva e significativa com a variável RG, este resultado pode não ser a causa determinante das variações sobre o caráter de interesse. Para este caso específico, a concentração dos esforços na seleção desta variável pode não resultar em ganhos efetivos na variável RG por causa do efeito indireto das variáveis espessura do caule (EC), número de ramos com legumes (NRaL) e número de hastes (NH).

Atividades relacionadas a recursos genéticos são caracterizadas por alto custo e tempo de retorno em longo prazo. Assim a conservação de variabilidade genética para o futuro e a utilização eficiente dos acessos disponíveis são duas metas importantes a serem atingidas em programas de pesquisa que atuam no melhoramento de plantas (NASS e PATERNIANI, 2000).

CONCLUSÕES

Não há associação direta entre altura de inserção do primeiro legume com o rendimento de grãos.

A análise de trilha revelou que o caráter primário número de racemos com legume por planta tem o maior efeito direto sobre o caráter rendimento de grãos.

O coeficiente de trilha apontou que nenhum dos componentes secundários avaliado tem efeito direto significativo sobre o rendimento de grãos, o que permite afirmar que a seleção indireta não é viável para este.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), FAPESC e ao CNPq, nossos agradecimentos pela oportunidade e apoio financeiro para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRITEMPO. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>>. Acesso em: 20 out. 2008.
- AMORIM, E.P. et al. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.307-316, 2008.
- BELSLEY, D.A. et al. **Regression diagnostics: identifying data and sources of collinearity**. New York: J. Wiley, 1980. 292p.
- BOS, I.; CALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**. London: Chapman & Hall, 1995. 342p.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Correlação e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.311-320, 2002.
- CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. 2ed. Cali, Colômbia: CIAT, 1991. 56 p.
- COELHO, A.D.F. et al. Herdabilidade e correlação da produção do feijão e dos seus componentes primários, nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p. 211-216, 2002.
- COIMBRA, J.L. M. et al. Análise de trilha I: análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p.213-218, 1999.
- COIMBRA, J.L.M. et al. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1421-1428, set-out, 2004.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Série histórica de grãos de 1976/77 a 2005/06**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/FeijaoTotalSerieHist.xls>> Acesso em: 25 ago. 2006.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do RG e SC**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo - Núcleo Regional do Sul. 2004. 394 p.

- CRUZ, C.D. **Programa GENES – Versão Windows**, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 579p.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Londres: Longman, 1996. 463 p.
- FURTADO, M.R. et al. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.217-220, 2002.
- IPGRI. Descritores para *Phaseolus vulgaris*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 2001. 45p.
- KUREK, A.J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.29-32, 2001.
- MONTARDO, D.P. et al. Análise de trilha para rendimento de sementes de trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, 1076-1082, 2003.
- MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.
- NASS, L.L.; PATERNIANI, E. Pre-Breeding: A link genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.581-587, 2000.
- SANTOS, C.A.F. et al. Coeficiente de trilha no estudo dos componentes primários e secundários na produção de grãos do guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.235, p.299-305, 1994.
- SILVA, M.A. et al. Análise de trilha em caracteres produtivos de *Pennisetum* sob corte em Itambé, Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.7, p.1185-1191, 2008.
- SILVA, M.A. et al. Análise de trilha para caracteres morfológicos do feijão-bravo (*Capparis flexuosa*) no cariri paraibano. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, n.221, p.121-124. 2009.
- SANTOS, R.C. et al. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção do amendoim. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 24: 13-16. 2000.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and producers of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill.1980. 631p.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Revista Brasileira de Genética, 1993. 496p.