

CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES EM 42 GENÓTIPOS DE *Coffea canephora*

Cleidson Alves da Silva¹; Fábio Luiz Partelli²; Alexandre Pio Viana³; Eileen Azevedo Santos⁴; Gleison Oliosi⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agricultura Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) / Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), São Mateus-ES, cleydson91@gmail.com

² Professor Adjunto, UFES/CEUNES, São Mateus-ES, partelli@yahoo.com.br

³ Professor associado, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)

⁴ Bióloga, Pós-doutoranda do programa de genética e melhoramento de plantas da UENF.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agricultura Tropical, UFES/CEUNES, São Mateus-ES.

RESUMO: A caracterização da variabilidade genética da espécie *C. canephora* pode favorecer entre outras práticas, o manejo nutricional da cultura, gerando informações importantes para os programas de melhoramento genético. Sendo assim, objetivo deste trabalho foi verificar a existência de diversidade genética para a concentração foliar de nutrientes em genótipos promissores de café Conilon no norte do estado do Espírito Santo, utilizando as análises estatísticas multivariadas. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, avaliando 42 genótipos. O estudo da diversidade genética foi realizado pelo agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico (UPGMA). Foi aplicado também o estudo da importância relativa das concentrações foliares de nutrientes para predição de diversidade genética de acordo com Singh (1981). As análises indicaram que existe variabilidade genética entre os genótipos em relação a concentração foliar de nutrientes. O agrupamento pelo método hierárquico UPGMA ao se estabelecer um limite máximo de 40% de dissimilaridade entre os genótipos, permitiu a formação de oito grupos. A concentração foliar de S foi a que mais contribuiu para a diversidade genética entre o grupo de genótipos.

PALAVRAS-CHAVE: Café Conilon, análise multivariada, estado nutricional.

FOLIAR CONCENTRATION OF NUTRIENTS IN 42 GENOTYPES OF *Coffea Canephora*

ABSTRACT: The characterization of the genetic variability of the *C. canephora* species may favor, among other practices, the nutritional management of the crop, generating important information for the breeding programs. Therefore, the objective of this work was to verify the existence of genetic diversity for the foliar concentration of nutrients in promising coffee genotypes in the northern state of Espírito Santo, using multivariate statistical analyzes. The experimental design was a randomized block with three replicates, evaluating 42 genotypes. The study of genetic diversity was performed by grouping the genotypes by the hierarchical method (UPGMA). It was also applied the study of the relative importance of foliar concentrations of nutrients for prediction of genetic diversity according to Singh (1981). The analyzes indicated that there is genetic variability among the genotypes in relation to foliar nutrient concentration. The grouping by hierarchical method UPGMA when establishing a maximum limit of 40% of dissimilarity among the genotypes, allowed the formation of eight groups. The leaf concentration of S was the one that contributed the most to the genetic diversity among the group of genotypes.

KEYWORDS: Coffee Conilon, multivariate analysis, nutritional status.

INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos, a produtividade do *Coffea canephora* aumentou linearmente, com mais de 90% de crescimento (CONAB, 2019). Dentre as tecnologias adotadas para o aumento da produtividade, como irrigação, variedades melhoradas, aumento da densidade de plantio, controle fitossanitário, destaca-se também o manejo nutricional adequado (PARTELLI et al., 2018).

O sucesso nutricional das culturas depende de diversos fatores, como características químicas, biológicas e físicas do solo, além da influência do genótipo (SANTOS et al., 2015). A correta interpretação da análise foliar constitui-se de uma ferramenta fundamental para o fornecimento adequado de nutrientes para as lavouras cafeeiras, sendo utilizados para este diagnóstico valores de referência como nível crítico e faixa de suficiência (PARTELLI et al., 2007; 2016; 2018). No entanto, estes valores de referência não consideram a diversidade genética para a concentração foliar de nutrientes existente em genótipos de Conilon (GOMES et al., 2016).

A análise multivariada tem sido amplamente utilizada para quantificar a divergência genética, sendo uma técnica que permite integrar as múltiplas informações de um conjunto de caracteres extraídos das unidades experimentais, oferecendo maior oportunidade de escolha de genitores divergentes em programas de melhoramento (FONSECA et al., 2006). Para o estudo da diversidade genética existente em *C. canephora*, tem sido utilizadas técnicas multivariadas para características morfoagronômicas (IVOGLO et al., 2008; GILES et al., 2018) morfológicas (COVRE et al., 2016) e morfoanatômicas foliares (GILES et al., 2019).

Como a absorção, transporte e redistribuição de nutrientes nas plantas estão sob controle genético, existe a possibilidade de melhorar e ou selecionar genótipos para uma utilização mais eficiente dos nutrientes (GABELMAN & GERLOFF,

1983), utilizando como método de análise, as técnicas multivariadas. Neste contexto, a caracterização da variabilidade genética dentro da espécie *C. canephora* em relação a concentração foliar de nutrientes pode favorecer o manejo nutricional da cultura com diagnósticos mais precisos, e ainda gerar informações de importância no planejamento em programas de melhoramento genético. Assim, este trabalho tem como objetivo identificar a diversidade genética para a concentração foliar de macro e micronutrientes em genótipos promissores de *C. canephora* por meio de análises estatística multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido em uma propriedade rural, Norte do Espírito Santo. A área está localizada a 18° 43' 46" Sul, 40° 23' 10" Norte, com altitude média de 100 metros. O clima predominante na região conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca (ALVARES et al., 2013). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico e com textura argilosa, com relevo ondulado (EMBRAPA, 2018).

Em 2014 foi realizado o plantio da lavoura comercial de café Conilon, esta constituída por 42 genótipos de *C. canephora*, cultivadas sob condições de pleno sol, no espaçamento de 03 (três) metros entre fileiras e de 01 (um) metro entre plantas, desta forma com uma densidade de 3333 plantas por hectare. Os tratamentos culturais foram feitos conforme as orientações técnicas para cultura e consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação por gotejamento.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, avaliando 42 genótipos (Tabela 1). No período de pré-florada e enchimento de grãos do cafeeiro Conilon, foram coletadas as amostras foliares. Estas foram retiradas nos dois lados entre as carreiras de plantio, no terço médio da planta, em folhas localizadas no terceiro ou quarto par de folhas a partir do ápice dos ramos plagiotrópicos. As folhas foram colocadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até atingir peso constante. O material coletado foi encaminhado para laboratório de análises de tecido vegetal para a determinação da concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e Boro (B), segundo a metodologia descrita por Silva (2009).

Tabela 1. Identificação dos 42 genótipos de *Coffea canephora*. Nova Venécia-ES.

Identificação	Nome	Identificação	Nome	Identificação	Nome
1	Verdim R	15	Bamburral	29	Tardio C
2	B01	16	Pirata	30	A1
3	Bicudo	17	Peneirão	31	Cheique
4	Alecrim	18	Z39	32	P2
5	700	19	Z35	33	Emcapa 02
6	CH1	20	Z40	34	Emcapa 153
7	Imbigudinho	21	Z29	35	P1
8	AT	22	Z38	36	LB1
9	Graudão HP	23	Z18	37	122
10	Valcir P	24	Z37	38	Verdim D
11	Beira Rio 8	25	Z21	39	Emcapa 143
12	Tardio V	26	Z36	40	Ouro negro 1
13	AP	27	Ouro Negro	41	Ouro negro 2
14	L80	28	18	42	Clementino

Genótipo 33, 34 e 39 pertencem à variedade Emcapa 8131, genótipos 1, 11, 15, 16 e 30 pertencem à variedade Tributum (GILES et al., 2019) e 30 e 35 pertencem à variedade Andina (MARTINS et al., 2019).

Para o estudo da diversidade genética, foi estabelecido como medida de dissimilaridade a matriz de distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e realizou-se o agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico *Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages* (UPGMA). Foi aplicado também o estudo da importância relativa das concentrações foliares de nutrientes para predição de diversidade genética de acordo com Singh (1981). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, houve diferença significativa entre os genótipos avaliados para a concentração foliar de todos os nutrientes a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, com exceção do Zn, que não foi significativo (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para concentração foliar de macro e micronutrientes em 42 genótipos de *Coffea canephora*. Nova Venécia-ES.

Nutrientes	Quadrado médio		Média	CVe (%)	CVg (%)	H ² (%)
	Genótipos	Resíduo				
N	5.470*	3.2375	26.63	6.75	2.29	40.81
P	0.0238**	0.0082	1.08	8.39	4.71	65.41
K	7.26929**	2.8176	11.63	14.42	7.40	61.23
Ca	32.144**	8.3339	18.34	15.73	10.85	74.07
Mg	5.73502**	1.3209	5.86	19.58	14.61	76.96
S	0.7089**	0.0842	2.05	14.13	15.72	88.12
Fe	638.1622**	282.1147	90.65	18.52	8.49	55.79
Zn	4.93341 ^{ns}	3.5326	7.79	24.11	6.19	28.39
Cu	36.1324**	8.0665	16.21	17.51	13.33	77.67
Mn	76890.91**	31852.94	596.43	29.92	14.52	58.57
B	489.81**	92.93	63.25	15.24	12.85	81.02

^{ns}, ** e *, não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F.

Para a maioria das concentrações foliares, o coeficiente de variação experimental (CVe) esteve abaixo de 20%, faixa considerável aceitável para experimentos com culturas perenes como o café (Ferrão et al., 2008). O menor valor foi obtido pela concentração foliar de N (6,75%), e o maior para o Mn (29,92%). Estes resultados corroboram com os encontrados por Partelli et al. (2007; 2016; 2018) e Gomes et al. (2016) avaliando a concentração foliar destes nutrientes em período de pré-florada e enchimento de grãos, em que obtiveram menor CVe para concentração foliar de N e maior CVe para Mn.

Valores oscilando de 2,29% para concentração foliar de N e 15,72% para S foram observados para o Coeficiente de variação genético (CVg). O coeficiente de variação genético é um parâmetro importante que permite inferir sobre a magnitude da variabilidade presente na população em diferentes caracteres, possibilitando comparar os níveis de variabilidade genética presente em diferentes genótipos, ambientes e caracteres (FERRÃO et al., 2008)

As estimativas para o coeficiente de determinação (H²) apresentaram valores mínimos de 28,39% para a concentração foliar de Zn, e valor máximo de 88,12% para o nutriente S. Por meio das elevadas estimativas de H², são verificadas as confiabilidades no que se refere a como os valores fenotípicos representam os valores genotípicos dos materiais genéticos estudados (FERRÃO et al., 2008). Estes resultados concordam com os valores encontrados por Rodrigues et al. (2012) para características morfoagronômicas, e Giles et al. (2019), para características morfoanatômicas foliares, ambos para genótipos de *C. canephora*.

Para determinar a contribuição relativa da concentração foliar dos nutrientes avaliados, foi utilizado o método de Singh (1981), que mostraram valores com amplitude de 4,68 a 22,52% (Tabela 3).

Tabela 3. Contribuição relativa da concentração foliar de macro e micronutrientes para diversidade em 42 genótipos de *Coffea canephora*, conforme método de Singh (1981), distância generalizada de Mahalanobis (D²). Nova Venécia-ES.

Nutrientes	S.j	Valor (%)
S	2539.352978	22.5246
Cu	1300.724814	11.5377
B	1291.781259	11.4584
Mg	1250.1168	11.0888
P	1122.41325	9.9561
Ca	1102.525267	9.7796
Mn	730.187555	6.4769
Fe	747.869333	6.4096
K	660.416076	5.858
N	528.287387	4.686

As concentrações foliares que mais contribuíram para a divergência genética entre os 42 genótipos foram dos nutrientes S (22,52%), Cu (11,53%), B (11,45%) e Mg (11,08%), que em conjunto são responsáveis por 55,60% da variabilidade entre os genótipos. A concentração foliar de N, foi a característica que menos contribuiu para a diversidade genética entre os genótipos.

O agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, utilizando-se como medida de dissimilaridade a distância generalizada de Mahalanobis (D²), permitiu a formação do dendrograma, a partir do qual, ao se estabelecer um limite máximo de 40% de dissimilaridade entre os genótipos, foram observados a formação de oito grupos (Figura 1).

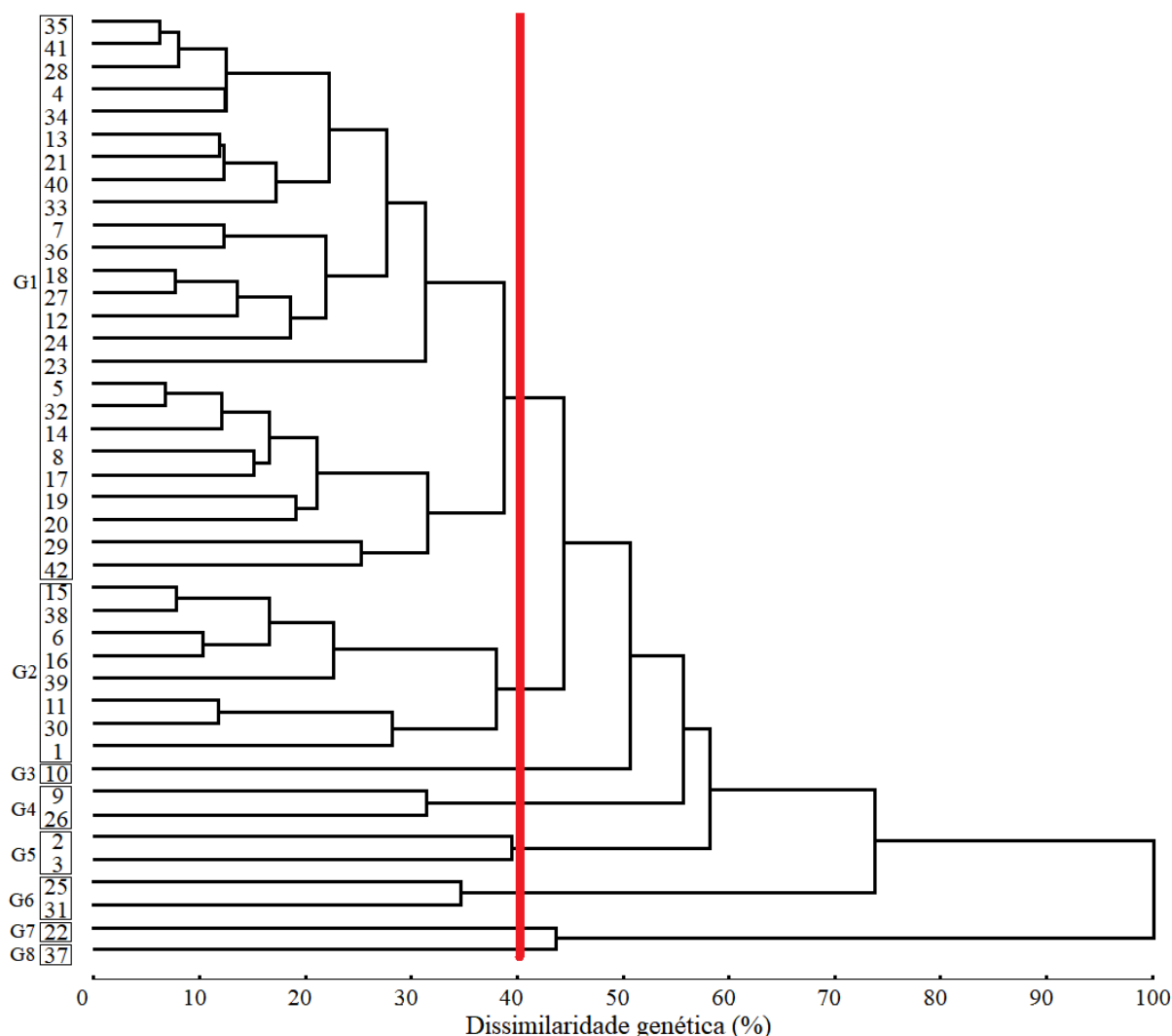


Figura 1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 42 genótipos de *Coffea canephora*, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando a concentração foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, manganês, boro. Correlação cofenética=0,74.

O primeiro e o segundo grupo foram formados por 25 e oito genótipos, respectivamente. O quarto, quinto e sexto grupo foram formados por apenas dois genótipos. Os genótipos 10, 22 e 37 permaneceram isolados, constituindo os grupos três, sete e oito, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. Existe variabilidade genética entre os genótipos avaliados em relação a concentração foliar de nutrientes.
2. O estudo da diversidade genética constitui-se de uma ferramenta útil para estabelecer o conteúdo padrão de nutrientes foliares em genótipos de *C. canephora*.
3. Dentre a concentração foliar dos nutrientes analisados, a concentração foliar de S foi a que mais contribuiu para a diversidade genética entre o grupo de genótipos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), e ao produtor rural Thekson Pianissoli.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: quarto levantamento safra café 2018 dezembro/2018. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/24571_eec1a3f8fdc30883717a497a09f7d159 >. Acesso em: 15 jun., 2019.
- COVRE, A.M.; CANAL, L.; PARTELLI, F.L.; ALEXANDRE, R.S.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H.D. Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. *Australian Journal of Crop Science*, v.10, n.3, p.385-392, 2016.
- CRUZ, C.D., 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Sci. Agron.* 35, 271–276.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos... [et al.]. – 5 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- FERRÃO, R.G.; CRUZ, C.D.; FERREIRA, A.; CECON, P.R.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.F.; CARNEIRO, P.C.S.; SILVA, M.F. Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesq. Agropec. Bras.* v.43, p.61-69, 2008.
- FONSECA, A.F.A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; SAKAIYAMA, N.S.; FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G.; BRAGANÇA, S.M. Divergência genética em café conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.599-605, 2006.
- GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. *Plant and Soil*, v.72, n.2/3, p.335-350, 1983.
- GILES, J.A.D.; FERREIRA, A.D.; PARTELLI, F.L.; AOYAMA, E.M.; RAMALHO, J.C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A.R. Divergence and genetic parameters between coffeea sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. *Scientia Horticulturae*, v. 245, p. 231-236, 2019.
- GILES, J.A.D.; PARTELLI, F.L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J.P.; OLIOSI, G.; SILVA, F.H.L. Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n.2, p.2437-2446, 2018.
- GOMES, W.R.; RODRIGUES, W.P.; VIEIRA, H.D.; OLIVEIRA, M.G.; DIAS, J.R.M.; PARTELLI, F.L. Genetic diversity of standard leaf nutrients in *Coffea canephora* genotypes during phenological phases. *Genetics and Molecular Research*, v.15, n.4, 2016.
- IVOGLO, M.G.; FAZUOLI, L.C.; OLIVEIRA, A.C.B.; GALLO, P.B.; MISTRO, J.C.; SILVAROLLA, M.B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênies de café robusta. *Bragantia*, v.67, p.823-831, 2008.
- PARTELLI, F.L.; GOMES, W.R.; OLIVEIRA, M.G.; DIAS, J.R.M.; ESPÍNDULA, M.C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro na pré-florada e granação, no Espírito Santo. *Coffee Science*, v. 11, n. 4, p. 544–554, 2016.
- MARTINS, Q.M.; PARTELLI, F.L.; GOLYNSKI, A.; PIMENTEL, N. S.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C.O.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; RAMALHO, J.C. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. *Scientia Horticulturae*, v.252, p.238-242, 2019.
- PARTELLI, F.L.; OLIVEIRA, M.G.; COVRE, A.M.; VIEIRA, H.D.; DIAS, J.R.M.; BRAUN, H. Nutritional standards and nutritional diagnosis of the Conilon coffee plants in phenological growth stages. *Journal of Plant Nutrition*, v.41, n.19, p. 2536-2546, 2018.
- PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; CARVALHO, V.B.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of Arabian coffee in two sampling periods. *J. Plant Nutr.* v.30, p.1651-1667, 2007.
- RODRIGUES, W.N.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; MIRANDA, F.D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. *Coffee Science*, v. 7, n. 2, p. 177-186, 2012.
- SANTOS, T.B.; MEDA, A.R.; SITTA, R.B.; VESPERO, E.B.; PAVAN, M.A.; CHARMETANT, P.; PÍPOLO, V.C.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E.; DOMINGUES, D.S. Caracterização nutricional de acessos provenientes de café arábica. *Coffee Science*, v. 10, n. 1, p. 10–19, 2015.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2nd ed., p. 627. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, Mumbai, v.41, p.237-245, 1981.