

## DIVERGÊNCIA GENÉTICA COM BASE EM CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L.

Cyntia Stephânia dos Santos<sup>1</sup>; Fernanda Aparecida Castro Pereira<sup>2</sup>; Janaína Mauri<sup>3</sup>; Mariana Thereza Viana<sup>4</sup>; Antônio Nazareno Guimarães Mendes<sup>5</sup>; Adriano Delly Veiga<sup>6</sup>; Gustavo Costa Rodrigues<sup>7</sup>; Gabriel Ferreira Bartholo<sup>8</sup>; Milene Alves de Figueiredo Carvalho<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Fitotecnia, Bolsista CAPES, Universidade Federal de Lavras, cyntia.s.santos@hotmail.com

<sup>2</sup>Pós-doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, fernandacpereira01@gmail.com

<sup>3</sup>Doutora em Botânica Aplicada, janamauri@gmail.com

<sup>4</sup>Doutora em Fitotecnia, marianatr@gmail.com

<sup>5</sup>Professor do Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, nazareno.ufla@hotmail.com

<sup>6</sup>Pesquisador Embrapa Cerrados, adriano.veiga@embrapa.br

<sup>7</sup>Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, gustavo.rodrigues@embrapa.br

<sup>8</sup>Gerente Geral da Embrapa Café, gabriel.bartholo@cpac.embrapa.br

<sup>9</sup>Pesquisadora, DSc, Embrapa Café, Lavras-MG, milene.carvalho@embrapa.br

**RESUMO:** Objetivou-se identificar as principais características fisiológicas na divergência de genótipos de *Coffea arabica* L. Foram avaliados 23 genótipos de cafeeiros do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, sendo eles: Acaia Cerrado MG1474, Araponga MG1, Catiguá MG1, Catiguá MG2, Catiguá MG3-S/M, Catiguá MG3-P4, Catiguá MG3-P5, Catiguá MG3-P7, Catiguá MG3-P9, Catiguá MG3-P23, Catiguá MG3-P51, Catuaí Amarelo IAC62, Catuaí Vermelho IAC15, Catuaí Vermelho IAC81, Catuaí Vermelho IAC99, Caturra Vermelho MG0187, Guatenano Colis MG0207, Mundo Novo IAC379-19, Paraíso MG1, Pau Brasil MG1, Sacramento MG1, San Ramon MG0198 e Topázio MG-1190. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com os 23 genótipos e 6 repetições. As avaliações de trocas gasosas foram realizadas em folhas completamente expandidas, do terceiro ou quarto par, no terço médio dos ramos plagiotrópicos de três plantas de cada genótipo. Utilizou-se um sistema portátil de análise de gases por infravermelho (IRGA LICOR-6400XT) em que se obtiveram as seguintes características: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs), carbono interno (Ci), transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA - A/g), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> no mesófilo sobre a concentração de CO<sub>2</sub> externa atual (relação Ci/Ca - μmol CO<sub>2</sub>) e eficiência de carboxilação (A/Ci). A análise multivariada de componentes principais foi realizada no software Genes. As características que mais se correlacionaram com o primeiro componente principal foram Ci/Ca, EUA, gs e Ci. Os genótipos Topázio MG1190, Catiguá MG1, Catiguá MG3 P5 e Catiguá MG3 P51 se diferenciaram dos demais pelas características Ci/Ca, gs e A. Já os genótipos Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 81 e Mundo Novo IAC 379-19 se diferenciaram dos demais pelas características de índices de clorofila a, b e total. Concluiu-se que há variabilidade para os genótipos de *Coffea arabica* L. avaliados, sendo que as características que mais contribuíram para a distinção dos genótipos foram CiCa, EUA, gs, Ci e A.

**PALAVRAS-CHAVE:** fisiologia, cafeeiro, análise multivariada.

## GENETIC DIVERGENCE BASED ON PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Coffea arabica* L. GENOTYPES

**ABSTRACT:** The objective of this study was to identify the main physiological characteristics in the divergence of *Coffea arabica* L. genotypes. Twenty-three coffee genotypes of the Embrapa Cerrados Active Germplasm Bank were evaluated in Planaltina-DF, namely: Acaia Cerrado MG1474, Araponga MG1, Catiguá MG1, Catiguá MG2, Catiguá MG3 S/M, Catiguá MG3 P4, Catiguá MG3 P5, Catiguá MG3 P7, Catiguá MG3 P9, Catiguá MG3 P23, Catuaí Amarelo IAC62, Catuaí Vermelho IAC15, Catuaí Vermelho IAC81, Catuaí Vermelho IAC99, Caturra Vermelho MG0187, Guatenano Colis MG0207, Mundo Novo IAC379-19, Paraíso MG1, Pau Brasil MG1, Sacramento MG1, San Ramon MG0198 and Topázio MG1190. The design used was completely randomized, with 23 genotypes and 6 replications. Gas exchange evaluations were performed on fully expanded leaves of the third or fourth pair in the middle third of the plagiotropic branches of three plants of each genotype. A portable infrared gas analysis system (IRGA LICOR - 6400XT) was used in which the following characteristics were obtained: net photosynthetic rate (A), stomatal conductance (gs), internal carbon (Ci), transpiration (E), water use efficiency (WUE - A/g), intercellular CO<sub>2</sub> concentration in the mesophyll over the current external CO<sub>2</sub> concentration (Ci/Ca - μmol CO<sub>2</sub> ratio) and carboxylation efficiency (A/Ci). Multivariate principal component analysis was performed using Genes software. The characteristics that most correlated with the first major component were Ci / Ca, WUE, gs and Ci. The genotypes Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 81 and Mundo Novo IAC 379-19 differed from the others by the characteristics of chlorophyll a, b and total indices. It is concluded that there is variability for the evaluated *Coffea arabica* L. genotypes, and the characteristics that contributed the most to the genotype distinction were CiCa, WUE, gs, Ci and A.

**KEY WORDS:** physiology, coffee tree, multivariate analysis.

## INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado, a cafeicultura é favorecida por aspectos como a topografia e temperatura aliadas à irrigação, adubação e tecnologias de produção (FERNANDES et al., 2012). O Bioma Cerrado representa, aproximadamente, 23,92% da área total do Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2004) e, pertencente a este Bioma, está o Nordeste de Goiás, local do presente estudo. Este Bioma se caracteriza por verão chuvoso, com alta radiação e insolação, com frequente ocorrência de veranicos e o inverno com baixas temperaturas e ausência de pluviosidade (MOREIRA, 1995).

Por apresentar maior tolerância a temperaturas elevadas, a espécie *Coffea canephora* é recomendada para algumas regiões do Cerrado (MOREIRA, 1995). Entretanto, também são recomendadas cultivares como Catuaí e Mundo Novo da espécie *Coffea arabica*, por serem produtivas (FERNANDES et al., 2012; MOREIRA, 1995). Para melhor recomendação de cultivares de café para o Cerrado do Planalto Central há necessidade de estudos que avaliem o desempenho de maior número de cultivares nessas condições, aliando alta produtividade e expressão favorável a caracteres agrônômicos de interesse.

Os estudos sobre aspectos fisiológicos aliados aos agrônômicos do cafeeiro podem auxiliar na identificação de cultivares com características de tolerância a estresses ambientais, tolerância a patógenos, entre outras, além de auxiliar na exploração de um número maior de genótipos em programas de melhoramento genético do cafeeiro (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014; SILVA et al., 2013, 2015). O uso de análises multivariadas pode auxiliar no agrupamento de genótipos, além de identificar caracteres relevantes para a variação existente (CRUZ et al., 2004; HONGYU, SANDANIELO, OLIVEIRA JÚNIOR, 2015). Nesse sentido, o presente trabalho objetivou identificar as principais características fisiológicas na divergência de genótipos de *Coffea arabica* L.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas plantas de cafeeiros de cultivares da espécie *Coffea arabica* existentes no Banco Ativo de Germoplasma de Café da Embrapa Cerrados, instalado em outubro de 2010, no campo experimental localizado em Planaltina, Distrito Federal, Brasil. O espaçamento utilizado foi de 3,8 x 0,7 m. Os tratamentos culturais seguiram as recomendações técnicas usuais para a cultura do cafeeiro na região (adubação, manejo fitossanitário, desbrotas, controle mecânico e/ou manual das plantas daninhas). A irrigação foi realizada por sistema de pivô central, com turno de rega a cada 5 dias e sem suspensão da irrigação.

O clima da área, de acordo com classificação de Köppen (1948) é do tipo Aw e a altitude é de 1000m. A área é plana de Latossolo Vermelho Escuro com textura argilosa e apresenta média anual de precipitação de 1600 mm, com duas estações típicas de períodos chuvosos e de seca com temperatura média anual de 22°C.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 23 genótipos e 6 repetições. Foram avaliados os genótipos de *C. arabica*: Acaiaí Cerrado MG1474, Araponga MG1, Catiguá MG1, Catiguá MG2, Catiguá MG3 sem marcação (S/M), Catiguá MG3 P4, Catiguá MG3 P5, Catiguá MG3 P7, Catiguá MG3 P9, Catiguá MG3 P23, Catiguá MG3 P51, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 15, Catuaí Vermelho IAC 81, Catuaí Vermelho IAC 99, Caturra Vermelho MG0187, Guatenano Colis MG0207, Mundo Novo IAC 379-19, Paraíso MG1, Pau Brasil MG1, Sacramento MG1, San Ramon MG0198 e Topázio MG-1190, todos introduzidos da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG e que estão em processo de avaliação pelo programa de melhoramento da Embrapa Cerrados. As progênies identificadas como Catiguá MG3, seguidas da letra “P” correspondem a descendência de plantas individuais selecionadas em experimento instalado em Turmalina-MG.

Para as análises fisiológicas, em junho de 2016, foram selecionadas folhas completamente expandidas, do terceiro ou quarto par, no terço médio dos ramos plagiotrópicos de seis plantas de cada genótipo.

Para a avaliação das trocas gasosas, utilizou-se um sistema portátil de análise de gases infravermelho (IRGA LICOR – 6400XT). Avaliou-se a condutância estomática ( $gs - mol H_2O m^{-1} s^{-1}$ ), taxa transpiratória ( $E - mmol H_2O m^{-2} s^{-1}$ ), taxa fotossintética líquida ( $A - \mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ) e eficiência no uso da água (EUA -  $\mu mol CO_2/mol H_2O$ ) (A/gS) (ZHANG et al., 2001), carbono interno ( $C_i - \mu mol CO_2 mol^{-1}$ ), concentração intercelular de  $CO_2$  no mesófilo sobre a concentração de  $CO_2$  externa atual (relação  $C_i/C_a - \mu mol CO_2$ ) e eficiência de carboxilação (A/ $C_i$ ). As avaliações foram realizadas entre 8 e 11 horas da manhã, sob luz saturante ( $1000 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ ).

A determinação indireta dos teores relativos das clorofilas a, b e total foram obtidas por meio do medidor portátil de clorofila ClorofiLOG (Falker Automação Agrícola, Brasil) que fornece valores denominados índices de clorofila Falker (ICF) proporcionais à absorvância das clorofilas (BARBIERI JÚNIOR et al., 2012).

A análise multivariada de componentes principais foi realizada no software Genes (CRUZ, 2013). Foi adotado o critério de 70% da variação total dos dados, acumulada nos dois primeiros componentes (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de componentes principais houve variabilidade entre os genótipos avaliados. Na Tabela 1 é apresentada a correlação entre as características fisiológicas e os dois primeiros componentes principais.

Para o primeiro componente principal, as características que mais contribuíram para a variabilidade dos genótipos foram: eficiência do uso da água (EUA), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> no mesofilo sobre a concentração de CO<sub>2</sub> externa atual (CiCa), carbono interno (Ci), condutância estomática (gs) e taxa fotossintética líquida (A). Já para o componente principal 2 as características que tiveram maior correlação foram: clorofila total (CITotal), clorofila a e b (Cla e Clb) (TABELA 1).

Tabela 1. Correlação entre as características e os dois componentes principais (CP1 e CP2), determinados em genótipos de *Coffea arabica* pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Cerrados.

Característica*	CP1	CP2
A	0.37	0.01
gs	0.41	0.06
Ci	0.41	0.14
E	0.27	-0.09
CiCa	0.42	0.14
EUA	-0.42	-0.12
ACi	-0.17	-0.19
Cla	-0.05	0.53
Clb	-0.18	0.53
CITotal	-0.16	0.57

\*A- taxa fotossintética líquida, gs – condutância estomática, Ci – carbono interno, E- taxa transpiratória, CiCa- concentração intercelular de CO<sub>2</sub> no mesofilo sobre a concentração de CO<sub>2</sub> externa atual, EUA- eficiência do uso da água, ACi – eficiência de carboxilação, Cla – índice de clorofila a, Clb- índice de clorofila b, CITotal- índice de clorofila total.

Para as características fisiológicas os dois primeiros componentes principais explicaram 76,86% da variação total dos dados, sendo que o primeiro componente principal correspondeu a 51,05% da variação dos dados e o segundo 25,81%. Os genótipos Topázio MG1190, Catiguá MG1, Catiguá MG3 P5, Catiguá MG3 P51 e Pau Brasil MG1 se diferenciaram dos demais pelas características de concentração intercelular de CO<sub>2</sub> no mesofilo sobre a concentração de CO<sub>2</sub> externa atual (CiCa), condutância estomática (gs) e taxa fotossintética líquida (A) essas características estão relacionadas como observado na Figura 1. Quando há a abertura dos estômatos, ocorre a entrada de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática da folha, dessa forma há um aumento na concentração intracelular de CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares. Isso faz com que ocorra aumento na relação Ci/Ca, o que pode favorecer a fotossíntese (PEREIRA et al., 2004).

Outra característica que favorece as trocas gasosas é a eficiência do uso da água, já que plantas com maior eficiência do uso da água são eficazes em manter a assimilação de carbono, durante o processo fotossintético ao mesmo tempo em que controla a transpiração (FERREIRA, GONÇALVES, FERRAZ, 2012). Nesse trabalho essa característica diferenciou o genótipo Catiguá MG3 P23 em relação aos demais (FIGURA 1).

O principal pigmento relacionado com a fotossíntese é a clorofila e o teor pode variar entre genótipos de uma mesma espécie (LEE, 1988; STREIT et al., 2005). No presente trabalho os índices de clorofila a, b e total diferenciaram os genótipos Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 81 e Mundo Novo IAC 379-19 dos demais (FIGURA 1).

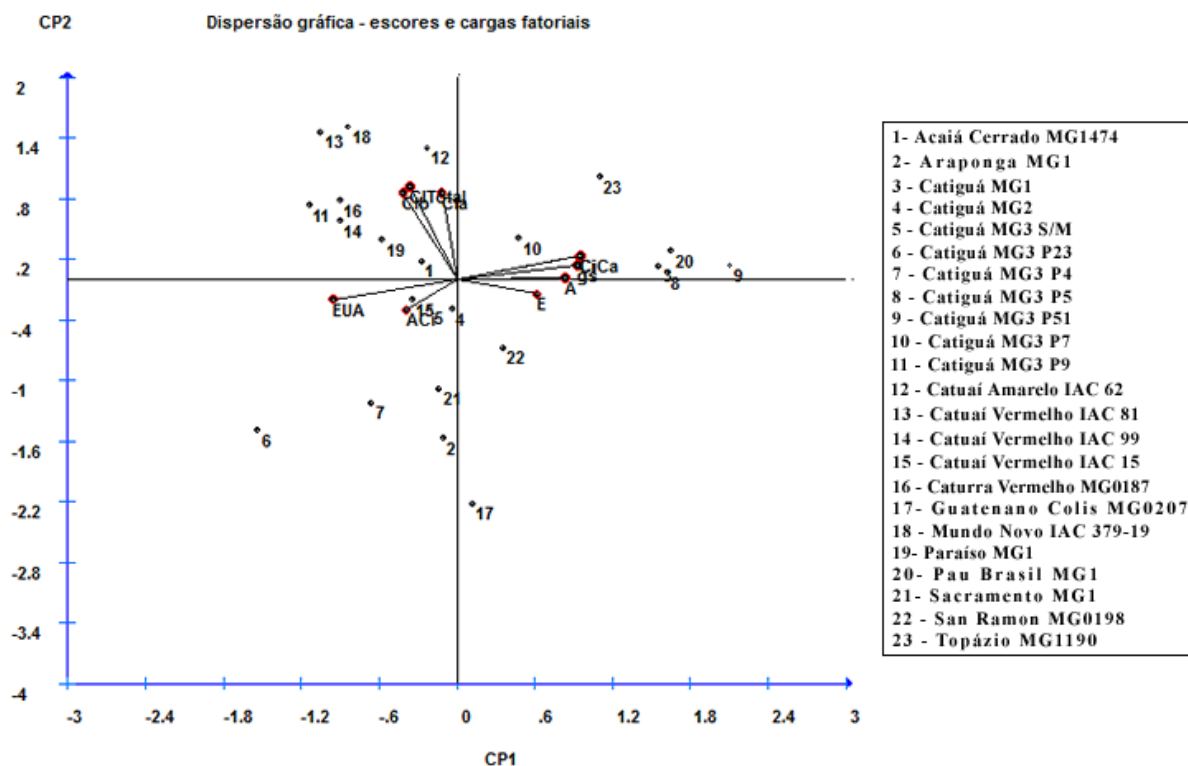


Figura 1. Dispersão de genótipos de *Coffea arabica* L. pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Cerrados e projeção espacial dos vetores das características fisiológicas em relação aos dois primeiros componentes principais.

## CONCLUSÕES

Há variabilidade para os genótipos de *Coffea arabica* L. avaliados, sendo que as características que mais contribuíram para a distinção dos genótipos foram Ci/Ca, EUA, gs, Ci e A.

## AGRADECIMENTOS

FAPEMIG, Consórcio Pesquisa Café, CNPq, CAPES e Inovacafé.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI JÚNIOR, E. et al. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2242-2245, 2012.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390 p.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: Ed. UFLA, 2011. 676p.
- FERREIRA, M. J., GONÇALVES, J. F. de C., FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira da Amazônia em área degradada e submetidas à adubação. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.
- FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.
- HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., OLIVEIRA JÚNIOR, G. J. de. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, Cuiabá, v. 1, n. 5, p. 83-90, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA. **Mapas de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 4, p. 281-292, 1988.

MOREIRA, H. L. **Zoneamento geoambiental e agroecológico do Estado de Goiás:** região nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 178 p.

PEREIRA, F. H. F. et al. Trocas Gasosas em Plantas de Tomateiro Submetidas a Condições Salinas. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura. v. 22, n. 2, p. 452. 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: Horticultura Brasileira.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 4, p. 1-10, 2014.

SILVA, P. E. M. et al. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 87, p. 49-57, 2013.

SILVA, V. A. et al. Uso de características fisiológicas na identificação de genótipos de café arábica tolerantes ao *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 242-250, 2015.

STREIT, N. M. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.