

AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS MULTIVARIADOS APLICADOS NA SELEÇÃO EM *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Ildu Soares Martins¹
Cosme Damião Cruz²
Adair José Regazzi³
Ismael Eleotério Pires⁴
Rosana de Carvalho de Cristo Martins¹

RESUMO

Em um experimento envolvendo 248 progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, em blocos ao acaso com 4 repetições e parcelas lineares de 6 plantas, no Município de Rio Doce, Minas Gerais, aos 46 meses de idade, foram avaliadas as metodologias de índices de seleção (Índice Clássico e de Pesek e Baker) e as técnicas das variáveis canônicas e da análise de fatores, como ferramenta de ordenamento de candidatos à seleção com relação aos caracteres circunferência à altura do peito, altura de plantas, número de árvores com incidência de ferrugem, número de árvores com incidência de cancro e número de árvores normais por parcela. O índice de Pesek e Baker foi o único a apresentar ganhos esperados nos sentidos almejados para todos os caracteres avaliados. As técnicas das variáveis canônicas e da análise de fatores não foram eficientes em proporcionar ganhos equilibrados com os propósitos do trabalho, mas permitiram a sugestão de sua aplicação em outros trabalhos para melhor verificação de suas potencialidades como ferramenta de ordenamento de candidatos à seleção.

Palavras-chaves: índices de seleção, variáveis canônicas, análise de fatores

ABSTRACT

EVALUATION OF MULTIVARIATED CRITERIA APPLIED IN THE SELECTION IN *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

In an experiment involving 248 half-sib families of *Eucalyptus grandis* in randomized block with 4 repetitions and linear plots of 6 plants, in the City of Rio Doce, Minas Gerais, to the 46 months of age, were evaluated the methodology of selection indices (Classic Index and of Pesek and Baker) and the techniques of the canonical analysis and factors analysis as tool of order of candidates to the selection with relation to the traits breast height, height of plants, number of trees with rust incidence, number of trees with cancer incidence and number of normal trees per plot. The index of Pesek and Baker was the only one to present expected genetic gains in the directions longed for all the evaluated traits. The techniques of the canonical analysis and factors analysis had not been efficient in providing expected

¹ Dep. de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, C.P. 04357, CEP: 70910-9000, Brasília, DF;

² Dep de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs s/n, 36570-000 – Viçosa - MG;

³ Dep. de Informática, Universidade Federal de Viçosa, , Av. PH Rolfs s/n, 36570-000 – Viçosa - MG;

⁴ Dep. de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, CEP: 36570-000 Viçosa - MG.

Recebido para publicação em 2003

genetic gains balanced with the intentions of the work, but they had allowed the suggestion of its application in other works for better verification of its potentialities as tool of order of candidates to the selection.

Key words: selections gieth, canonical analysis, factors analysis

INTRODUÇÃO

Para aumentar as chances de êxito em um programa de melhoramento pode-se utilizar a teoria dos índices de seleção, os quais permitem combinar as múltiplas combinações contidas nas unidades experimentais, proporcionando, normalmente, um maior ganho total e uma melhor distribuição desses ganhos entre os caracteres.

Os índices de seleção consistem em estabelecer um novo caráter (supercaráter) que é uma combinação linear dos caracteres considerados. Entre os diversos índices encontrados na literatura destacam-se o clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) e o índice baseado nos ganhos desejados (Pesek & Baker, 1969).

No estabelecimento de pesos econômicos é que se tem verificado a maior limitação da aplicação da teoria do índice clássico (Pesek & Baker, 1969). Baker (1986) assegurou que os pesos econômicos devem ser estabelecidos, respeitando-se a proporcionalidade dos caracteres envolvidos.

Cruz (1990) relatou que os pesos econômicos podem ser estabelecidos a partir de estatísticas dos próprios dados experimentais e que o coeficiente de variação genética, por ser diretamente proporcional à variância genética, mantém, de certa forma, a proporcionalidade entre os caracteres e, ainda, por ser adimensional, poderia ser bom referencial no melhoramento genético.

Outros critérios de seleção foram desenvolvidos por pesquisadores preocupados com as dificuldades e limitações apresentadas pelo índice clássico. Dentre esses critérios, cite-se o índice de seleção baseado nos ganhos desejados de Pesek & Baker (1969).

Crossbie et al. (1980) e Vieira (1988) sugeriam adotar como ganhos desejados o equivalente a

uma vez o desvio-padrão genético para cada caráter. Apesar do reconhecimento de certas dificuldades e limitações na utilização da teoria dos índices de seleção, evidenciou-se, de modo geral, que tais índices são vantajosos, por proporcionarem maiores ganhos totais, com distribuição, entre os caracteres, mais adequada aos propósitos do melhoramento.

Existem outras metodologias multivariadas menos utilizadas como ferramenta para ordenação de candidatos à seleção, mas que devido às suas potencialidades, podem também ser consideradas. Entre elas citam-se as variáveis canônicas e a análise de fatores.

As variáveis canônicas, que são definidas como funções discriminantes ótimas (Mardia et al., 1979), foram relatadas por Rao (1952), e sua aplicação no melhoramento de plantas foi descrita por Bhatt (1973). Trata-se de um processo alternativo para avaliação do grau de similaridade genética entre progenitores, que considera tanto a matriz de covariâncias fenotípicas quanto a matriz de covariâncias residuais entre os caracteres avaliados.

De acordo com a natureza da obtenção das variáveis canônicas, as seguintes propriedades foram observadas (Cruz, 1990; Morrison, 1967): as variáveis canônicas são funções lineares das variáveis originais; as variáveis canônicas são ortogonais entre si; e a variância associada a cada variável canônica decresce, de forma que a primeira combinação linear conterá a maior parte da variância total, a segunda combinação linear conterá a maior parte da variância restante e assim sucessivamente.

Cruz (1990) argumentou que a utilização de técnicas multivariadas para seleção de indivíduos superiores poderia ser alternativa eficiente, pois permitem combinar informações múltiplas contidas nas unidades experimentais, levando a indivíduos

mais promissores e mais adequados aos propósitos do melhoramento. Nesse contexto, a técnica das variáveis canônicas surge como uma das opções possíveis, podendo, talvez, substituir os índices de seleção, com a vantagem de não requerer estabelecimento de pesos econômicos prévios, como no caso do índice clássico, nem de ganhos genéticos desejados, como no caso do índice de Pesek e Baker, que são práticas subjetivas e, portanto, podem levar a erros.

A utilização da técnica das variáveis canônicas na prática da seleção é, entretanto, ainda muito incipiente. Castoldi (1997), em revisão sobre o assunto, relatou não ter encontrado na literatura disponível, trabalhos sobre este termo. O referido autor, utilizando essa técnica para seleção em caracteres múltiplos de milho, observou que ela não foi capaz de fornecer ganhos genéticos equilibrados para vários caracteres simultaneamente.

Paula (1997), utilizando a técnica das variáveis canônicas como critério de seleção em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, também não encontrou resultados satisfatórios. Entretanto, dadas as vantagens da técnica, ela deve ser investigada com mais detalhes, em outros experimentos, para verificação de sua potencialidade como critério de seleção genética.

Quando se trabalha com técnicas multivariadas na elucidação de problemas, em quaisquer áreas do conhecimento científico é consenso entre os pesquisadores a necessidade de utilização de mais de uma dessas técnicas para uma visão mais clara e precisa do problema em estudo. Nesse contexto, a análise de fatores, dadas suas propriedades e formas de obtenção, é mais uma opção que, em determinadas situações, pode ser interessante.

A exemplo da análise por componentes principais e por variáveis canônicas, a técnica da análise por fatores também tem por objetivos a ordenação e a simplificação de dados originais, nos quais o número de variáveis é muito grande, em número menor de combinações lineares desses dados originais, conservando o máximo possível de suas informações.

Segundo Johnson & Wichern (1988), essa técnica, em resumo, é um conjunto de métodos

estatísticos que procuram explicar o comportamento de grande número de variáveis observadas, em termos de número menor de variáveis latentes ou de fatores. As variáveis são agrupadas por meio de suas correlações, e as que caracterizam determinado fator estão fortemente correlacionadas entre si, mas fracamente em outro fator.

Castoldi (1997) citou vários trabalhos utilizando a técnica da análise de fatores na verificação de interdependências entre variáveis de várias culturas, como milho, trigo, sorgo e feijão. Queiroz (1984) utilizou a técnica para estudos de estrutura de florestas tropicais, com resultados satisfatórios.

Com relação à utilização da análise de fatores para seleção de indivíduos reunindo uma série de caracteres desejáveis, os trabalhos são ainda bastantes escassos. Godsholk e Timothy, citados por Castoldi (1997), comparando essa técnica com os componentes principais como opção ao índice clássico em *Panicum virgatum* L., concluíram que os componentes principais apresentam maiores potencialidades do que a análise de fatores nos propósitos de seleção multivariada.

Castoldi (1997), trabalhando com progênies de meios-irmãos de milho, concluiu que a análise de fatores proporciona distribuição de ganhos menos equilibrada do que o índice clássico para vários caracteres, sendo, portanto, menos interessante para o melhorista. Entretanto, o referido autor ressaltou que a análise de fatores foi prejudicada pela estrutura dos dados utilizados, em termos de correlações entre variáveis de importância e valores de coeficientes de herdabilidades em outras variáveis, e sugeriu que a técnica seja utilizada em outras circunstâncias, para verificação de suas potencialidades.

Este trabalho tem como escopo comparar os índices de seleção e as técnicas das variáveis canônicas e da análise de fatores, como ferramenta de ordenamento de progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, para a seleção, em relação aos caracteres circunferência à altura do peito, altura de plantas, incidência de ferrugem, incidência de cancro e número de árvores normais por parcelas.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização geral do experimento

O experimento foi instalado e conduzido pela Celulose Nipo Brasileira S.A. (CENIBRA) no Município de Rio Doce, Minas Gerais, na latitude de 19°10'S, longitude de 42°20'W e altitude variando de 220 a 425 m, em situação de encosta, com a utilização de 248 famílias de meios-irmãos. Foi utilizado o modelo estatístico em blocos ao acaso, com informação dentro de parcelas, com quatro repetições e seis plantas por parcela, no espaçamento 3 × 2 m.

Os caracteres avaliados foram circunferência à altura do peito (CAP) e altura de plantas (ALT), sendo estas duas tomadas em nível de plantas dentro de parcelas, além do número de árvores com incidência de ferrugem (FER), número de árvores com incidência de cancro (CAN) e número de árvores normais (NAR), sendo estas três últimas tomadas em nível de parcelas; considerou-se árvore normal aquela que estava viva, inteira e não bifurcada. Todas as avaliações foram feitas ao 46 meses de idade.

Índices clássico e de Pesek e Baker

Foram utilizados o índice clássico de Smith e Hazel e o índice baseado nos ganhos desejados de Pesek e Baker.

Na aplicação do índice clássico, consideraram-se pesos econômicos baseados em estatísticas dos próprios dados experimentais, conforme relatou Cruz (1990), e outras combinações de pesos econômicos, visando à distribuição de ganhos mais convenientes, de acordo com os propósitos do presente trabalho.

Para construção do índice de Pesek e Baker, considerou-se como pesos econômicos o equivalente a um desvio-padrão genético para cada caráter, conforme sugestão de Crossbie et al. (1980) e Vieira (1988), e também outras combinações de pesos, visando a melhores distribuições de ganhos de acordo com os propósitos do presente trabalho.

Seleção com base em variáveis canônicas

Os escores das diferentes progênies referentes às variáveis canônicas, estabelecidas com relação às variáveis originais altura de plantas (ALT), circunferência à altura do peito (CAP), incidência de ferrugem (FER), incidência de cancro (CAN) e número de árvores normais (NAR), foram utilizados para o processo de seleção das referidas progênies.

Devido ao caráter exploratório do presente trabalho, optou-se por considerar todas as variáveis canônicas obtidas e verificar suas potencialidades como ferramenta de seleção em *Eucalyptus grandis*.

Uma vez obtida a variável canônica, foram obtidos os escores relativos a cada progênie em cada repetição. Os valores desses escores foram tomados como representativos de uma variável, utilizada como critério de seleção. Pela análise de variância dessa nova variável, estimaram-se os parâmetros genéticos necessários para o cálculo dos ganhos com seleção.

As estimativas dos ganhos percentuais nas variáveis originais, em função da seleção indireta na variável canônica escolhida, foram obtidas por:

$$GS \% = (DS \times h^2 \times 100) / \bar{X}_j$$

em que:

DS = diferencial de seleção obtido no caráter j , com seleção na variável canônica;

h^2 = herdabilidade em nível de médias de famílias do caráter j ; e

\bar{X}_j = média do caráter j .

Seleção com base na técnica da análise de fatores

A utilização da técnica da análise de fatores envolveu várias etapas, as quais são descritas, a seguir.

Determinação do número de fatores comuns

O método utilizado para determinar o número de fatores foi o de escolher tantos fatores comuns quantos autovalores superiores ou iguais à unidade forem obtidos da matriz de correlação fenotípica das variáveis originais padronizadas.

Cálculo das cargas fatoriais

As cargas fatoriais de cada variável foram dadas por:

$$a_{ij} = \sqrt{\lambda_i} \cdot V_{ij}$$

em que:

a_{ij} = carga fatorial do i -ésimo fator correspondente à j -ésima variável;

λ_i = i -ésimo autovalor maior que a unidade, obtido da matriz de correlações fenotípicas; e

V_{ij} = j -ésimo valor do i -ésimo autovetor. Em síntese, cada autovalor maior que a unidade correspondente a um autovetor que, por sua vez, foi constituído por um número de valores iguais ao número de variáveis originais.

Logo, dado fator terá cargas individuais para todas as variáveis, o que esclarece a razão da denominação “fator comum”, empregada na teoria de análise de fatores.

Rotação fatorial

O método de rotação empregado foi o Varimax, já que foi assumido serem os fatores comuns ortogonais entre si.

O objetivo da rotação foi, em resumo, fazer com que dentro de um mesmo fator as cargas fatoriais apresentem variância máxima, o que equivale a dizer que algumas cargas fatoriais assumem valores próximos à unidade e outros próximos a zero, o que permite definir os fatores. No presente trabalho, pretendeu-se definir um fator denominado fator de crescimento (variáveis CAP, ALT e NAR) e fator de sanidade (variáveis FER e CAN). Tais fatores darão origem aos escores fatoriais, sobre os quais a seleção será praticada.

Cálculo dos escores fatoriais

Este é um passo importante da análise de fatores, pois quantifica o efeito de cada fator comum na expressão dos caracteres. Os escores foram obtidos por meio da equação apresentada por Manly (1986), citado por Castoldi (1997), a saber:

$$F^* = [(G'G)^{-1}G'x]$$

em que:

F^* = vetor de dimensões $m \times 1$ de escores fatoriais;

G = matriz de dimensões $p \times m$ das cargas fatoriais finais rotacionadas; e

x = vetor de dimensão $p \times 1$ de médias dos caracteres da k -ésima família (variáveis padronizadas).

Para cada progênie, repetiu-se o cálculo. Dessa forma, para cada progênie haverá m novos caracteres, dos quais, um corresponde ao fator de crescimento e outro ao fator de sanidade, sobre os quais a seleção será praticada. Uma vez selecionados os fatores, foram obtidos os escores relativos a cada progênie em cada repetição. Os valores desses escores foram tomados como representativos de novas variáveis, que foram utilizadas como critério de seleção. Pela análise de variância dessas novas variáveis, estimaram-se os parâmetros genéticos necessários para o cálculo dos ganhos com a seleção.

As estimativas dos ganhos porcentuais de seleção das variáveis originais, em função da seleção praticada nos escores do fator foram obtidas por:

$$GS \% = (DS \times h_j^2 \times 100) / \bar{X}_j$$

em que:

DS = diferencial de seleção obtido no caráter j com seleção praticada no fator;¹

h_j^2 = herdabilidade do caráter j ;

\bar{X}_j = média do caráter j ;

Todos os procedimentos estatísticos utilizados foram processados, utilizando-se o aplicativo computacional “GENES FOR WINDOWS” (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, apresentam-se os resultados, em termos de ganhos porcentuais esperados, das características avaliadas com a seleção praticada nos índices de Smith e Hazel e de Pesek e Baker.

Conforme pode ser observado, os índices de seleção, construídos com os pesos econômicos sugeridos em literatura não foram capazes de proporcionar distribuição de ganhos condizentes com os propósitos do presente trabalho, ressaltando-se que estes ganhos são ganhos em sentido positivo com os caracteres CAP, ALT e NAR e em sentido negativo com FER e CAN.

Observa-se ainda que variando o vetor de ganhos desejados (índice de Pesek e Baker) conseguiu-se uma distribuição de ganhos equilibrada, o que evidencia que os índices de seleção, normalmente, são vantajosos.

Tabela 1. Respostas esperadas nos caracteres avaliados, com a seleção praticada nos índices de Smith e Hazel e de Pesek e Baker em progênies de *Eucalyptus grandis*, aos 46 meses, em Rio Doce - MG.

Table 1. Expected genetic gains with the selection on Smith and Hazel's and Pesek and Baker's indices in progenies of the *Eucalyptus grandis*, to the 46 months of age, in the Rio Doce - MG.

ÍNDICE	RESPOSTA ESPERADA EM (%)				
	CAP	ALT	FER	CAN	NAR
SH1	39,62	39,46	32,14	28,59	34,18
PB1	4,75	2,40	-4,11	-0,66	-3,73
PB2	5,18	2,86	-5,47	-0,84	0,79

SHi = índice de Smith e Hazel, com pesos econômicos iguais a um coeficiente de variação genética para cada caráter, no local i.; PBi = índice de Pesek e Baker, com pesos econômicos iguais a um desvio-padrão genético para cada caráter, no local i.; PB2 = índice de Pesek e Baker com pesos econômicos iguais a 6; 2,5; -1; 0,5 para CAP, ALT, FER e NAR, respectivamente; CAP = circunferência à altura do peito; ALT = altura de plantas; FER = incidência de ferrugem; CAN = incidência de cancro; NAR = número de árvores normais.

Variáveis canônicas

A tabela 2 apresenta os autovalores, a variância acumulada e os coeficientes de ponderação para as 5 variáveis canônicas estabelecidas com relação às 5 variáveis consideradas.

Os pesos atribuídos às variáveis variaram

muito e foram de difícil interpretação biológica e adequação aos propósitos do melhorista, entretanto, aparentemente as variáveis VC2 e VC5 foram interessantes, pois VC2 ponderou FER e CAN de maneira assimétrica a ALT e NAR, e VC5 também ponderou FER e CAN de maneira assimétrica a CAP e ALT.

Tabela 2. Autovalores (li), variância acumulada (%) e coeficientes de ponderação das variáveis envolvidas em progênies de *Eucalyptus grandis*, aos 46 meses, em Rio Doce – MG.

Table 2. Latent roots, accumulated variances and coefficients of ponderations of the traits in progenies of the *Eucalyptus grandis*, to the 46 months of age, in the Rio Doce – MG.

VARIÁVEL CANÔNICA	AUTOVALOR (λ)	VARIÂNCIA ACUMULADA	COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO				
			CAP	ALT	FER	CAN	NAR
VC1	0,1391	37,13	0,0296	0,07632	0,2052	-0,5409	0,0703
VC2	0,0702	55,87	0,0973	-0,3810	1,7055	1,4652	-1,3530
VC3	0,0619	72,39	0,1475	-0,5088	-2,2870	0,9706	3,8722
VC4	0,0594	88,26	-0,1063	0,3600	-2,0686	1,8567	-0,2266
VC5	0,0440	100,00	-0,0960	-0,0246	1,5292	0,2451	2,9101

CAP = circunferência à altura do peito; ALT = altura de plantas; FER = incidência de ferrugem; CAN = incidência de cancro; NAR = número de árvores normais; VC = variável canônica

Das considerações anteriores, concluiu-se que as variáveis canônicas, em termos de coeficientes de ponderação, conseguiram apenas aproximar-se dos objetivos almejados no presente trabalho, pois nenhuma delas apresentou coeficientes assimétricos para FER e CAN em relação a CAP, ALT e NAR.

As estimativas dos ganhos genéticos esperados, em cada uma das variáveis envolvidas, pela seleção em cada uma das variáveis canônicas são apresentadas na tabela 3. Observa-se que as variáveis canônicas, desta forma estabelecidas, também não foram efetivas no sentido de conseguir a distribuição de ganhos esperados condizentes com os propósitos do presente trabalho, resultado também encontrado por Paula (1997).

Tentou-se, ainda, estabelecer os ganhos esperados nas variáveis de interesse, pela seleção nas diversas variáveis canônicas, desta feita considerando a seleção em sentido inverso, encontrando-se, com relação à variável canônica VC4, a seguinte distribuição de ganhos esperados para as variáveis avaliadas: 5,36% para CAP; 6,11% para ALT; 0,80% para FER; -4,55% para CAN; e 8,76% para NAR.

Essa distribuição foi bastante próxima do desejado, uma vez que, para a única variável que não apresentou ganho no sentido esperado (FER), o mesmo foi inexpressivo; para as demais variáveis, os ganhos foram expressivos e no sentido desejado.

Tabela 3. Respostas esperadas nas variáveis CAP, ALT, FER, CAN e NAR pela seleção das variáveis canônicas em progênies de *Eucalyptus grandis*, aos 46 meses, em Rio Doce – MG.

Table 3. Expected genetic gains in the traits with selections on canonical variables in progenies of the *Eucalyptus grandis*, to the 46 months of age, in the Rio Doce – MG.

Seleção em	Resposta esperada em				
	CAP	ALT	FER	CAN	NAR
VC1	39,07	38,83	31,60	25,72	33,63
VC2	11,85	8,58	15,70	14,23	4,56
VC3	14,21	14,52	6,70	12,68	18,93
VC4	7,73	5,84	10,97	12,02	-1,08
VC5	11,25	8,96	10,52	13,75	13,51

CAP = circunferência à altura do peito; ALT = altura de plantas; FER = incidência de ferrugem; CAN = incidência de cancro; NAR = número de árvores normais.

Segundo Cruz (1990), a natureza das correlações entre os caracteres é fundamental para a eficiência destes métodos multivariados. Portanto, às vezes, resultados não satisfatórios encontrados com o uso de técnicas multivariadas podem estar ligados à natureza das correlações.

Assim, a técnica das variáveis canônicas como ferramenta de ordenamento de candidatos à seleção, apesar de não ter apresentado resultados satisfatórios, não pode ser desconsiderada. Fica, dessa forma, a sugestão para outros pesquisadores, trabalhando com outras espécies e, ou, outros locais, lançarem mão da referida técnica para apreciação mais pormenorizada de suas potencialidades.

Análise de fatores

Os autovalores, porcentagens de explicação e porcentagens de explicação acumulada referentes às matrizes de correlações entre variáveis originais estão apresentados na tabela 4.

Conforme argumentação de Hartman, citado por Castoldi (1997), o número de fatores comuns pode ser estabelecido de acordo com as estimativas de autovalores da matriz de correlação entre dados originais, escolhendo-se tantos fatores quantos forem os autovalores iguais ou superiores à unidade.

No presente trabalho, a matriz acima referida apresentou apenas um autovalor igual ou superior à unidade. Entretanto, para fins de seleção e também na tentativa de separação das variáveis em dois grupos, um denominado fator de crescimento (CAP, ALT e NAR) e outro denominado fator de sanidade (FER e CAN), consideraram-se os dois primeiros fatores para estudo.

Na tabela 5, apresentam-se os valores das cargas fatoriais iniciais e das cargas fatoriais após a rotação, em relação às variáveis avaliadas, para ambos os fatores. Observou-se que apesar de ligeira tendência de separação entre as variáveis relacionadas ao crescimento (CAP, ALT e NAR) e as variáveis relacionadas à sanidade (FER e CAN), não houve discriminação satisfatória entre os dois fatores, uma vez que as cargas fatoriais para todas as variáveis, em cada fator, foram bastante próximas.

Tabela 4. Autovalores e porcentagem de explicação acumulada das matrizes de correlação entre médias das variáveis originais em progênies de *Eucalyptus grandis*, aos 46 meses, em Rio Doce – MG.

Table 4. Latents roots and percentage of accumulated explanation of the matrices of correlation between averages of the original variable in progenies of the *Eucalyptus grandis*, to the 46 months of age, in the Rio Doce – MG.

Autovalores	Explicação (%)	Porcentagem acumulada
4,7352	94,7033	94,7033
0,1164	2,3278	97,0311
0,0885	1,7001	98,8012
0,0519	1,0383	99,8395
0,0080	0,1605	100,00

Dessa forma, provavelmente a seleção baseada nos escores de ambos os fatores deverá apresentar resultados também bastante próximos em magnitudes e com a mesma direção para todas as variáveis, o que não é interessante, considerando-se os objetivos do presente trabalho.

Na tabela 6, apresentam-se as estimativas de ganhos esperados nas características avaliadas, pela seleção naqueles dois fatores. Observa-se que a análise de fatores, como ferramenta de seleção, não se mostrou eficaz para conseguir distribuição de ganhos condizentes com os propósitos almejados.

A seleção positiva nos escores de ambos os fatores apresentou ganhos esperados positivos para todas as características, ao passo que a seleção negativa exibiu ganhos negativos também para todas as características.

Notou-se, ainda, que as estimativas de ganhos esperados para os dois fatores foram muito próximas, resultado esse explicado pelo fato de os dois fatores não serem bem definidos, com cargas fatoriais também muito próximas para as variáveis avaliadas.

Tabela 5. Cargas fatoriais iniciais e cargas fatoriais após a rotação das cinco variáveis analisadas em progênies de *Eucalyptus grandis*, aos 46 meses, em Rio Doce – MG.

Table 5. Initial factorial loads and factorial loads after the rotation of the traits in progenies of the *Eucalyptus grandis*, to the 46 months of age, in the Rio Doce – MG.

Variável	Cargas Fatoriais			
	Iniciais		Finais	
	Fator 1	Fator 2	Fator 1	Fator 2
CAP	0,984	-0,082	0,773	0,615
ALT	0,990	-0,094	0,786	0,609
FER	0,963	0,1368	0,608	0,760
CAN	0,957	0,2245	0,543	0,819
NAR	0,968	-0,178	0,827	0,534

CAP = circunferência à altura do peito; ALT = altura de plantas; FER = incidência de ferrugem; CAN = incidência de cancro; NAR = número de árvores normais.

Tabela 6. Ganhos genéticos esperados com a seleção nos dois fatores em progênies de *Eucalyptus grandis*, aos 46 meses, em Rio Doce – MG.

Table 6. Expected genetic gains with selection using the factor analyses in progenies of the *Eucalyptus grandis*, to the 46 months of age, in the Rio Doce – MG.

Variável	RS1 (%)		RS2 (%)	
	Fator 1	Fator 2	Fator 1	Fator 2
CAP	39,54	39,51	-37,47	-37,47
ALT	39,63	39,65	-37,00	-37,00
FER	32,51	32,51	-32,82	-32,82
CAN	28,94	29,12	-30,26	-30,26
NAR	34,84	34,84	-33,13	-33,13

RS1 = seleção no sentido positivo, isto é, seleção dos indivíduos de valores superiores. RS2 = seleção no sentido negativo, isto é, seleção dos indivíduos de valores inferiores. CAP = circunferência à altura do peito; ALT = altura de plantas; FER = incidência de ferrugem; CAN = incidência de cancro; NAR = número de árvores normais.

Apesar de essa técnica, no presente trabalho, não ter proporcionado resultados satisfatórios como ferramenta de seleção, dada a sua forma de estabelecimento, ou seja, agrupar em um mesmo fator variáveis altamente correlacionadas, sugere-se que em outros experimentos, com outro conjunto de variáveis, ela seja utilizada para verificação de suas potencialidades.

CONCLUSÕES

O índice baseado nos ganhos desejados foi o único a apresentar uma distribuição de ganhos equilibrada, de acordo com os objetivos do trabalho.

As técnicas das variáveis canônicas e da análise de fatores não foram eficientes no sentido de proporcionar ganhos esperados em magnitudes e sentidos desejados, ressaltando-se que as variáveis canônicas mostraram-se mais flexíveis, neste sentido.

Dada às potencialidades das técnicas das variáveis canônicas e da análise de fatores, sugere-se a sua aplicação em outras populações e em outros locais, para verificação mais pormenorizada de suas potencialidades com ferramenta de ordenamento de candidatos à seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, R.J. **Selection index in plant breeding.** Florida: CRC Press, 1986. 218p.

BHATT, G.M. Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum*, L.). **Australian Journal Agric. Res.**, v. 24, p. 457-464, 1973.

CASTOLDI, F. L. **Comparação de métodos multivariados aplicados na seleção em milho.** Viçosa: UFV, 1997. 118p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

- CROSSBIE, T.M., MOCK, J.J., SMITH, D.S. Comparison of gains predicted by several selections methods for cold tolerance traits for two maize populations. **Crop Sciences**, Madison, v.20, p.649-655, 1980.
- CRUZ, C.D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 188p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 1990.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES-Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora da UFV. Universidade Federal de Viçosa, 2001. 648 p.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selections indexes. **Genetics**, v.28, n.6, p.476-490, 1943.
- JOHNSON, R., WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1988. 607p.
- MARDIA, K.V., KENT, J.T., BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press, 1979. 521p.
- MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York: McGraw Hill Book, 1967. 415p.
- PAULA, R.C. de **Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal**. Viçosa: UFV, 1997. 74p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- PESEK, J., BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selected indices. **Can. Journal Plant Sci.**, v.49, p.803-804, 1969.
- QUEIROZ, W.T. **Análise de fatores (“factor analysis”) pelo método da máxima verossimilhança: aplicação no estudo da estrutura de florestas tropicais**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 112p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 1984.
- RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Willey and Sons, 1952. 390p.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Ann. Eugenics**, v.7, p.240-250, 1936.
- VIEIRA, J.V. **Herdabilidade, correlações genéticas e índices de seleção em uma população de cenoura (*Dacus carota L.*)**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 86p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.