

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS EM CARACTERES MORFOLÓGICOS DE CAFÉ ARÁBICA EM ESTÁDIO JUVENIL

Alexsandro Lara Teixeira¹, Flávia Maria Avelar Gonçalves², Juliana Costa de Rezende³, Rodrigo Barros Rocha⁴, Antonio Alves Pereira⁵

(Recebido: 7 de fevereiro de 2012; aceito: 4 de julho de 2012)

RESUMO: Para a seleção de plantas que reúnam uma série de características favoráveis, faz-se necessário a avaliação um de grande número de variáveis, que naturalmente estão associadas. Desse modo, o emprego da análise multivariada, como a análise de Componentes Principais, pode ser útil na interpretação dos dados. Objetivou-se, no presente estudo, identificar quais são os caracteres morfológicos de maior importância na discriminação entre genótipos juvenis de *Coffea arabica*. Foram avaliados 250 acessos (cultivares, híbridos e alguns genótipos selvagens) oriundos do banco de germoplasma de café, instalado na fazenda experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Patrocínio, MG. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com duas repetições, espaçamento de 3,5 x 0,8 metros, com parcelas de dez plantas. Os caracteres morfológicos foram avaliados em 2006, 12 meses após a implantação da cultura, com as plantas ainda na fase juvenil. Por meio dos resultados constatou-se que os dois primeiros componentes principais explicaram 80,04% da variação total. Dentre as características morfológicas avaliadas, o comprimento do 1º ramo plagiotrópico, vigor, diâmetro do caule e número de nós do 1º ramo plagiotrópico são as variáveis de maior importância na distinção dos acessos. Essa informação permite uma maior concentração de esforços na avaliação das mesmas, descartando outras variáveis de menor importância.

Termos para indexação: Seleção precoce, multivariada, melhoramento do cafeeiro.

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS ON MORPHOLOGICAL TRAITS IN JUVENILE STAGE ARABICA COFFEE

ABSTRACT: In plant breeding and selection, it is necessary to evaluate a great number of traits that are naturally associated. Thus, the use of multivariate analysis, such as Principal Component Analysis, can assist data interpretation. The aim of this study was to identify which morphological traits are of greatest importance to discriminate juvenile *Coffea arabica* genotypes. Cultivars, hybrids and some wild genotypes were evaluated from a coffee genebank maintained by the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, in Patrocínio, MG, Brazil. A randomized block experimental design was used with two replicates, spacing of 3.5 x 0.8 meters and ten plants per plot. The morphological characters were measured at 12 months after the plantation, at the plants juvenile phase. Only the first two major components explained 80.04% of total variance. Among the morphological evaluated traits, the length of the first plagiotropic branch, the plant vitality, the stem diameter and the nodes number of the first plagiotropic branch are the most important variables to discriminate the genotypes. These evaluations are important to the early selection of the genotypes of higher potential allowing to concentrate efforts in their evaluating, discarding other minor traits.

Index terms: Early selection, multivariate, coffee breeding.

1 INTRODUÇÃO

A busca por novas cultivares que detenham uma série de características favoráveis tem sido o principal foco dos programas de melhoramento do cafeeiro no Brasil (CARVALHO et al., 2010; MARTINEZ et al., 2007). Além da seleção direta baseada em produtividade, outras estratégias vêm sendo utilizadas para maximizar os ganhos com a seleção. Isso inclui a avaliação precoce de caracteres morfológicos a fim de discriminar genótipos mais promissores e identificar características de maior importância na caracterização dos materiais genéticos. Essas ferramentas proporcionam aos melhoristas uma melhor orientação na escolha

dos melhores critérios a serem utilizados nos programas de melhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Na cultura do café, é comum avaliar um grande número de variáveis, havendo muitas vezes correlações significativas entre elas. Desse modo, o emprego da análise multivariada, como a análise de componentes principais, é de grande utilidade para a interpretação dos dados. O resultado dessa técnica é um gráfico que representa a variação de múltiplas características em apenas dois eixos cartesianos. Quanto mais próximos dois pontos no gráfico maior a similaridade entre eles e, quanto maior a proximidade de duas amostras significa maior

¹Embrapa Rondônia - BR 364 - Km 5,5 - Zona Rural - Cx.P. 127 - 76815-800 - Porto Velho-RO - alexteixeira@cpafro.embrapa.br

²Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Cx.P. 3037 - 37200-000 Lavras - MG - avelar@dbi.ufla.br

³Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Cx. P. 176 - 37200-000 - Lavras - MG - julianacosta@epamig.ufla.br

⁴Embrapa Rondônia - BR 364 - Km 5,5 - Zona Rural - Cx.P. 127 - 76815-800 - Porto Velho-RO - rodrigo@cpafro.embrapa.br

⁵Epamig - Unidade Regional da Zona da Mata - Campus da UFV S/N - Cx.P. 216 - 36570-000 - Viçosa - MG - pereira@epamig.ufv.br

semelhança entre elas, em relação às variáveis estudadas (RICCI; COSTA; OLIVEIRA, 2011).

A análise de componentes principais é utilizada como critério para julgar a importância das próprias variáveis originais escolhidas, ou seja, as variáveis originais com maior peso na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais importantes do ponto de vista estatístico (MOITA NETO; MOITA, 1998).

Apesar de ser uma técnica relativamente antiga, apenas recentemente, com o desenvolvimento de processadores computacionais mais rápidos, é que análises multivariadas puderam ser utilizadas rotineiramente e incorporadas às análises de dados (HAIR et al., 1998).

Objetivou-se, com este trabalho identificar, quais são os caracteres morfológicos de maior importância na discriminação de genótipos juvenis de café arábica, com o auxílio da técnica de análise multivariada de componentes principais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Patrocínio, MG, situado nas coordenadas 18°56'38"S e 46°59'34"O. O clima da região é classificado como tropical de altitude, Cwa (Köppen), com temperaturas médias anuais de 20,2 °C, precipitação pluvial média de 1.620 mm, com 65% a 70% desse total concentrados no período de dezembro a março, e altitude média de 972 m.

Foram avaliados 250 acessos de *Coffea arabica* L., representados por cultivares, híbridos F₁ (obtidos de cruzamentos entre linhagens elites) e alguns genótipos selvagens introduzidos de outros países, oriundos do banco de germoplasma de café, instalado no ano de 2005, na fazenda experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Patrocínio, MG. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com duas repetições, parcelas de dez plantas e espaçamento de 3,5 x 0,8 metros. Os caracteres morfológicos foram avaliados em 2006, 12 meses após a implantação da cultura, com as plantas ainda na fase juvenil. Os experimentos foram conduzidos de acordo com as recomendações de adubação para a cultura do cafeeiro. Foram adotadas as práticas de manejo usualmente empregadas na cultura.

Os caracteres avaliados foram: a) vigor vegetativo [VIGOR], atribuindo-se notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, sendo a nota um, conferida às piores plantas com o vigor vegetativo muito reduzido e acentuado sintoma de depauperamento e a nota 10 às plantas com excelente vigor, mais enfolhadas e com acentuado

crescimento vegetativo dos ramos produtivos, conforme sugerido por Carvalho, Mônico e Fazuoli (1979); b) altura da planta [ALT], medida do colo da planta até a gema apical do caule, em centímetros; c) número de pares de ramos plagiotrópicos [NP(RP)], avaliado por meio da contagem de todos os pares de ramos laterais primários que apresentaram comprimento superior a cinco centímetros; d) comprimento do primeiro ramo plagiotrópico [COMP(1°RP)], avaliado por meio da medição do primeiro ramo plagiotrópico acima do colo da planta, em centímetros; e) número de nós do primeiro ramo plagiotrópico [NN(1°RP)], obtido pela contagem de todos os nós do ramo; f) comprimento do quarto par de folhas [COMP(4°PF)], em centímetros; g) largura do quarto par de folhas [LARG(4°PF)], em centímetros.

Os dados obtidos referentes aos caracteres morfológicos e produtividade foram submetidos às pressuposições da ANOVA, quando foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Lilliefors e homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett, ambos ao nível de 5% de probabilidade. Posteriormente, todos foram submetidos à análise de variância com a significância dos efeitos verificada pelo teste F, a 5% de probabilidade. A acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}), determinada por meio da expressão: $\hat{r}_{gg} = (1-1/F)^{1/2}$, em que F é o valor do teste F de Snedecor para o efeito de genótipo (RESENDE; DUARTE, 2007). As análises de variância foram realizadas no software estatístico SAS (Statistical Analysis System). As correlações genotípicas e de componentes principais foram realizadas utilizando-se o software GENES (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as características estudadas apresentaram diferenças significativas entre genótipos ($p \leq 0,05$). As estimativas de acurácia foram de alta magnitude ($65 < \hat{r}_{gg} < 90$) para todas as variáveis em questão, indicando boa precisão experimental. O uso da acurácia, como medida de precisão experimental, sugerido por Resende e Duarte (2007), tem a vantagem de não depender da média, o que proporciona maior segurança na utilização da expressão fenotípica como indicador da variação genotípica. Valores de acurácia acima de 70% indicam uma alta precisão experimental.

As estimativas de correlações genotípicas (r_g) entre as oito variáveis encontram-se na Tabela 1. A maior correlação observada foi entre COMP(4°PF) e LARG(4°PF) (0,88). O VIGOR,

TABELA 1 – Estimativa dos coeficientes de correlação genotípica entre oito caracteres morfológicos de *Coffea arábica* Patrocínio - MG, 2010.

Variáveis [#]	VIGOR	ALT	DIAM	NP (RP)	COMP (1°RP)	NN (1°RP)	COMP (4°PF)	LARG (4°PF)
VIGOR	1,00	0,48	0,74	0,76	0,68	0,73	0,52	0,60
ALT		1,00	0,65	0,47	0,73	0,51	0,45	0,39
DIAM			1,00	0,80	0,76	0,80	0,46	0,46
NP(RP)				1,00	0,63	0,80	0,29	0,32
COMP(1°RP)					1,00	0,70	0,46	0,48
NN(1°RP)						1,00	0,29	0,38
COMP(4°PF)							1,00	0,88
LARG(4°PF)								1,00

Todas as correlações foram significativas a 1% pelo método de bootstrap com 500 simulações.

[#]VIGOR: vigor vegetativo (nota de 1-10); ALT: altura da planta (cm); DIAM: diâmetro da copa (cm); NP(RP): número de pares de ramos plagiotrópicos (unid); COMP(1°RP): comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (cm); NN(1°RP): número de nós do primeiro ramo plagiotrópico (unid); COMP(4°PF): comprimento do quarto par de folhas (cm); LARG(4°PF): largura do quarto par de folhas (cm).

característica comumente utilizada como critério seletivo, também apresentou alta correlação com NP(RP), COMP(1°RP) e NN(1°RP) (Tabela 1). Baseando-se apenas na capacidade fotossintética e sem a avaliação direta da produção de grãos, Freitas et al. (2007) constataram que a seleção precoce no comprimento de ramos plagiotrópicos aos 12 meses de idade pode ser utilizada para identificação de genótipos superiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Severino et al. (2002) que relatam associação entre vigor vegetativo e produção de grãos, em dados acumulados durante os três primeiros anos de produção ($r=0,90$). Percebe-se também que os caracteres número de nós do primeiro ramo plagiotrópico, número de pares de ramos plagiotrópicos e diâmetro do caule são altamente correlacionados entre si.

Avaliações de características morfológicas e suas estimativas de correlação são importantes para os programas de melhoramento, pois auxiliam o melhorista na seleção e descarte precoce de acessos. Entretanto nem sempre é possível avaliar todas as características desejadas, já que trata-se de um trabalho oneroso que demanda tempo e mão de obra especializada. Desse modo, a caracterização das variáveis de maior importância daquelas de menor contribuição para a seleção permite a melhor utilização dos recursos no programa de melhoramento, permitindo discriminar com

eficiência genótipos em estágio juvenil utilizando o menor número de variáveis possível.

As estimativas dos autovalores com suas respectivas variâncias individuais e acumuladas estão apresentadas na Tabela 2. Os dois primeiros componentes principais explicaram 80,04% da variância total. Esse resultado pode ser considerado bom, visto que, segundo Cruz e Regazzi (2001) variações totais acima de 80% obtidos com os dois ou três primeiros componentes principais possibilitam a análise de grupos de genótipos utilizando gráficos de dispersão. O gráfico de dispersão, utilizando apenas os valores dos dois primeiros componentes principais, está representado na Figura 1. Bosselmann et al. (2009) avaliaram características morfológicas, agrônômicas e alguns atributos sensoriais em cafés arábicas cultivados sob sistemas agroflorestais no sul da Colômbia. Por meio dos resultados, observou-se que as duas primeiras componentes (CP1 - atributos sensoriais e CP2 - altitude e tamanho dos grãos) não foram suficientes para discriminar os genótipos, explicando apenas 42% da variação encontrada nos dados. Uma possível explicação é que dentro do mesmo componente houve uma baixa correlação entre as variáveis, altitude e porcentagem de grãos pequenos. Em geral, atributos sensoriais são influenciados pelo sombreamento e atributos físicos sofrem influência da altitude.

TABELA 2 – Estimativas da variância do autovalor, porcentagem da variância e variância acumulada dos componentes principais, obtidos de oito caracteres morfológicos de *Coffea arabica* Patrocínio - MG, 2010.

Variável Canônica	Autovalor	Explicação (%)	Explicação acumulada (%)
1	5.1041	63.8016	63.8016
2	1.2994	16.2421	80.0438
3	0.6916	8.6446	88.6884
4	0.2595	3.2436	91.9321
5	0.2273	2.8416	94.7737
6	0.1790	2.2377	97.0115
7	0.1472	1.8403	98.8517
8	0.0919	1.1483	100.00

As variáveis de maior peso no primeiro vetor, que explica 63,80% da variabilidade total, foram, em ordem decrescente, COMP(1°RP), VIGOR, NP(RP), e por valores negativos as variáveis COMP(4°PF), DIAM, seguido das demais (Tabela 3). Ou seja, como entre os valores

mais altos obtidos (positivos e/ou negativos) estão as variáveis COMP(1°RP) e VIGOR, essa componente principal diferencia com eficiência, os agrupamentos em função de características relacionadas ao porte vegetativo das plantas. O segundo vetor (Componente Principal 2 – CP2) explica 16,24% da variabilidade dos dados e os valores mais altos (positivos e/ou negativos) foram obtidos com as variáveis DIAM e NN(1°RP) (Tabela 3).

Por meio dos resultados é possível observar que o COMP(1°RP), VIGOR, DIAM e NN(1°RP) são as variáveis de maior importância na discriminação entre genótipo de café arábica ainda em estágio juvenil. De posse dessas informações podem-se concentrar maiores esforços na avaliação das mesmas, descartando a avaliação das outras variáveis que pouco contribuem para a distinção dos materiais.

Esses resultados evidenciam a importância da utilização de técnicas multivariadas na identificação de caracteres, que devem ser avaliados com base em um estudo prévio da sua contribuição para a variabilidade (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; SILVA;

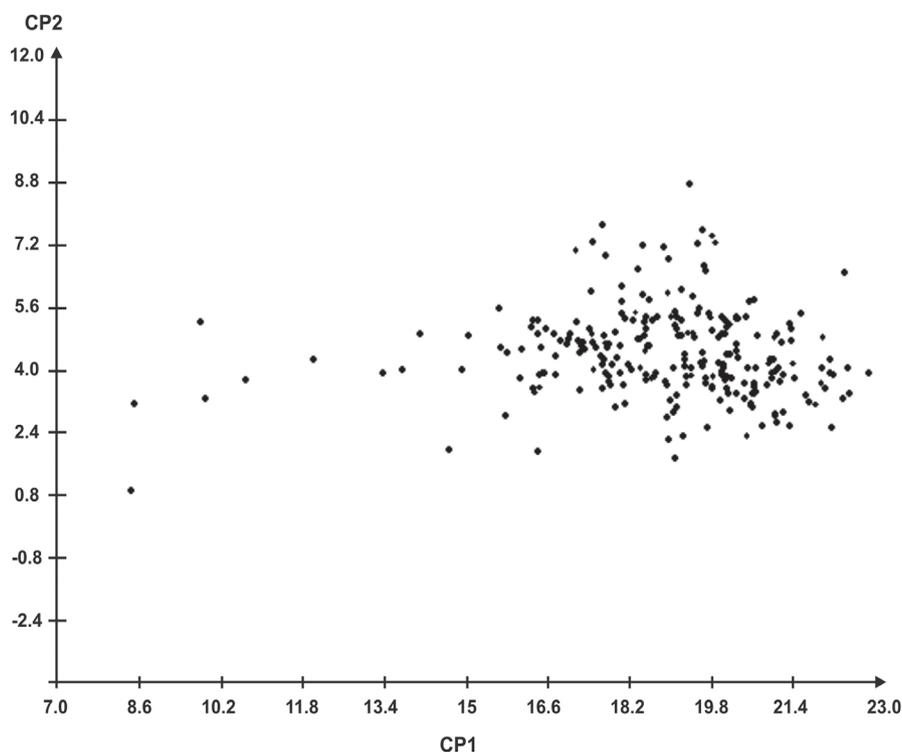


FIGURA 1 – Gráfico de dispersão bidimensional obtido com os valores dos dois primeiros componentes utilizando 250 acessos de *Coffea arabica* Patrocínio - MG, 2010.

TABELA 3 – Estimativas dos autovetores (Componentes principais - CP) e os respectivos pesos de cada variável para sua constituição. Patrocínio - MG, 2010.

Variáveis [#]	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
VIGOR	0.3859	0.3239	0.3996	0.3603	0.3824	0.3697	0.2886	0.3009
ALT	-0.0256	-0.0073	-0.1794	-0.3404	-0.0897	-0.3184	0.627	0.5905
DIAM	-0.3558	0.7636	0.0156	-0.3066	0.3466	-0.1909	-0.0301	-0.1963
NP(RP)	0.3508	-0.2201	-0.4101	-0.3997	0.626	0.132	-0.2779	0.1189
COMP(1°RP)	0.6055	0.2082	-0.1969	0.288	-0.0472	-0.6531	-0.0252	-0.1975
NN(1°RP)	-0.2763	-0.4591	0.385	0.1605	0.5396	-0.4513	0.1582	-0.1376
COMP(4°PF)	-0.3784	0.0509	-0.6388	0.6156	0.1955	0.0712	0.0718	0.1369
LARG(4°PF)	-0.1205	0.082	0.2117	0.1136	-0.0461	-0.2698	-0.6439	0.6569

[#]VIGOR: vigor vegetativo (nota de 1-10); ALT: altura da planta (cm); DIAM: diâmetro da copa (cm); NP(RP): número de pares de ramos plagiotrópicos (unid); COMP(1°RP): comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (cm); NN(1°RP): número de nós do primeiro ramo plagiotrópico (unid); COMP(4°PF): comprimento do quarto par de folhas (cm); LARG(4°PF): largura do quarto par de folhas (cm).

SBRISSIA, 2010). O interessante nessas análises reside na possibilidade do descarte de caracteres que pouco contribuem para a discriminação dos genótipos (PEREIRA et al., 2010). Isso associado à possibilidade de distinguir os genótipos precocemente, ainda em fase juvenil, agiliza os programas de melhoramento. Em fases iniciais do processo seletivo, o número de genótipos a serem avaliados é muito grande demandando muito tempo e mão de obra. Portanto, quanto menos variáveis puderem ser avaliadas e mais cedo for possível discriminar os genótipos, mais eficiente torna-se o programa de melhoramento, maximizando os ganhos e reduzindo custos e mão de obra.

4 CONCLUSÕES

O modelo utilizado de análise multivariada possibilitou identificar com eficiência, dentre todas as características morfológicas estudadas, que o comprimento do 1° ramo plagiotrópico, vigor, diâmetro do caule e número de nós do 1° ramo plagiotrópico são as variáveis de maior importância e consideradas suficientes para a distinção de genótipos em café arábica, ainda em estágio juvenil.

5 AGRADECIMENTOS

À Epamig e à UFLA pela disponibilização da infraestrutura e equipamentos e às agências de fomento Capes, CNPq, Fapemig e Secretaria

da Ciência e Tecnologia do Estado de Minas Gerais, pela viabilização financeira do projeto.

6 REFERÊNCIAS

- BOSELTMANN, A. S. et al. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 129, n. 1/3, p. 253-260, Jan. 2009.
- CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do café XL: estudos de progênes e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 202-216, set. 1979.
- CARVALHO, A. M. D. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa, MG: UFV, 2006. 285 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Divergência genética. In: _____. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, p. 377-413.

- FREITAS, Z. M. T. S. et al. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, abr. 2007.
- HAIR, J. F. et al. **Multivariate data analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1998. 730 p.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 481-489, out. 2007.
- MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 6, p. 467-469, nov. 1998.
- PEREIRA, M. C. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, out. 2010.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.
- RICCI, M. D. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. D. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 44-54, jan. 2011.
- SEVERINO, L. S. et al. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, dez. 2002.
- SILVA, S. C. D.; SBRISSIA, A. F. Análise de componentes principais entre características morfogênicas e estruturais em capim-marandu sob lotação contínua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 690-693, mar. 2010.