

## ÁCIDOS ORGÂNICOS E AÇÚCARES EM ACESSOS DA COLEÇÃO DE CAFÉ DA ETIÓPIA DO IAPAR E CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA<sup>1</sup>

Maria Brígida dos Santos Scholz<sup>2</sup>; Cintia Sorane Good Kitzberger<sup>3</sup>; Noel Durand<sup>4</sup>; Pierre Charmetant<sup>5</sup>; Thierry Leroy<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Agropolis Fondation – França (GAWSCOA)

<sup>2</sup> Pesquisadora, PhD, IAPAR, Londrina-PR, mbscholz@iapar.br

<sup>3</sup> Assistente em Ciência e Tecnologia, DSc, IAPAR, Londrina-PR, cintia\_kitzberger@iapar.br

<sup>4</sup> Pesquisador, DSc, UMR Qualisud, Montpellier, França, noel.durand@cirad.fr

<sup>5</sup> Pesquisador, UMR AGAP, Kourou, França, pierre.charmetant@cirad.fr

<sup>6</sup> Pesquisador, PhD, UMR AGAP, Montpellier, França, thierry.leroy@cirad.fr

**RESUMO:** Atributos como acidez e doçura estão entre os mais importantes e complexos atributos da bebida do café. Compostos como ácido cítrico, málico e quínico e açúcares estão envolvidos na formação destes atributos na bebida. Uma das maneiras de obter cultivares com melhores características agrônômicas e sensoriais são cruzamentos entre as cultivares existentes. Entretanto devido à estreita base genética das atuais cultivares novas fontes de genes devem ser devidamente incorporadas. A coleção de acessos de café da Etiópia é uma opção disponível, porém para resultar em um cruzamento eficiente deve ser inicialmente caracterizada. O objetivo foi caracterizar os acessos de cafés da coleção da Etiópia em relação à concentração de ácidos e açúcares e compará-los com cultivares de cafés arábicas. As amostras de dos acessos da coleção da Etiópia (15), a cultivar Typica e Catuaí vermelho foram coletadas na estação Experimental de Londrina-PR, na safra de 2011. Os cultivares IPR 103, IPR 106 e Iapar 59 foram coletados em experimentos da COCARI em Mandaguari na safra de 2010. Avaliou-se glucose, frutose, sacarose, ácido cítrico, málico e quínico determinados por cromatografia líquida de alto desempenho. Observou-se grande variabilidade na concentração destes compostos. A análise de componentes principais mostrou que acessos etíopes, as cultivares Typica e IPR 103 são separados das cultivares Catuaí, IPR 106 e Iapar 59 por apresentarem menores teores de açúcares e de ácido quínico. Por outro lado, o segundo componente formado pelos teores de ácidos cítrico e málico mostrou que vários acessos e a cultivar Catuaí apresentaram maior concentração de ácido cítrico e menor concentração de glucose e frutose. A análise de agrupamento hierárquico revelou a existência de quatro grupos. A principal diferença entre os grupos se deve às combinações entre as concentrações de sacarose e ácido cítrico que influenciam os atributos de acidez e doçura na bebida do café. Maior variabilidade foi encontrada entre os acessos que nas cultivares modernas que formaram um grupo na análise de agrupamento hierárquico. Os acessos podem se tornar novas fontes de genes visando à qualidade de bebida porque apresentam variabilidade de composição de açúcares e ácidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arabica*, ácido cítrico, sacarose, análise de componentes principais, análise de agrupamento hierárquico.

## ORGANIC ACIDS AND SUGAR IN ACCESS OF ETHIOPIA COFFEE COLLECTION FROM IAPAR AND ARABIC COFFEE CULTIVARS

**ABSTRACT:** Acidity and sweetness are among the most important but complex attributes within coffee beverage. Citric, malic, and quinic acids and sugars are involved in the formation of the above beverage attributes. The present genetic variability within cultivars is narrow. Crossing present cultivars with wild accessions is a way to select new varieties with improved agronomic performance, combined with better sensorial traits. The objective of this work was to compare acids and sugar contents in Ethiopian accessions and in Arabica coffee cultivars. Coffees were collected from Ethiopian coffee collection at IAPAR (2011), and from coffee trials at Mandaguari (2010). Glucose, fructose, sucrose, citric, malic, and quinic acids were analyzed using UHPLC. A great variation for these compounds was observed. Lower sugar contents in Ethiopian accessions and in the Typica cultivar were found. Principal component analysis showed that Ethiopian accessions, the Typica cultivars and IPR 103 are separated from Catuaí, IPR 106 and Iapar 59 cultivars because they present lower levels of sugars and quinic acid. In addition, the second component formed by the citric and malic acids showed that several Ethiopian accessions and Catuaí cultivar had higher concentrations of citric acid and lower concentration of glucose and fructose. The hierarchical cluster analysis revealed the existence of four groups. The main difference between groups was due to the combinations between the concentrations of sucrose and citric acid which influence the attributes of sweetness and acidity in the coffee beverage. Greater variability was found among accessions that in modern cultivars that formed a group in hierarchical cluster analysis. Then accessions from the collection of Ethiopia can become new sources of genes aimed at quality beverage because they present composition variability of sugars and acids.

**KEYWORDS:** *Coffea arabica*, citric acid, sucrose, principal component analyses, hierarchical cluster analysis

## INTRODUÇÃO

O gosto ácido e gosto doce da bebida do café são atributos complexos empregados para descrever o perfil sensorial da bebida (Kitzberger et al., 2010, Bhumiratana et al., 2011, Scholz et al., 2013). O equilíbrio entre estes atributos é associado à aceitação por todos os consumidores (Nebesny & Budryn, 2006). Os ácidos quínico, málico, cítrico e clorogênicos (Maier, 1987, Alcázar et al., 2003, Galli & Barbas, 2004) e as interações com o teor de açúcares são os principais responsáveis pela acidez encontrada na bebida do café (Guyot et al., 1996; Verardo et al., 2002). Em frutas e sucos a proporção entre açúcares e acidez responde pela qualidade destes produtos (Colaric et al., 2005). O gosto doce é formado principalmente por produtos resultantes de reações químicas dos açúcares presentes no grão verde, ocorridas durante a torra (Nebesny & Budryn, 2006). Ácidos como cítrico, málico, quínico, ácidos clorogênicos presentes no grão de café verde e são parcialmente modificados na torra (Alcázar et al., 2003; Galli & Barbas, 2004). O acúmulo de açúcares depende de fatores genéticos e ambientais e varia com o desenvolvimento do grão. Estudos demonstraram que as principais alterações no metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos ocorrem na terceira principal fase de desenvolvimento do fruto quando se tem a perda de umidade do endosperma e mudança de cor do pericarpo (Joët et al., 2010). À medida que o fruto se desenvolve verifica-se um aumento de sacarose e diminuição de açúcares redutores (Roger et al., 1999, Geromel et al., 2006). Como nos demais frutos, no café também ocorrem acúmulo de ácido cítrico e diminuição de málico e quínico à medida que o fruto de café se desenvolve (Genard et al., 1999; Roger et al., 1999). Também foi demonstrado em estudos de fisiologia de uva e pêssego que as condições ambientais têm efeito direto no acúmulo do ácido málico nas frutas (Souty et al., 1999). Quando se comparam cafés arábicas de diferentes origens geográficas nota-se que cafés provenientes do Quênia apresentam níveis inferiores de ácido cítrico e valores mais elevados de ácido málico que aqueles encontrados em cafés arábicas da América Central. Os valores mais elevados de ácido málico no café do Quênia podem ser atribuída a maturação tardia que ocorre neste local (Blazer 2001). Cultivares e espécies de café apresentam diferentes concentrações de ácidos orgânicos: cultivares de café arábica apresentam concentrações superiores de ácidos que àquelas encontradas em café Robusta (Balzer 2001, Roger et al., 1999). Geralmente nos cafés arábicas são encontrados em média 1,2 g/100g de ácido cítrico, 0,56 g/100g de ácido málico e 0,45 g/100g de ácido quínico. O café robusta apresenta valores médios de ácido cítrico e málico de 0,30 e 0,86 g/100g, respectivamente (Blazer 2001). O ácido quínico, precursor dos ácidos clorogênicos, modifica-se durante a maturação, e fatores como temperatura ambiental e consequente velocidade de maturação definem a sua concentração final e a qualidade da bebida (Fagan et al., 2011, Koshiro et al., 2007, Jöet et al., 2010). A maioria das atuais cultivares de *C. arabica* são descendentes de populações das variedades Typica, Bourbon, Caturra e Catuaí (Vidal et al., 2010), e são consideradas “puras” por não possuírem atributos agrônômicos relacionados a tolerância a doenças e grande porte. A incorporação de características agrônômicas de resistência a pragas e doenças deve vir acompanhada de atributos sensoriais positivos. Entretanto devido à estreita base genética das atuais cultivares, novas fontes de genes deve ser devidamente empregadas para o desenvolvimento de novas cultivares. A coleção de acessos de café da Etiópia é uma opção para aumentar a diversidade genética de novas cultivares. Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar ácidos e açúcares em acessos de cafés da Etiópia e em cultivares arábicas a fim de avaliar a diversidade destes acessos.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de café dos acessos da coleção da Etiópia, a cultivar Typica e Catuaí vermelho foram coletadas na estação Experimental de Londrina, na safra de 2011, enquanto que as cultivares IPR 103, IPR 106 e Iapar 59 foram coletadas em experimentos do Centro Tecnológico da Cooperativa COCARI em Mandaguari na safra de 2010. A identificação das amostras está na Tabela 2. Todos os cafés foram colhidos quando estavam completamente maduros e foram secos em caixas teladas até atingir 12-12,5% de umidade. Foram beneficiados para remover a casca e pergaminho e foram mantidos em local fresco e protegidos da luz. Os grãos do café beneficiados foram congelados com nitrogênio líquido (-196°C), moídos em moinho de disco PERTEN 3600, passados em peneiras com malha 0,5 mm, acondicionados em frascos plásticos com tampa rosqueável e mantidos em freezer a -18°C.

### Análises químicas

O café foi extraído e isolado segundo a técnica descrita em Kitzberger et al., (2013). Para a separação e quantificação dos ácidos optou-se pelas condições propostas por Van der Stengen & Van Duijin (1987). Foi utilizada uma coluna de fase reversa Rezex RAO (300 mm x 7,8 mm i.d., 5 µm) (Phenomenex) e a detecção foi realizada em 210 nm com temperatura do forno de 30°C. Empregou-se eluição isocrática de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,005N (pH 2,5) com vazão de 0,8 mL/min. A identificação foi baseada no tempo de retenção e a quantificação foi realizada por padronização externa, construindo-se curvas de calibração para os ácidos quínico e cítrico (na faixa de 5,0 a 50,0 mg/100g) e para ácido málico (2,5 a 25 mg/100g). Os resultados foram expressos em g/100g de massa seca.

Os açúcares (polissacarídeos) são extraídos do café verde com água destilada a 90°C. Após foram separados em cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) e quantificados por detector eletroquímico munido de um eletrodo de ouro. Os açúcares foram determinados em HPLC da marca Shimadzu, equipado com um auto-sampler 20A, bomba LC 10AD VP, detector eletroquímico (impulso amperométrico) modelo Decade II, acoplado com eletrodo de ouro. As comunicações entre os módulos e os cálculos foram realizadas através do módulo de comunicação CBM 20A. Para a

separação dos açúcares e oligossacarídeos, foi utilizada a coluna Carbobac PA1, marca DIONEX (4x250 mmx5 µm). Um sistema binário foi aplicado para a separação dos açúcares tendo como fase móvel a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 50 mM preparada com água deionizada ultrapura. A identificação individual dos picos correspondentes aos açúcares foi feita por meio de padrões de glicose, frutose e sacarose (Sigma), solubilizados em solução de água na concentração de 0,8 a 5 µg/mL para sacarose e de 0,02 a 0,1 µg/mL para a frutose e glucose. O limite de detecção é de 0,7µg/mL glucose, 1,5 µg/mL frutose, 4,0 µg/mL sacarose. Os resultados foram expressos em g/100g de massa seca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os acessos etíopes e as cultivares de café mostraram grande variabilidade nos teores de açúcares e ácidos, sugerindo a influência genética no teor destes compostos. As mais altas variabilidades foram encontradas na concentração de açúcares totais (soma de sacarose, glucose e frutose), de ácido quínico e de glucose (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios, máximos e mínimos e desvio padrão de ácidos e açúcares presentes em acessos etíopes e cultivares de café arábica.

Variável	Mínimo (g/100g)	Máximo (g/100g)	Média (g/100g)	Desvio padrão
Glucose	0,03	0,15	0,07	0,25
Frutose	0,02	0,25	0,09	0,10
Sacarose	5,28	7,18	6,12	0,07
Ácido cítrico	0,70	1,67	1,12	0,03
Ácido málico	0,39	0,76	0,60	0,06
Ácido quínico	0,56	0,88	0,71	0,50
Açúcares totais	5,35	7,30	6,28	0,52

Os acessos de cafés da coleção da Etiópia apresentaram grande variabilidade de valores de ácidos e açúcares. O valor mínimo de glucose foi de 0,03 g/100g e maior foi 0,08 g/100g, referentes aos acessos E238 e E386, respectivamente (Tabela 2). A frutose apresentou valores entre 0,02 g/100g (E238) a 0,12 g/100g (E516 e E386). O menor teor de sacarose foi encontrado no acesso E115 (5,28 g/100g) e o maior cultivar Catuaí (7,18 g/100g). Entre os acessos etíopes avaliados, o acesso E272 apresentou o maior valor de sacarose (6,73 g/100g). O teor de ácidos apresentou também grande variabilidade entre os acessos e cultivares de café. O maior e menor valor de ácido cítrico foi encontrado no acesso E007 (1,67 g/100g) e no E332 (0,73 g/100g), respectivamente. Na cultivar IPR 106 encontrou-se a maior concentração de ácido málico (0,76 g/100g) e no acesso E434 o menor valor deste ácido (0,43 g/100g). O ácido quínico foi encontrando em maior concentração no acesso E516 (0,88 g/100g) e menor na cultivar IPR 106 (0,56 g/100g).

Tabela 2. Valores médios de ácido cítrico, málico, quínico, glucose, frutose, sacarose (g/100g) presentes nos acessos da coleção da Etiópia e cultivares de café arábica.

Acesso	Glucose	Frutose	Sacarose	ATT	Cítrico	Málico	Quínico	Sac/ac*
E123b	0,07	0,10	6,19	6,36	1,32	0,59	0,64	4,69
E007	0,04	0,07	6,33	6,45	1,67	0,48	0,73	3,79
E516	0,06	0,12	6,24	6,41	1,04	0,61	0,88	6,00
E037	0,05	0,07	5,94	6,06	1,33	0,63	0,73	4,46
E237	0,06	0,07	6,42	6,56	1,15	0,62	0,75	5,58
E238	0,03	0,02	6,41	6,46	1,07	0,63	0,68	5,98
E017	0,06	0,09	5,31	5,46	0,98	0,60	0,68	5,41
E454	0,06	0,10	6,50	6,67	1,16	0,43	0,79	5,58
Typica	0,06	0,05	5,88	5,98	1,00	0,57	0,75	5,90
Catuaí	0,05	0,07	7,18	7,30	1,44	0,56	0,77	5,00
E386	0,08	0,05	5,86	5,99	1,37	0,39	0,71	4,26
E332	0,06	0,06	6,43	6,56	0,73	0,71	0,67	8,86
E327	0,06	0,04	5,96	6,06	1,41	0,46	0,65	4,22
E287	0,06	0,12	5,93	6,11	0,86	0,71	0,72	6,87
E272	0,05	0,06	6,73	6,83	0,86	0,71	0,72	7,79
E124	0,05	0,03	5,29	5,37	0,97	0,70	0,68	5,43
E115	0,04	0,03	5,28	5,35	0,70	0,64	0,83	7,53
IPR 103	0,12	0,20	5,56	5,88	1,18	0,60	0,74	4,72
IPR 106	0,12	0,22	6,61	6,95	1,17	0,76	0,61	5,66
Iapar 59	0,15	0,25	6,37	6,77	1,07	0,55	0,56	5,96

\* Sac/ac: relação entre valores de sacarose e ácido cítrico

Para explorar simultaneamente todos os dados obtidos de teores de ácidos e açúcares foi aplicada análise de componentes principais. Observou-se que 64,06% da variabilidade foram explicadas pelos dois primeiros componentes

desta análise (Figura 1). O primeiro componente (F1) foi formado por glicose, frutose, sacarose, açúcares totais e ácidos quínicos com 37,27% de contribuição na variância. O segundo componente (F2) teve a contribuição do ácido cítrico e ácido málico com explicação de 26,79%. Os acessos de café da Etiópia apresentaram as menores concentrações dos compostos participantes do F1, sugerindo que a seleção das cultivares modernas (Catuai, IPR 103 e IPR 106) priorizaram cafés com alta concentração de açúcares. A concentração de ácido cítrico e ácido málico (F2) separaram as cultivares modernas: Catuai apresentou maior concentração de ácido cítrico que IPR 103 e IPR 106, que por sua vez apresentam maior teor de ácido málico e maiores concentrações de frutose e glicose. A cultivar Typica mostrou maior proximidade com os acessos da coleção da Etiópia, demonstrando que mantém composição química próxima de acessos de onde possivelmente se originou. O café Catuai que é um cruzamento entre Bourbon x Typica, igualmente apresentou composição próxima dos acessos etíopes. O IPR 103, embora sendo um cruzamento moderno, mostrou certa semelhança de composição para estes compostos com os acessos.

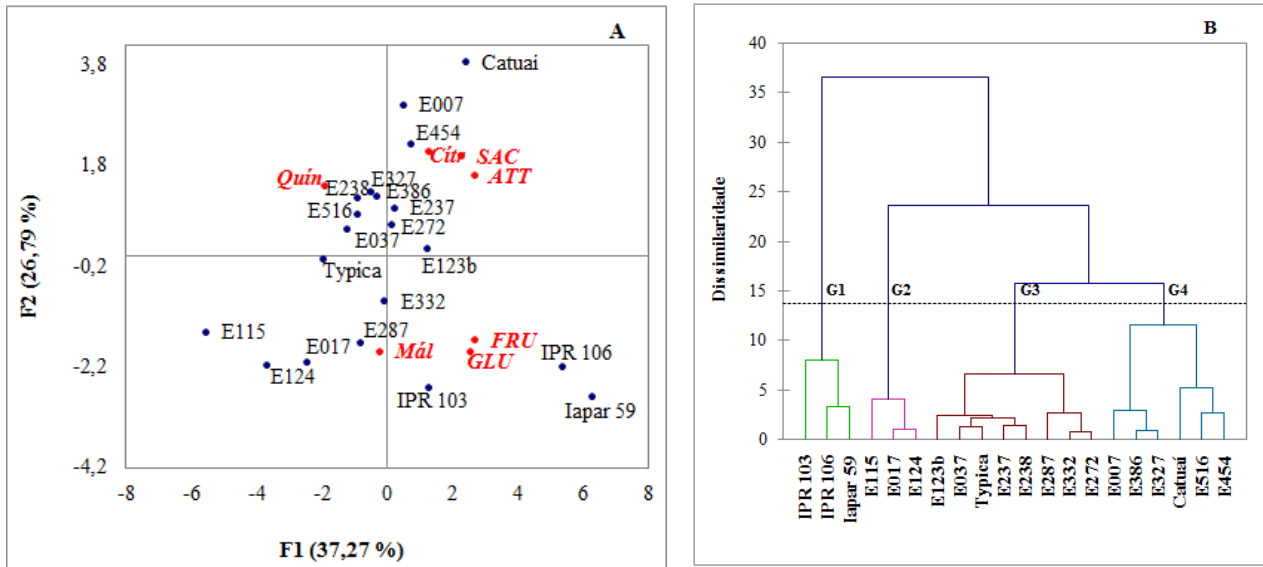


Figura 1. Dispersão dos acessos da coleção de café da Etiópia na análise de componentes principais (A) e grupos formados na análise de agrupamento hierárquico (B).

Para encontrar estruturas dentro da população de amostras aplicou-se a análise de agrupamento hierárquico (AAH), buscando a similaridade dentro do grupo e a dissimilaridade entre os grupos. A análise de agrupamento hierárquico revelou a formação de quatro grupos (G1, G2, G3 e G4) para os acessos e cultivares avaliados (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios, máximos e mínimos de ácido cítrico, málico, quínicos, glicose, frutose, sacarose, açúcares totais (g/100g) e da relação entre sacarose e ácido cítrico dos acessos e cultivares dos grupos formados na análise de agrupamento hierárquico.

		Cítrico	Málico	Quínicos	Glu	Fru	Sac	At	Sac/ac
<b>G1</b>	Média	1,14	0,64	0,64	0,13	0,22	6,18	6,53	5,45
	Máximo	1,18	0,76	0,74	0,15	0,25	6,61	6,95	5,96
	Mínimo	1,07	0,55	0,56	0,12	0,20	5,56	5,88	4,72
<b>G2</b>	Média	0,89	0,65	0,73	0,05	0,05	5,30	5,40	6,12
	Máximo	0,98	0,70	0,83	0,06	0,09	5,31	5,46	7,53
	Mínimo	0,70	0,60	0,68	0,04	0,03	5,28	5,35	5,41
<b>G3</b>	Média	1,04	0,65	0,71	0,05	0,07	6,24	6,37	6,27
	Máximo	1,33	0,71	0,75	0,07	0,12	6,73	6,83	8,86
	Mínimo	0,73	0,57	0,64	0,03	0,02	5,88	5,98	4,46
<b>G4</b>	Média	1,35	0,49	0,76	0,06	0,08	6,34	6,48	4,81
	Máximo	1,67	0,61	0,88	0,08	0,12	7,18	7,30	6,00
	Mínimo	1,04	0,39	0,65	0,04	0,04	5,86	5,99	3,79

Glu: glicose, Fru: frutose, Sac: sacarose, At: açúcares totais, Sac/ac: relação entre sacarose e ácido cítrico.

A principal diferença entre os grupos pode ser atribuída às combinações entre as concentrações de sacarose e ácido cítrico, que podem influenciar os atributos de acidez e doçura na bebida do café. O grupo G1 formado por cultivares

modernas apresentaram concentração de açúcares totais (glucose, frutose e sacarose) e valor médio de ácido cítrico resultando em uma relação equilibrada entre sacarose e ácido cítrico (Sac/ac). O grupo G1 apresentou os menores valores de ácido quínico, sugerindo menor concentração de ácidos clorogênicos, considerando que o quínico é precursor de ácidos clorogênicos. Os grupos G2 e G3 mostraram relação de Sac/ac semelhantes (6,12 e 6,27, respectivamente). Entretanto, esta relação foi formada de modo diferente em cada grupo: G3 apresenta alto teor de açúcares e um valor médio de ácido cítrico, enquanto que os acessos do G2 têm baixos teores de sacarose e de ácido cítrico. O grupo G4 apresentou o mais alto valor de ácido cítrico e de sacarose com a menor relação Sac/ac (4,81). O teor de ácido málico foi semelhante entre os acessos e as cultivares modernas sugerindo que o mecanismo de maturação entre estes cafés arábicas não foi modificado com o desenvolvimento de novas cultivares. Observou-se ainda que a concentração açúcares redutores (glucose e frutose) foram mais elevados nas cultivares modernas que nos demais cafés (acessos etíopes, Typica e Catuaí). Como existe para frutas uma relação entre açúcares totais e acidez, possivelmente deve existir uma relação entre sacarose e ácido mais favorável para obter a acidez e doçura adequada em uma bebida de café. O G3 seria indicado para cruzamentos porque apresenta teor de sacarose elevado e acidez, o que provavelmente resultará em uma bebida com acidez e doçura equilibrada. Entretanto, este grupo tem alto valor de ácido quínico o que pode levar a alto valor de ácidos clorogênicos e consequente adstringência da bebida.

## CONCLUSÕES

- 1- Os acessos mostraram diversidade de composição de ácidos e açúcares e cruzamentos podem incorporar novos atributos de acidez e doçura às novas cultivares.
- 2- Os acessos podem se tornar novas fontes de genes visando a qualidade de bebida porque apresentam variabilidade de composição de açúcares e ácidos.
- 3- A variabilidade existente é maior que nas cultivares modernas que formaram um grupo na análise de agrupamento hierárquico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁZAR, A.; FERNÁNDEZ-CÁCERES, P.L.; MARTIN, M.J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A.G. Ion chromatographic determination of some organic acids, chloride and phosphate in coffee and tea. *Talanta*, v.61, n.2, p. 95-101, 2003
- BALZER, H.H. Acids in coffee. In: *Coffee Recent Developments*; Clarke, R.J., Vitzthum, O.G., Eds.; Blackwell Science: Berlin, 2001, p. 18.
- BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS IV, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, v. 44, n. 10, p. 2185-2192, 2011.
- COLARIC, M.; VEBERIC, R.; STAMPAR, F.; HUDINA, M. Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, n. 15, p. 2611 – 2616, 2005;
- FAGAN, E.B.; SOUZA, C.H.E.; PEREIRA, N.M.B.; MACHADO, V.J. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea sp*) na qualidade da bebida. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 5, p.729-738, 2011.
- GALLI, V. & BARBAS, C. Capillary electrophoresis for the analysis of short-chain organic acids in coffee. *Journal of Chromatography A*, v. 1032, n.1-2, p. 299–304, 2004.
- GENARD, M.; REICH, M.; LOBIT, P.; BESSET, J. Correlations between sugar and acid content and peach growth. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v. 74, n. p.772–776, 1999.
- VERARDO, G.; CECCONI, F.; GEATTI, P.; GIUMANINI, A. New procedures for determination of acids in coffee extracts, and observations on the development of acidity upon ageing. *Analytical Bioanalytical Chemistry*, v.374, n.5, p. 879–885, 2002
- GEROMEL, C.; FERREIRA, L.P.; GUERREIRO, S.M.C.; CAVALARI, A.A.; POT, D.; PEREIRA, L.F.P.; LEROY, T.; VIERA, L.G.E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. *Journal of Experimental Botany*, v. 57, 3243-3258, 2006.
- GUYOT, B. ; GUEULE, D. ; MANEZ, J.C. ; PERRIOT, J.J. ; GIRON, J. ; VILLAIN, L. Influence de l'altitude et de l'ombrage des cafés Arabica. *Plantations, Recherche, Développement*, v.3, n.4, p. 272- 283, 1996.
- JÖET, T.; LAFFARGE, A.; DESCROIX, F.; DOULBEAU, S.; BERTRAND, B.; KOCHKO, A.& DUSSERT, S. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green coffee beans. *Food Chemistry*, v.118, n.3, p.693-701, 2010b.
- KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; PEREIRA, L. F. P.; BENASSI, M. T. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. *Pesquisa . Agropecuária Brasileira*, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013.
- MAIER, H.G. Les acides du café. *Café, Cacao e Thé*, v. 31, p. 49-58.
- NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Evaluation of sensory attributes of brews from robusta coffee roasted under different conditions. *European Food Research Technology*, v. 224, n.1, p. 159-165, 2006.

- RODRIGUES, C.I.; MARTA, L.; MAIA, R.; MIRANDA, M.; RIBEIRINHO, M.; MAGUAS, C. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 20, p. 440–448, 2007.
- ROGERS, W.J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. *Plant Science*, v.149, p.115-123, 1999.
- SCHOLZ, M.B.S.; SILVA, J.V.N.; FIGUEIREDO, V.R.G.; KITZBERGER, C.S.G. Atributos sensoriais e características físico-químicas De bebida de cultivares de café do Iapar. *Coffee Science*, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.
- SOUTY, M.; GÉNARD, M. R.; ALBAGNAC, G. Influence de la fourniture en assimilats sur la maturation et la qualité de la pêche (*Prunus persica* L. 'Suncrest'). *Canadian Journal of Plant Science*, v. 79, n. 2, p, 259-268, 1999.
- VAN DER STEGEN, G.H.D., VAN DUIJIN, J. Analysis of normal organic acids in coffee. In: 12 International Conference on Coffee Science, 1987, Montreux. Abstracts 12 International Conference on Coffee Science - ASIC, p. 238-246,
- VIDAL, R.; MONDEGO, J.; POT, D.; AMBROSIO, A. B.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, L. F. P.; VIEIRA, L. G. E.; CARAZZOLLE, M. F.; PEREIRA, G. A. G. A high-throughput data mining of SNPs in *Coffea* spp ESTs suggests differential homeologous gene expression in the allotetraploid *Coffea arabica*. *Plant Physiology*, v. 154, n. 3, p. 1053-66, 2010.