

# ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA O COMPORTAMENTO MORFOLÓGICO E AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO NO MUNICÍPIO DE UBERABA – MG

Josiane RODRIGUES<sup>1</sup>  
Francisco Humberto HENRIQUE<sup>2</sup>  
Sônia Maria De Stefano PIEDADE<sup>3</sup>  
Julio Pedro LACA-BUENDÍA<sup>4</sup>

- RESUMO: Com o objetivo de caracterizar cinco cultivares e um novo genótipo de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) com respeito a variáveis morfológicas e agronômicas no município de Uberaba (MG), a técnica multivariada da análise de componentes principais foi aplicada. Para a realização do experimento utilizou-se o delineamento casualizado em blocos com seis tratamentos e quatro repetições, em que foram avaliadas as variedades Delta Opal (Delta and Pine), Delta Penta (Delta and Pine), BRS Cedro (EMBRAPA), IAC-25 (IAC), EPAMIG Precoce I e a progênie IAC-06/191 (IAC). As variáveis avaliadas foram: altura do primeiro ramo produtivo, altura da planta, diâmetro do caule na colheita, estande final, peso total de sementes, peso de 100 sementes, peso de um capulho, porcentagem de fibra, índice de fibra e produtividade. A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta das variáveis avaliadas, sendo aquelas relacionadas à colheita mecânica e à produtividade as maiores responsáveis pela dispersão total dos dados. A linhagem BRS-Cedro demonstrou alta produtividade e aspectos positivos para a colheita mecânica, o que a coloca em destaque em relação a cada uma das outras linhagens. Já a progênie IAC-06/191 mostrou que favorecerá o bom desempenho das colhedoras, embora não tenha apresentado alta produtividade.
- PALAVRAS-CHAVE: Algodão; *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch; melhoramento; análise multivariada.

## 1 Introdução

A cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch), tanto herbáceo como arbóreo, é uma das mais importantes do Brasil (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2008). A partir do seu cultivo é possível obter vários produtos importantes, tais como a fibra, responsável por vestir quase metade da humanidade, e o óleo de algodão que, além de

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Caixa Postal 153, CEP: 13600-970, Araras, SP, Brasil, E-mail: [josirodrigues@ufscar.br](mailto:josirodrigues@ufscar.br)

<sup>2</sup> HNRQ AgTec, CEP: 13500-190, Rio Claro, SP, Brasil, E-mail: [franciscohenrique@gmail.com](mailto:franciscohenrique@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas, Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil, E-mail: [soniamsp@usp.br](mailto:soniamsp@usp.br)

<sup>4</sup> Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, Caixa Postal 247, CEP: 38061-500, Uberaba, MG, Brasil (*in memoriam*).

servir na alimentação humana, é utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008). Trata-se de uma cultura valiosa no que diz respeito à geração de riqueza e inclusão social, pois, além de movimentar fortemente o setor econômico devido a sua alta rentabilidade, contribui para com o oferecimento de milhões de postos de trabalho (ARAÚJO *et al.*, 2014).

O desenvolvimento de novas tecnologias tem propiciado aos brasileiros estarem entre os maiores produtores de algodão do mundo (SILVA, 2007). Dentre estas tecnologias, podem-se citar com destaque a agricultura de precisão, o manejo de reguladores de crescimento, novas técnicas para o plantio direto e, principalmente, o uso de genótipos melhorados geneticamente e a adesão de cultivares transgênicas (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

Na cultura do algodão é comum avaliar os genótipos com relação a um grande número de variáveis, sendo que muitas vezes estas são correlacionadas entre si. Dessa forma, a técnica multivariada da análise de componentes principais (ACP) é de grande utilidade para a interpretação dos dados. A ACP é uma das técnicas mais utilizadas na análise de dados em diversas áreas do conhecimento, dentre elas a agronomia (HONGYU *et al.*, 2016), como pode ser notado nos trabalhos de Teixeira *et al.* (2013), Oliveira *et al.* (2015), Tobar-Tosse *et al.* (2015) e Kim *et al.* (2019), por exemplo.

A ACP, proposta inicialmente por Pearson (1901) e utilizada mais tarde por Hotelling (1933), é uma técnica estatística que transforma linearmente um conjunto inicial de variáveis, correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação das variáveis iniciais (HONGYU *et al.*, 2016). De acordo com Johnson e Wichern (2007), uma análise de componentes principais muitas vezes revela relações que não foram previamente suspeitas e, assim, permite interpretações que não seriam normalmente reveladas.

Utilizando a técnica da ACP, o presente estudo teve como objetivo caracterizar um novo genótipo e cinco cultivares de algodoeiro com respeito a variáveis morfológicas e agrônomicas no município de Uberaba (MG), na região do Triângulo Mineiro, visando dar suporte a trabalhos de seleção, manejo e melhoramento destas cultivares.

## 2 Material e métodos

O experimento foi conduzido de dezembro de 2008 a maio de 2009, no município de Uberaba (MG) na fazenda escola das Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, localizada à longitude 47°57'22" WGR, latitude 19°44'6,82" S e à altitude de 775 m. O clima segundo a classificação de Köppen é AW (clima tropical quente e úmido com inverno frio e seco). As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1,474 mm e 23,2 °C, respectivamente. O solo é do tipo Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa, com 74% de areia, 19% argila e 7% de silte.

Utilizou-se o delineamento casualizado em blocos com seis tratamentos e quatro repetições, em que foram avaliadas as variedades Delta Opal (Delta and Pine), Delta Penta (Delta and Pine), BRS Cedro (EMBRAPA), IAC-25 (IAC), EPAMIG Precoce I e a progênie IAC-06/191 (IAC). As parcelas foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,70 m, sendo que as duas linhas centrais foram consideradas, com a área útil de 3,5 m<sup>2</sup> e as outras duas linhas, uma de cada lado, foram as bordaduras.

As variáveis morfológicas e agronômicas avaliadas no estudo foram:  $X_1$  - altura do primeiro ramo produtivo (distância média do solo até o primeiro ramo em que há maçãs e/ou capulhos, em centímetros),  $X_2$  - altura da planta (distância média do solo até a região apical da planta, tomada quando as plantas atingem 50% dos capulhos abertos, em centímetros),  $X_3$  - diâmetro do caule na colheita (medida do diâmetro do caule quando a planta está pronta para realizar-se a colheita, em milímetros),  $X_4$  - estande final (quantidade total de plantas existentes na época da colheita), características da fibra: por ocasião da colheita, foram escolhidos 10 capulhos de cada fileira da área útil, no terço médio da planta, para posteriormente, após o descaroçamento, determinar-se:  $X_5$  - o peso total de sementes (em gramas),  $X_6$  - o peso de 100 sementes (em gramas),  $X_7$  - o peso de um capulho (em gramas),  $X_8$  - a porcentagem de fibra e  $X_9$  - o índice de fibra (quantidade de fibras presentes em 100 sementes, em gramas), e a última variável avaliada foi  $X_{10}$  - a produtividade (índice que mede a produção em relação a área plantada, em kg/ha).

Os dados obtidos no experimento já foram trabalhados anteriormente por meio de testes de comparação de médias, o que levou a constatar a presença de variabilidade entre os genótipos comparados (HENRIQUE e LACA-BUENDÍA, 2010). Entretanto, nesta análise avaliou-se os genótipos com relação a cada uma das variáveis consideradas de forma isolada. A aplicação de uma técnica multivariada, entretanto, permite fazer a comparação entre os genótipos levando em conta todas as variáveis avaliadas, de forma simultânea.

No presente trabalho os genótipos foram avaliados quanto às suas características morfológicas e agronômicas por meio da técnica multivariada da ACP, cujo objetivo é tomar  $p$  variáveis iniciais  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , correlacionadas entre si, e encontrar combinações destas para gerar novas variáveis  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ , chamadas de componentes principais, que não sejam correlacionadas e que descrevam a variação nos dados. Os componentes principais são de tal forma que  $\text{Var}(Z_1) \geq \text{Var}(Z_2) \geq \dots \geq \text{Var}(Z_p)$ , em que  $\text{Var}(Z_i)$  denota a variância de  $Z_i$ .

Ao se realizar uma ACP espera-se que as variâncias da maioria dos componentes sejam tão pequenas a ponto de serem consideradas desprezíveis e, neste caso, a maior parte da variação do conjunto de dados completo pode ser descrita de forma adequada por poucas variáveis  $Z$ , com variâncias que não são desprezíveis e, assim, algum grau de economia é alcançado, facilitando a interpretação dos dados (MANLY, 2008).

A ACP, processada a partir da matriz de covariâncias das variáveis originais, que tem seus autovalores representando as variâncias de cada um dos componentes principais, assume que os autovalores são de tal forma que  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ , em que  $\lambda_i$  corresponde ao  $i$ -ésimo componente principal

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p,$$

sendo  $\text{Var}(Z_i) = \lambda_i$ , e as constantes  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}$  são os elementos do correspondente autovetor, escalonado de tal forma que

$$a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{ip}^2 = 1.$$

Neste estudo, a ACP foi realizada após padronização das variáveis iniciais (média zero e variância unitária), o que impede que uma ou duas variáveis tenham influência indevida nos componentes principais. A ACP com os dados padronizados é equivalente à determinação dos autovalores e autovetores da matriz de correlações ao invés da matriz de covariâncias dos dados. Dessa forma, a variância total passa a ser  $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = p$ , e a contribuição relativa à  $i$ -ésima componente principal é igual a  $\lambda_i/p$  (JOHNSON e WICHERN, 1992). Uma regra prática utilizada nesses casos sugere reter apenas os componentes principais com variâncias maiores que a unidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* SAS, versão 9.3 (SAS, 2011).

### 3 Resultados e discussão

Uma análise descritiva com a média e desvio padrão de cada uma das variáveis morfológicas e agronômicas analisadas nos seis genótipos de algodoeiro está apresentada na Tabela 1. A matriz de correlações das variáveis, por sua vez, está exibida na Tabela 2. A maior correlação observada foi entre as variáveis altura do primeiro ramo produtivo e diâmetro do caule na colheita (0,90). A variável altura do primeiro ramo produtivo também se mostrou altamente correlacionada com as variáveis peso total de sementes, peso de 100 sementes e peso de um capulho (0,83, 0,87, 0,83). O diâmetro do caule, por sua vez, também se mostrou correlacionado com a variável altura da planta (0,85). Além destas, as correlações entre as variáveis estande final e produtividade e as variáveis altura da planta e índice de fibra também foram altas (0,88 e 0,82, respectivamente).

Tabela 1 – Média e desvio padrão de dez caracteres morfológicos e agronômicos avaliados em genótipos de algodoeiro na cidade de Uberaba (MG)

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
Média	22,28	92,14	9,06	65,83	61,49	11,21	5,36	41,35	8,07	2423,82
Desvio Padrão	4,24	10,28	0,62	9,31	2,76	0,88	0,22	1,56	0,58	396,06

Tabela 2 – Correlação entre dez caracteres morfológicos e agronômicos de genótipos de algodoeiro na cidade de Uberaba (MG)

Variáveis	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
X <sub>1</sub>	1,00	0,74	0,90	-0,04	0,83	0,87	0,83	-0,15	0,76	0,10
X <sub>2</sub>		1,00	0,85	0,56	0,26	0,55	0,53	0,30	0,82	0,61
X <sub>3</sub>			1,00	0,07	0,56	0,79	0,61	-0,03	0,76	0,14
X <sub>4</sub>				1,00	-0,45	-0,15	-0,03	0,63	0,42	0,88
X <sub>5</sub>					1,00	0,77	0,77	-0,49	0,36	-0,25
X <sub>6</sub>						1,00	0,52	-0,47	0,60	-0,22
X <sub>7</sub>							1,00	0,18	0,72	0,23
X <sub>8</sub>								1,00	0,43	0,68
X <sub>9</sub>									1,00	0,40
X <sub>10</sub>										1,00

Avaliações de características morfológicas e agronômicas e suas estimativas de correlação são de extrema importância para os programas de melhoramento, uma vez que auxiliam o melhorista na seleção e descarte precoce de acesso. Entretanto, devido ao custoso trabalho e tempo envolvidos, nem sempre é possível avaliar todas as características desejadas, sendo a ACP uma técnica de extrema importância nesse sentido, pois possibilita a caracterização de variáveis de maior importância daquelas de menor contribuição para a seleção, possibilitando assim uma melhor utilização das mesmas pelos programas de melhoramento, permitindo-lhes discriminar genótipos considerando o menor número de variáveis possível (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

As análises mostraram que os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por captar cerca de 85% da variação total dos dados, sendo que o componente principal 1 (CP1) e o componente principal 2 (CP2) contribuíram com 52% e 32,67% dessa variação, respectivamente (Tabela 3), uma porção relevante que é, nesta dimensão, capaz de captar as variações de origem genética, descartando os efeitos de ruídos que poderiam dificultar as análises. Juntos, eles explicaram uma porcentagem significativa da variação padrão total, livre de efeitos estocásticos (MAIA *et al.*, 2019). Além disso, considerando que a ACP foi realizada sobre a matriz de covariâncias das variáveis padronizadas, uma regra prática, como comentado anteriormente, consiste na retenção das componentes principais cujo autovalor é maior que a unidade. Dentro dessa perspectiva, apenas os dois primeiros componentes principais foram retidos na análise, visto que estes foram os únicos componentes com autovalor maior que um (5,1999 e 3,2667, respectivamente).

Tabela 3 – Autovalores da matriz de covariâncias das variáveis padronizadas associados a cada um dos componentes principais (CP) da ACP e respectiva proporção da variação explicada por cada um deles

Componente	Autovalor	Proporção	Proporção acumulada
CP1	5,1999	0,5200	0,5200
CP2	3,2667	0,3267	0,8467
CP3	0,8113	0,0811	0,9278
CP4	0,4675	0,0468	0,9746
CP5	0,2543	0,0254	1,0000
CP6-CP10	0,0000	0,0000	1,0000

As variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, em ordem decrescente, foram (Tabela 4): altura do primeiro ramo produtivo (0,43), diâmetro do caule na colheita (0,40), índice de fibra (0,38), altura da planta (0,37), peso de 100 sementes (0,36) e peso de um capulho (0,36). Ou seja, entre os valores mais altos obtidos estão as variáveis altura do primeiro ramo produtivo e diâmetro do caule na colheita, as quais são importantes para a colheita mecânica. Silva (2007), por exemplo, destaca a importância de uma maior altura do primeiro ramo produtivo na eficiência da colheita mecanizada, além de evitar o contato dos capulhos com o solo, minimizando assim a quantidade de impurezas na fibra. O diâmetro do caule, por sua vez, é importante para que por ocasião da colheita mecânica não haja o tombamento da planta. Já as variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP2 foram: estande final (0,50), porcentagem de fibra (0,48) e produtividade (0,49). As variáveis associadas ao segundo componente são todas relacionadas à produção. Quanto maior o estande final e a porcentagem de fibra, maior será a produtividade (produção/área) do genótipo em avaliação.

Tabela 4 – Autovetores (Componentes Principais – CP) e os respectivos pesos de cada variável para sua constituição

Componentes principais (CP)	CP1	CP2
Contribuição dos CP	52%	32,67%
Altura do primeiro ramo produtivo (cm)	0,43	-0,11
Altura da planta (cm)	0,37	0,24
Diâmetro do caule na colheita (mm)	0,40	-0,02
Estande final	0,07	0,50
Peso total de sementes (g)	0,31	-0,34
Peso de 100 sementes (g)	0,36	-0,24
Peso de um capulho (g)	0,36	-0,02
Porcentagem de fibra	0,02	0,48
Índice de fibra (g)	0,38	0,19
Produtividade (kg/ha)	0,11	0,49

Com base nos resultados encontrados pela ACP, que indicou os dois primeiros componentes principais como representativos do conjunto de dados, foi possível construir um gráfico de dispersão dos genótipos em relação aos componentes principais 1 e 2 (Figura 1). A partir deste gráfico é possível verificar visualmente a posição de um genótipo em relação a outro, bem como a importância de cada componente principal para cada um dos genótipos avaliados. A retenção de mais de 80% da variância total dos dados originais pelos dois primeiros componentes principais possibilitou, portanto, a transposição da divergência morfológica e agrônômica entre os genótipos do espaço p-dimensional ( $p = 10$ ) para o bidimensional, com grau de distorção desprezível.

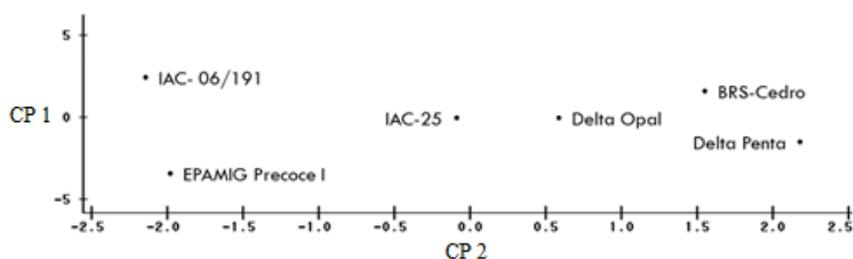


Figura 1 – Diagrama de dispersão dos genótipos de algodoeiro em relação aos componentes principais 1 e 2.

É possível verificar que os genótipos Delta Opal e IAC-25 se localizam próximos à origem no gráfico de dispersão e, portanto, estão na média com relação aos componentes principais 1 e 2, não apresentando aspectos positivos nem negativos para a colheita mecanizada e a produtividade. As linhagens Delta Penta e EPAMIG Precoce I, por sua vez, possuem baixo escore para o primeiro componente principal e, portanto, não são consideradas boas para a colheita mecânica. Em contrapartida, os genótipos BRS-Cedro e IAC-06/191 possuem alto escore para o primeiro componente principal, mostrando assim aspectos positivos para a colheita mecanizada. Os genótipos EPAMIG Precoce I e IAC-06/191 possuem baixo escore para o segundo componente principal, apresentando assim baixa produtividade. As linhagens Delta Penta e BRS-Cedro possuem, ao contrário, alto escore para o segundo componente principal, ou seja, caracterizam-se por sua alta produção.

Dessa forma, é possível colocar a linhagem BRS-Cedro em posição de destaque quando comparada a cada uma das outras linhagens, uma vez que mostrou aspectos positivos para a colheita mecânica assim também como alta produtividade. Henrique e Laca-Buendía (2010), ao avaliarem os mesmos genótipos de algodoeiro com relação a cada uma das características morfológicas e agrônômicas por meio do teste de Scott-Knott, também destacaram a linhagem BRS-Cedro como uma variedade promissora.

Com base nos resultados obtidos, a ACP mostrou-se uma técnica efetiva e permitiu a retirada de variáveis que apresentaram baixa variabilidade ou foram redundantes por estarem correlacionadas com as de maior importância para os dois primeiros componentes principais (HONGYU *et al.*, 2016). Dessa forma, a caracterização dos genótipos de algodoeiro com relação ao seu comportamento morfológico e agrônomico foi possível considerando um menor número de variáveis, sem perda de informação.

## Conclusões

A ACP permitiu identificar a colheita mecânica e a produtividade como sendo importantes na caracterização de genótipos de algodoeiro. Dentro desta perspectiva, foi possível identificar a linhagem BRS-Cedro com potencial para ser utilizada em trabalhos de seleção, manejo e melhoramento genético. A progênie IAC-06/191, por sua vez, embora tenha demonstrado aspectos positivos para a colheita mecânica, mostrou não ter alta produtividade.

## Agradecimentos

Aos dois revisores e editores pelos comentários e sugestões.

RODRIGUES, J.; HENRIQUE, F. H.; PIEDADE, S. M. S.; LACA-BUENDÍA, J. P. Principal component analysis of behavior morphological and agronomical of cotton genotypes in Uberaba – MG, *Rev. Bras. Biom.*, Lavras, v.38, n.4, p.418-427, 2020.

- **ABSTRACT:** *It was applied multivariate technique of principal component analysis in order to characterize five cultivars and a new genotype of cotton lines (Gossypium hirsutum L. r. latifolium Hutch) with respect to morphological and agronomic variables in Uberaba city (MG). The experimental design was the randomized block design with six treatments and four replications, and the genotypes Delta Opal (Delta and Pine), Delta Penta (Delta and Pine), BRS-Cedro (EMBRAPA), IAC-25 (IAC), EPAMIG Precocious I (EPAMIG) and the progenies IAC-06/191 (IAC) were analyzed. The variables evaluated were: height of the first productive branch, height of the plant, diameter of stem at harvest, final stand, total weight of seeds, weight of 100 seeds, weight of a boll, fiber percentage, fiber index and productivity. The principal component analysis allowed the joint visualization of the evaluated variables, being those related to mechanized harvesting and to productivity the ones that were most responsible for the total variability of the data. The BRS-Cedro strain demonstrated high productivity and positive aspects for the mechanical harvesting, which makes it stand out in relation to each one of the other strains. The progeny IAC-06/191 showed that it will favor the good performance of the harvesters, although it did not present high productivity.*
- **KEYWORDS:** *Cotton; Gossypium hirsutum L. r. latifolium Hutch; plant breeding; multivariate analysis.*

## Referências

- ARAÚJO, A. E. *et al.* *Cultivo do algodão irrigado*. Campina Grande: Embrapa, 2014.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. Prefácio. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). *Agronegócio do algodão no Brasil*. 2 rev. ampl. Brasília: EMBRAPA, 2008. p.13.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. *Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e desvantagens para produção de biodiesel*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 28p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 201).
- HENRIQUE, F. H.; LACA-BUENDÍA, J. P. Comportamento morfológico e agrônômico de genótipos de algodoeiro no município de Uberaba – MG. *FAZU em Revista*, Uberaba, n.7, p.32-36, 2010.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, v.1, p.83-90, 2016.
- HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *The Journal Educational Psychology*, v.24, p.498-520, 1933.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 6.ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007. 773p.
- KIM, H. J.; HONG, D. L.; YU, J. W.; LEE, S. M.; LEE, Y. B. Identification of headspace volatile compounds of blended coffee and application to principal component analysis. *Preventive Nutrition and Food Science*, v.24, n.2, p.217-223, 2019.
- MAIA, M. C. C.; ALMEIDA, A. S.; ARAUJO, L. B.; DIAS, C. T. S.; OLIVEIRA, L. C.; YOKOMIZO, G. K. I.; ROSADO, R. D. S.; CRUZ, C. D.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, P. S. C.; MEDINA-MACEDO, L. Principal component and biplot analysis in the agro-industrial characteristics of *Anacardium* spp. *European Scientific Journal*, v.15, p.21-31, 2019.
- MANLY, B. J. F. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.
- OLIVEIRA, A. P. L. R.; CORRÊA, P. C.; REIS, E. L.; OLIVEIRA, G. H. H. Comparative study of the physical and chemical characteristics of coffee and sensorial analysis by principal components. *Food Analytical Methods*, v.8, p.1303-1314, 2015.
- PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to system of point in space. *Philosophical Magazine*, v.2, n.6, p.550-572, 1901.
- SAS Institute Inc., Version 9.3, Cary, NC: SAS Institute Inc, 2011.
- SILVA, P. J. *Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiros obtidos por semigamia no estado de Minas Gerais*. 2007. 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2007.
- TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C.; ROCHA, R. B.; PEREIRA, A. A. Análise de componentes principais em caracteres morfológicos de café arábica em estágio juvenil. *Coffee Science*, v. 8, n. 2, p.205-210, 2013.

TOBAR-TOSSE, D. E.; CASTOLDI, R.; CANDIDO, W. S.; FERRAUDO, A. S.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Caracterização de genótipos de soja-hortaliça por análise de componentes principais. *Ciência Rural*, v. 45, n.7, p.1214-1219, 2015.

Recebido em 30.10.2019

Aprovado após revisão em 31.03.2020