

Caracterização Físico-química e Produtividade de Grãos de Cafeeiros do Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
345**

**Caracterização Físico-química e Produtividade
de Grãos de Cafeeiros do Banco de
Germoplasma da Embrapa Cerrados**

*Sonia Maria Costa Celestino
Adriano Delly Veiga*

Exemplares desta publicação podem ser baixados gratuitamente na:
<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária executiva
Marina de Fátima Vilela

Membros
*Alessandra S. G. Faleiro, Cícero D. Pereira,
Gustavo J. Braga, João de Deus G. dos S.
Júnior, Jussara Flores de O. Arbues, Maria
Edilva Nogueira, Shirley da Luz S. Araujo*

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo (CRB 1/1948)

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Leila Sandra Gomes Alencar

Foto da capa
Fabiano Bastos

1ª edição
1ª impressão (2019): tiragem 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados

C392 Celestino, Sônia Maria Costa.

Caracterização físico-química e produtividade de grãos de cafeeiros do Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados / Sônia Maria Costa Celestino e Adriano Delly Veiga. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2019.

32 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X; 345).

1. Café. 2. Coffea Arabica. 3. Coffea Canphora. 4. Produtividade I. Veiga, Adriano Delly. II. Título. III. Série.

633.73 – CDD-21

Shirley da Luz Soares Araújo (CRB 1/1948)

© Embrapa, 2019

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	10
Conclusões.....	29
Referências	29

Caracterização Físico-Química e Produtividade de Grãos de Cafeeiros do Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados

Sonia Maria Costa Celestino¹

Adriano Delly Veiga²

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar cafés arábica e canéfora por meio da caracterização físico-química e produtividade de grãos. Os 30 acessos de *Coffea arabica* L e os 22 clones de *Coffea canephora* foram caracterizados quanto à produtividade de grãos no ano de 2017; análises físico-químicas dos teores de ácido clorogênico (5-CQA), de cafeína (CAF), de açúcares solúveis totais (AST), de sólidos solúveis totais (SS) e de perfil de ácidos carboxílicos foram realizadas para os cafés arábica; para os cafés canéfora, foram determinados SS, AST e acidez titulável (AT). Os cafés arábica com maiores produtividades apresentaram valores médios acima de 100 sacas/ha. Destacou-se o clone Conilon G7 acima de 125 sacas/ha. Destacaram-se H419-10-6-2-10-1 com alto teor de CAF; IPR 59 com alto teor de CAF e o menor teor de ácido quínico; Oeiras MG 6851 e Catucaí Vermelho 20/15 cv 476 com altos teores de AST e SS; Palma II com alto teor de AST, alto teor de SS e baixo teor de 5-CQA. Os clones Robusta apresentaram maiores médias de SS (32,1 °Brix) e AST (6,1 %). Os clones G125, G115, A1 e G7 apresentaram potencial para a obtenção de cultivares a partir de um agrupamento de clones produtivos.

Termos para indexação: melhoramento genético de café, qualidade química de café.

¹ Engenheira Química, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina DF

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Physical-chemical characterization and coffee grain yield of the Embrapa Cerrados Germplasm Bank

Abstract – The objective of this work was to evaluate arabica and canefora coffees by means of the physical-chemical characterization and beans yield. The 30 accesses of *Coffea arabica* L, and the 22 clones of *Coffea canephora* were characterized in terms of beans yield in the year and chemical analyzes of chlorogenic acid (5-CQA), of caffeine (CAF), of total soluble sugar (AST), of total soluble solids (SS) contents and carboxylic acid profiles were performed for arabica coffees and for Canephora coffees, SS, AST and titratable acidity (AT). The arabica coffees with higher yields presented average values above 100 sacks / ha. The Conilon G7 was higher than 125 sacks / ha. H419-10-6-2-10-1 with high CAF content; IPR 59 with high content of CAF and the lowest content of quinic acid; Oeiras MG 6851 and Catucaí Vermelho 20/15 cv 476 with high levels of AST and SS; Palma II with high content of AST, high content of SS and low content of 5-CQA were highlighted . The clones Robusta showed higher mean values of SS (32.1 °Brix) and AST (6.1%). The clones G125, G115, A1 and G7 presented potential for obtaining cultivars from a cluster of productive clones.

Index terms: genetic improvement of coffee, chemical quality of coffee.

Introdução

As espécies de café de maior importância econômica cultivadas no Brasil são *Coffea arabica* e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, que apresenta duas variedades botânicas distintas: o Conilon e o Robusta. O café cru de ambas as espécies é comercializado e valorizado de acordo com a qualidade dos grãos para bebida.

A cultura possui potencial para expansão em regiões como o cerrado do planalto central devido às condições climáticas favoráveis, à topografia que permitem o uso de máquinas no sistema produtivo, com possibilidade de alcançar altas produtividades com qualidade, reduzindo os custos de produção (Fernandes et al., 2012).

O fato de que correlações entre qualidade sensorial e atributos químicos foram observadas em amostras de grão cru e levemente torradas – estas últimas usadas para a análise sensorial – indica que a análise físico-química de grãos crus pode ser usada como uma ferramenta adicional para a avaliação de qualidade do café para bebida (Farah et al., 2006; Oliveira, et al., 2005; Cunha, 2005).

A caracterização físico-química relacionada à qualidade de bebida de cultivares pertencentes a Bancos de Germoplasma (BAG) permite a avaliação de novas fontes de genes que podem ser incorporadas ao programa de *Melhoramento Genético do Café* e a identificação de genótipos para combinações entre eles na elaboração de uma bebida com características específicas.

A Embrapa Cerrados conta com cerca de 900 cultivares de café provenientes do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Instituto Agrônomo de Campinas (IAPAR) e Fundação Procafé e introduções provenientes da Etiópia e Camarões, gerando grande variabilidade genética e formando coleção com acessos de café arábica. Há ainda introduções da variedade botânica Conilon desenvolvidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e Embrapa Rondônia e introduções da variedade botânica Robusta oriundas da região do Congo, desenvolvidas pelo Centro Francês de Pesquisa Agrícola para o Desenvolvimento Internacional (CIRAD), formando uma coleção de trabalho com mais de 4 mil acessos .

Para os cafés arábicas, os atributos de qualidade de bebida amargor, adstringência, doçura, qualidade da acidez e corpo são valorizados (Kitzberger et al., 2013; Bhumiratana et al., 2011; Scholz et al., 2015) e estão relacionados às características químicas teores de ácido quínico e cafeína, ácido clorogênico, teor de açúcares solúveis totais, perfil de ácidos carboxílicos e teor de sólidos solúveis totais, respectivamente.

A cafeína é um importante composto bioativo para a bebida do café, parcialmente responsável pelo sabor amargo da bebida de café (Farah; Donangelo, 2006) e é um estimulante do sistema nervoso central, desejado pela grande maioria dos consumidores de café (Simulescu, et al., 2019).

Os ácidos clorogênicos são os principais componentes da fração fenólica do café cujo principal representante é o ácido 5-cafeoilquínico. Os ácidos clorogênicos proporcionam adstringência ao café (De Maria, et al., 1995). Farah e Donangelo (2006) verificaram que a maior concentração de ácidos clorogênicos está presente em cafés de pior qualidade. Durante a torração, uma parte dos ácidos clorogênicos se decompõe em ácido quínico (Jansen, 2006), sendo o principal composto responsável pelo sabor amargo do café torrado (Campa et al., 2005). O seu valor é incrementado em, aproximadamente, 30% para um café com torra média, em relação ao grão cru (Jansen, 2006). O ácido quínico também é encontrado no café cru.

Os principais ácidos carboxílicos não voláteis responsáveis pela acidez no café são cítrico, málico e quínico (Verardo et al., 2002) e os dois primeiros são parcialmente decompostos na torra (Balzer, 2001).

O ácido cítrico proporciona o sabor de cítrico de limão, enquanto málico o sabor frutado, por ser este o ácido predominante em frutas como maçã e pera. Grãos de café com maiores teores dos ácidos cítrico e málico são classificados com acidez de qualidade (Alcazar, et al., 2003).

O principal açúcar presente no café é a sacarose (Salva, et al. 2015), e açúcares simples, incluindo os redutores, são presentes no café verde com quantidades muito pequenas (Rodarte, 2008). À medida que o fruto se desenvolve e amadurece verifica-se aumento de sacarose e diminuição de açúcares redutores (Geromel et al., 2006). Durante a torração, as moléculas de sacarose são, praticamente, 100% decompostas nos açúcares redutores glicose e frutose responsáveis pela doçura e contribuintes da cor, sabor e

aroma do café torrado, estes três últimos devido à sua participação nas reações de Maillard (Alcázar et al., 2005; Farah et al., 2006). Um dos grandes desafios da torra é a manutenção da maior quantidade de açúcares redutores no grão torrado. Um maior teor de açúcares solúveis totais no grão cru possibilita a obtenção de um grão torrado com maior doçura.

Os sólidos solúveis no café são constituídos por ácidos, açúcares, aldeídos e outros compostos. Nos cafés arábica um maior teor de sólidos solúveis é desejável para o desenvolvimento do corpo, ou seja, da sensação de “textura” ao ingerir a bebida (Agnoleti, 2015).

Cafés canéfora com altos valores de sólidos solúveis são desejáveis para atribuir corpo à bebida nos *blends* com arábica, pois essa espécie apresenta, normalmente, baixo teor nesse atributo químico. Os cafés canéforas também são utilizados, juntamente com os arábicas, na produção de café solúvel devido ao alto rendimento obtido. O teor de sólidos solúveis diminui com a torração (Celestino, 2015), logo, para ambas as espécies, os cafés crus que apresentarem os maiores teores de sólidos solúveis são os mais promissores.

Outro atributo que se busca nos cafés canéforas é um teor de açúcar solúvel total um pouco mais elevado. Os cafés canéfora apresentam, em média, menores teores de açúcar solúvel total em relação aos arábicas (Ribeiro et al., 2014). A relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (*Ratio*) também é um atributo que permite uma avaliação da percepção de doçura. Essa relação, quando desequilibrada, dá ao paladar a sensação de um produto “diluído” ou “muito ácido” (Brasil, 1986).

Atributos sensoriais, os quais estão relacionados a certos compostos químicos, regulam a aceitação da bebida de café pelos consumidores (Nebesny; Budryn, 2006).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência de cultivares de café arábica e de café canéfora do Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados por meio da caracterização físico-química e produtividade de grãos, a fim de auxiliar a seleção de materiais promissores para o melhoramento genético.

Material e Métodos

Em área experimental da Embrapa Cerrados, foram instalados em 2014, ensaio com clones de cafés canéfora, variedades botânicas Conilon e Robusta e outro ensaio com cultivares e progênies de cafés arábica. O local é caracterizado com clima típico, segundo Köppen, do tipo Aw, altitude de 1.050 m, área plana de Latossolo Vermelho Escuro, com textura argilosa e apresentando média anual de 1.200 mm de chuva, com duas estações típicas de períodos chuvosos e de seca e temperatura média anual de 22 °C.

Os frutos cereja de 30 acessos de *Coffea arabica* (entre os quais cultivares comerciais e progênies oriundas de instituições parceiras) e de 22 clones de *Coffea canephora* (variedades botânicas Conilon e Robusta), introduzidos no Banco Ativo da Embrapa Cerrados, foram colhidos por derriça em pano durante ano de 2017.

As duas espécies foram conduzidas em ensaios separados, com espaçamento de 3,50 m x 0,5 m para cafés arábicas e 3,5 m x 1 m para cafés canéforas, buscando caracterizar o espaçamento típico da cafeicultura mecanizada, conduzida na região do Cerrado. O sistema de irrigação utilizado foi por meio de pivô central, utilizando a suspensão da irrigação, no período seco por cerca de setenta dias (28/6/2016 a 2/9/2016), visando uniformização da florada e maior produção de cafés no estádio cereja (Guerra et al., 2005).

Os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas usuais para a cultura do café. O fornecimento de fósforo anual foi realizado com 300 kg P_2O_5 /ha parcelado em dois terços na volta da irrigação em setembro e um terço no mês de dezembro. Para o fornecimento de nitrogênio e potássio em cada safra, foram utilizados 450 kg/ha do nutriente, parcelados em quatro vezes, sendo a primeira após o retorno da irrigação e as outras parcelas realizadas a partir de dezembro. Os micronutrientes foram fornecidos com 100 kg de FTE/ha aplicados via solo em dezembro.

Os ensaios com Banco de Germoplasma ativo na Embrapa Cerrados estão em sistema de produção irrigado, com critério de manejo da irrigação fundamentado no balanço hídrico do solo, a partir do Sistema de Monitoramento de Irrigação no Cerrado (Rocha et al., 2006), o qual fornece a lâmina líquida, o intervalo e o momento de irrigação.

A produtividade dos grãos do ano de 2017 foi medida em quilograma de café cereja de quatro plantas, com os frutos secos até o teor de umidade 12% e convertidas em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (sc/ha).

O processo por via seca foi o escolhido por representar o método mais utilizado por cafeicultores brasileiros. Os frutos permaneceram no terreiro de concreto por duas semanas, ao fim das quais, os frutos de café apresentaram um teor de umidade de aproximadamente 12%. Para acelerar o processo de secagem, os frutos foram secos artificialmente durante 20 horas em um secador com circulação de ar forçada a 40 °C e a umidade final apresentada pelo café em coco foi de 10% a 11%. O beneficiamento para a obtenção dos grãos envolveu as etapas mecânicas de descascamento e remoção da mucilagem e pergaminho do café em coco. Os grãos crus foram moídos e o pó obtido de peneira 20 mesh foi armazenado em embalagens opacas para a determinação das características químicas. Para os cafés arábica foram realizadas as análises dos teores de ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico (5-CQA)), cafeína (CAF), açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis (SS) e perfil de ácidos carboxílicos. Para os cafés canéfora, foram determinados os teores de SS, AST e acidez titulável (AT). Todas as análises foram feitas com três repetições e os resultados expressos em massa seca.

Determinação da umidade e massa seca

A umidade foi medida de acordo com o método da AOAC (1990). Três gramas de amostra foram pesados em placas de petri, previamente secas e com pesos conhecidos. As amostras permaneceram em estufa a 105 °C até atingir peso constante (cerca de 2 horas); depois, colocadas em dessecador contendo sílica até atingir a temperatura ambiente e então foram pesadas. A umidade (%U) correspondeu a perda de peso e a massa seca correspondeu a $100 - \%U$.

Extração de ácido clorogênico (5-CQA), cafeína (CAF) e ácidos carboxílicos

O 5-CQA, a cafeína e os ácidos carboxílicos foram extraídos com a metodologia apresentada por Figueiredo (2013) com modificações. Adicionaram-se 5 mL de solução de metanol 70% a 100 mg de café cru para a extração de

ácido 5-cafeoilquínico e cafeína e 5 mL de água ultra pura para a extração de ácidos carboxílicos. As misturas foram agitadas vigorosamente e aquecida a 60 °C por 60 minutos, com agitação a cada 10 minutos. Após o resfriamento do extrato em banho de gelo, a mistura foi centrifugada por 10 minutos a 15 mil rotações por minuto, o volume do sobrenadante retirado e colocado em um balão volumétrico de 25 mL para ácido 5-cafeoilquínico e cafeína de 10 mL para ácidos carboxílicos e os volumes completados com água ultrapura. Foram filtrados 1,5 mL das soluções em filtro com membrana 0,22 µm em vials para leituras em cromatógrafo líquido.

Determinação de ácido clorogênico (5-CQA) e cafeína (CAF)

Os compostos foram identificados e quantificados com a metodologia apresentada por Figueiredo (2013) por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector UV (modelo SPD-10A), bomba (modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (modelo CTO-10AS) e software LC Solution (Shimadzu). Uma coluna do tipo Octadecil Silano ou simplesmente C18 (250 mm x 5 µm x 4,6 mm), em fase reversa, foi utilizada. A fase móvel foi composta por 15% de metanol puro e 85% de solução de H₃PO₄ 0,043%. O comprimento de onda na faixa UV foi de 324 nm para ácido clorogênico e 272 nm para cafeína. O fluxo da fase móvel foi de 0,5 mL min⁻¹, a temperatura do forno de 30 °C, o volume de injeção de 20 µL e o tempo total de corrida de 30 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem em matéria seca. As curvas padrão foram obtidas com 5-CQA e cafeína da marca Sigma-Aldrich.

Determinação do perfil de ácidos carboxílicos

Os compostos foram identificados e quantificados com a metodologia apresentada por Figueiredo (2013) por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector UV (modelo SPD-10A), bomba (modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (modelo CTO-10AS) e software LC Solution (Shimadzu). Uma coluna do tipo C30 (250 mm x 5 µm x 4,6 mm),

em fase reversa, foi utilizada. A fase móvel foi composta por uma solução de H_3PO_4 0,043%. O comprimento de onda na faixa UV foi de 212 nm. O fluxo da fase móvel foi de $0,5 \text{ mL min}^{-1}$, a temperatura do forno de $26 \text{ }^\circ\text{C}$, o volume de injeção de $20 \text{ } \mu\text{L}$ e o tempo total de corrida de 16 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem em matéria seca. As curvas padrão foram obtidas com os ácidos cítrico (AC), málico (AM) e quínico (AQ) da marca Sigma-Aldrich.

Determinação de açúcares solúveis totais (AST)

A determinação do teor de AST foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Yemn e Willis (1954). As amostras foram pesadas (100 mg) e 30 mL de etanol 70% foram adicionados. A mistura permaneceu sob agitação por 24 horas em shaker a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Após esse período, as mostras foram filtradas em papel de filtro e o volume do filtrado foi completado para 50 mL com etanol 70%. Em tubos de ensaio, adicionaram-se uma alíquota de 0,5 mL (500 μL) do extrato, uma alíquota de 0,5 mL (500 μL) de etanol 70% e 2 mL do reagente antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno) preparada com ácido sulfúrico. A mistura foi aquecida em banho maria a $95 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 8 minutos para a hidrólise da sacarose e separação dos açúcares redutores glicose e frutose. Estes se desidratam para formar furfural ou hidroximetilfurfural, as quais reagem com a antrona, resultando em um produto de coloração azul petróleo com pico de absorbância a 620 nm. Os brancos das amostras e do reagente antrona foram determinados. A curva padrão foi feita com glicose da marca Sigma-Aldrich.

Determinação de sólidos solúveis totais (SS) e acidez titulável (AT)

Foram pesados 2,0 g de café moído e 48,0 mL de água destilada foram adicionados. A mistura foi homogeneizada durante uma hora em agitador mecânico. Após este período foi realizada uma filtração em papel de filtro e o filtrado foi utilizado para as análises de determinação de sólidos solúveis totais e acidez titulável (Association of Official Analytical Chemistis, 1975).

Duas gotas do filtrado foram colocadas em refratômetro digital, zerado com água destilada, e a leitura foi expressa em $^\circ\text{Brix}$. Como a diluição foi de

1: 25, o valor da leitura foi multiplicado por 25. Para a determinação da AT, o volume de 25 mL do filtrado foi titulado com NaOH 0,1 M até pH 8,1. O volume gasto de NaOH foi equivalente a 1,0 g de café moído e o resultado expresso como: mL de NaOH 0,1M/ 100 g de amostra seca (Association of Official Analytical Chemists, 1975).

Análise estatística

As análises de variância ($p \leq 0,05$), os testes de Scott Knott para a comparação de médias e as análises de componentes principais foram realizadas pelo software R version 3.4.2 Copyright (C) 2017.

Resultados e Discussão

Pelo resultado da análise de variância para produtividade dos grãos no ano 2017, as fontes de variação acessos e blocos foram significativas a 5%, pelo teste de F. No ensaio com genótipos de cafés arábica, para o primeiro ano com altas produtividades, foram evidenciados cinco grupos, divididos pelo teste de média utilizado (Tabela 1). O grupo com maiores valores acima de 110 sacas/ha compõem Sabiá e Araponga, demonstrando alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas do local da pesquisa. Um segundo grupo, composto por Obatã Vermelho e Acauã apresentou valores médios acima de 100 sacas/ha.

Carvalho et al. (2012) avaliaram esses mesmos acessos nas regiões Sul e Alto Paranaíba de Minas Gerais, verificando as cultivares Sabiá 398, Pau Brasil MG, Obatã 1669-20, Catucaí Amarelo 24/137 e IPR 103 como sendo as mais promissoras quanto à produtividade para a região avaliada.

No ensaio com clones de cafés canéforas, para o primeiro ano com altas produtividades, foram evidenciados quatro grupos, divididos pelo teste de média utilizado (Tabela 2). O grupo com maiores valores acima de 108 sacas/ha compõe genótipos de ambas as variedades botânicas, com destaque para Conilon G7, apresentando valores acima de 125 sacas/ha, demonstrando alta adaptabilidade às condições em sistema de produção irrigado no Cerrado.

Tabela 1. Médias de produtividade em sacas de 60 kg/ha de cafés beneficiados dos 30 acessos de café arábica.

Acesso	Saca
Catuaí Amarelo IAC 62	79,4 d
IPR 59	97,9 c
Palma II	87,4 c
Sacramento MG	60,8 e
Catuaí Amarelo 24/137	78,3 d
Obatã Vermelho IAC 1669-20	103,4 b
IPR 103	86,8 c
IPR 98	88,1 c
Catuaí Vermelho IAC 144	73,9 d
Topázio MG 1190	85,3 d
Araponga MG	110,6 a
Catuaí Vermelho 785/15	91,6 c
H419-10-6-2-10-1	58,8 e
H419-3-3-7-16-4-1	76,5 d
Acauã	102,6 b
IPR 99	98,1 c
Catiguá MG 2	83,8 d
Oeiras MG 6851	89,2 c
Catuaí Vermelho 20/15 cv 476	83,4 d
H419-10-6-2-5-1	74,2 d
H419-10-6-2-12-1	65,5 e
Catuaí Amarelo 2SL	96,5 c
Paraíso MG	57,7 e
Catuaí Amarelo 20/15 cv 479	95,8 c
Tupi IAC 1669-33	83,0 d
Catiguá MG 3	89,3 c
Sabiá 398	115,7 a
IPR 104	91,9 c
Catiguá MG 1	78,3 d
Pau Brasil MG 1	78,4 d
Média	86,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott.

Tabela 2. Médias de produtividade em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare dos 22 clones de café canéfora em condições de Cerrado do Planalto Central.

Clone	Saca/ha
Robusta G47	80,8 b
Robusta G132	47,1 d
Conilon PRÉ-SUL	54,4 d
Conilon G04	80,0 b
Conilon 6V	100,3 b
Robusta G111	81,0 b
Conilon G7	125,5 a
Conilon 748	121,0 a
Robusta G127	72,5 c
Robusta G108	108,4 a
Robusta G85	62,5 c
Robusta G75	76,5 c
Robusta G125	115,5 a
Robusta G114	118,6 a
Conilon 24	55,4 d
Conilon A1	116,5 a
Robusta GNI4	82,5 b
Conilon 22	49,5 d
Conilon 2V	67,8 c
Robusta G30	42,5 d
Robusta G49	82,5 b
Robusta G106	85,5 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Os valores encontrados no primeiro ano de alta produção, mostram grande potencial de exploração da cultura no cerrado central, com uso de sistema de produção irrigado, em condições de altas temperaturas, maiores níveis de insolação, condições de baixa umidade relativa do ar na época da colheita, juntamente com a possibilidade do uso de alto nível tecnológico com insumos e mecanização (Fernandes, et al. 2012), para ambas as espécies.

Na análise de variância para as características químicas dos cafés arábicas, houve diferença estatística entre as médias ao nível de significância de

5% para todas as variáveis. As médias das variáveis para todos as 30 cultivares arábica estão apresentadas na Tabela 3.

Para o teor de 5-CQA, três grupos foram identificados e o valor variou de 2,64% a 3,33% para o grupo que apresentou os menores valores. Siqueira e Abreu (2006) estudaram a qualidade dos grãos da variedade arábica Rubi sob sistema irrigado e encontraram 3,81% de 5-CQA para os grãos crus processados por via seca. Farah e Donangelo (2006) avaliaram o teor de 5-CQA de 4 variedades arábica e encontraram médias de 3,6% a 3,9%. Durante a torração ocorre decomposição em parte do 5-CQA, que propicia sabor adstringente ao café, para a formação de compostos importantes para o aroma e sabor do café (Lima, et al., 2009), mas também ocorre a formação de grande quantidade de ácido quínico, que fornece sabor amargo à bebida (De Maria, et al., 1995; Clifford, 1985; Trugo, 1984). Rendón (2007) verificou que bebidas de alta qualidade originam-se de grãos com baixa intensidade sensorial de adstringência, com concentração de 5-CQA reduzida.

Um amargor e uma adstringência reduzidos no café torrado são importantes para que se perceba a doçura do café, proporcionado, principalmente, pelos açúcares glicose e frutose resultantes da decomposição da sacarose. Logo, menores quantidades de AQ e 5-CQA no café cru podem propiciar um café torrado de melhor qualidade.

Torres (2014) encontrou valores médios do teor de AQ de 4,66% a 5,70% para variedades arábica na região do Cerrado de Minas Gerais. Neste trabalho, os grupos apresentaram um teor médio de 1,7% para AQ, apresentando uma redução média de 67% da presença desse ácido no café cru em relação ao trabalho citado, mostrando serem estas cultivares mais promissoras para cruzamentos que resultem em uma bebida com menor amargor.

Os valores de CAF foram separados em dois grupos, o que mostra a menor variabilidade das cultivares em relação a essa característica química. A média do valor de CAF do grupo com maior valor foi de 1,10% e o menor de 0,88%. O trabalho de Siqueira e Abreu (2006) apresentou um teor de CAF de 0,96% para a variedade Rubi. Mazzafera et al. (2010) encontraram variedades arábica com variação do teor de CAF 0,4% a 1,6%. Teixeira et al. (2012) obtiveram valores de CAF menores que 0,88% para seis cultivares de café arábica. A cafeína não participa de nenhuma reação durante a torração, mantendo o seu teor no café torrado praticamente constante em relação ao café cru (Licciardi et al., 2005).

Tabela 3. Médias das variáveis ácido clorogênico (%5-CQA), cafeína (%CAF), açúcares solúveis totais (%AST), sólidos solúveis totais (SS), ácido quínico (%AQ) e ácido cítrico (%AC) para os 30 acessos de cafés arábica.

Acesso	%5-CQA	%CAF	%AST	SS (°Brix)	%AQ	%AC
Catuai Amarelo IAC 62 (1)	2,64 c	0,82 b	3,75 e	26,2 g	1,72 c	0,54 b
IPR 59 (2)	3,96 a	1,19 a	8,99 c	29,3 d	1,02 e	0,33 b
Palma II (3)	2,77 c	0,98 b	11,08 b	31,2 b	1,67 c	0,50 b
Sacramento MG 1 (4)	2,99 c	0,85 b	7,35 d	29,0 e	1,57 d	0,53 b
Catuai Amarelo 24/137 (5)	3,32 b	0,82 b	11,86 b	31,5 b	1,25 d	0,60 b
Obatã Vermelho IAC 1669-20 (6)	2,95 c	0,67 b	7,71 d	28,8 e	1,42 d	0,69 a
IPR 103 (7)	3,66 a	0,87 b	9,36 c	30,0 c	1,17 e	0,81 a
IPR 98 (8)	3,47 b	0,93 b	10,35 c	31,0 b	1,55 d	0,56 b
Catuai Vermelho IAC 144 (9)	2,67 c	0,88 b	7,73 d	29,3 d	1,51 d	0,68 a
Topázio MG (10)	3,58 a	0,97 b	4,08 e	27,3 f	2,40 b	0,91 a
Araponga MG 1 (11)	3,65 a	1,03 a	8,63 c	29,5 d	1,28 d	0,49 b
Catuai Vermelho 785/15 (12)	3,95 a	0,93 b	7,61 d	28,8 e	2,00 b	0,66 a
H419-10-6-2-10-1 (13)	4,00 a	1,25 a	8,24 c	29,3 d	1,22 e	0,52 b
H419-3-7-16-4-1 (14)	3,51 b	0,98 b	6,80 e	29,0 e	1,35 d	0,63 b
Acauã Procafé (15)	4,04 a	1,03 a	8,74 c	30,0 c	1,30 d	0,71 a
IPR 99 (16)	3,23 b	0,92 b	8,87 c	30,0 c	1,43 d	0,46 b
Catiguá MG 2 (17)	3,26 b	0,96 b	9,02 c	30,0 c	2,84 a	0,52 b
Oeiras MG 6851 (18)	3,36 b	1,06 a	13,60 a	32,0 a	1,35 d	0,56 b
Catuai Vermelho 20/15 cv 476 (19)	3,37 b	1,14 a	12,23 a	32,0 a	1,75 c	0,74 a
H419-10-6-2-5-1 (20)	3,79 a	1,07 a	4,54 e	27,5 f	1,98 b	0,82 a

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Acesso	%5-CQA	%CAF	%AST	SS (° Brix)	%AQ	%AC
H419-10-6-2-12-1 (21)	2,97 c	0,86 b	4,11 e	27,3 f	1,51 d	0,62 b
Catucai Amarelo 2SL (22)	4,21 a	1,12 a	6,80 e	27,5 f	1,84 c	0,77 a
Paraíso MG (23)	3,70 a	1,02 a	8,18 c	28,8 e	1,48 d	0,23 b
Catucai Amarelo 20/15 cv 479 (24)	3,33 c	0,86 b	12,67 a	31,0 b	1,78 c	0,33 b
Tupi IAC 1669-33 (25)	3,31 b	0,92 b	9,05 c	29,3 d	1,93 b	0,90 a
Catiguá MG 3 (26)	4,19 a	0,96 b	9,42 c	29,8 c	1,59 d	0,52 b
Sabiá 398 (27)	3,44 b	0,88 b	9,38 c	30,0 c	1,96 b	0,62 b
IPR 104 (28)	4,28 a	1,10 a	5,94 e	27,5 f	1,71 c	0,74 a
Catiguá MG 1 (29)	3,32 b	0,70 b	6,56 e	27,5 f	1,93 b	0,93 a
Pau Brasil MG 1 (30)	3,30 b	0,83 b	9,13 c	29,8 c	1,22 e	0,67 a
CV	8,5%	7,0%	5,8%	1,7%	8,9%	9,5%

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. CV: Coef. Variação

Os teores de AST foram separados em cinco grupos. Os maiores valores variaram entre 12,23% e 13,60%, não apresentando diferença estatística. O grupo seguinte ainda apresentou altos valores de AST acima de 11%. A sacarose representa quase o total de açúcares livres no grão de café maduro arábica (90%–99%) (Salva, et al. 2015), variando de 3,0% a 12%. Alcázar et al. (2005) encontraram valores para AST variando entre 4,6% e 7,6%. Diferenças de variedades e de variedades, condições de processamento e de armazenamento produzem diferenças do teor de AST (Trugo, et al., 1985; Salva, et al., 2015). Scholz et al. (2015) encontraram valor médio de 6,28% de AST presente em cultivares etíopes e cultivares de café arábica.

Em virtude da decomposição de praticamente 100% da sacarose nas torras média e escura em furanos, aldeídos e outros compostos (Alcázar et al., 2005; Farah et al., 2006), e nos açúcares redutores glicose e frutose, altos valores de AST são desejáveis no café cru, para que o café torrado ainda apresente uma doçura perceptível (Gamonal, et al., 2017).

Os SS são os responsáveis pelo atributo “corpo” da bebida do café, ou seja, pela percepção sensorial de densidade. Cafés de qualidade apresentam altos valores de SS, sendo maiores valores desejáveis no café cru, pois, após a torração, esses valores diminuem (Celestino, et al., 2015). O aumento de temperatura provoca, principalmente, a decomposição dos açúcares e a descarboxilação de ácidos carboxílicos (Arruda, et al. 2012). Neste trabalho, foram encontrados seis grupos para os teores de SS, sendo os maiores valores de 32 ° Brix. Lopes et al. (2000) encontraram uma variação no teor de SS de 31,2 a 34,0 °Brix em grãos crus de variedades arábica.

Em relação ao perfil de ácidos carboxílicos, as presenças de AC e ácido málico (AM) são desejáveis, uma vez que fornecem sabores cítrico e “frutado” à bebida do café (Alcázar, et al., 2003). Durante a torração esses ácidos são em parte decompostos, sendo assim, maiores valores no café cru são desejáveis para que sua concentração no café torrado ainda possibilite a percepção dos sabores cítrico e frutado na xícara de café. A presença de AM não foi verificada para nenhuma das cultivares arábica.

Segundo Burdock (2005), o limite inferior de percepção sensorial de AC é 442 ppm. Os valores dos teores de AC em grão arábica torrado são, aproximadamente, 40% menores que os apresentados pelo grão cru para a torra média (Jansen, 2006). Logo, para um valor em torno de 0,8% de AC no grão

cru, tem-se um grão torrado com, aproximadamente, 0,5% e, ao se preparar 100 mL da bebida utilizando-se 10 g de pó de café torrado, tem-se, aproximadamente, uma concentração de 500 ppm no sobrenadante, o que atenderia ao limite inferior da percepção sensorial. O teor de AC encontrado neste trabalho foi separado em dois grupos, mostrando a homogeneidade dessa característica química entre as variedades. A média do grupo com maior valor foi de 0,77% e a do outro grupo com menor valor foi de 0,50%. Alcázar et al. (2003) analisaram diferentes amostras de café cru arábica e observaram a predominância do AC com teor médio de 0,85%, seguido do AM 0,41% e ácido ascórbico 0,34%. Scholz et al. (2015) encontraram valores médios de ácidos presentes em cultivares etíopes e variedades de café arábica de 1,12% para AC e 0,60% para AM. Valores médios do teor de AC de 1,07% a 1,26% para variedades arábica foram encontrados por Torres (2014) para a região do Cerrado de Minas Gerais.

A Análise de Componentes Principais (ACP) permite inferir quais variáveis (características químicas) são responsáveis pela maior parte da divergência encontrada, possibilitando o descarte de variáveis que pouco contribuem para a divergência dos tratamentos (acessos) em estudo (Cruz, 2004). Com as dispersões dos tratamentos geradas pela ACP, é possível fazer uma análise exploratória e identificar os tratamentos que se destacam nas variáveis estudadas.

Na Tabela 4, estão apresentadas as estimativas das percentagens de variância e a porcentagem de variância acumulada explicadas pelos dois componentes principais e respectivas correlações (COR) das variáveis.

As variáveis AST, SS, AQ e AC contribuíram para a variabilidade explicada pelo componente 1 (39,1%), com destaque para as duas primeiras variáveis. As variáveis que mais contribuíram para a porcentagem de variabilidade explicada pelo componente 2 (27,0%) foram 5-CQA e CAF com COR de 0,900 e 0,855, respectivamente. Hair et al. (2006) sugerem que a variância acumulada deve continuar até, pelo menos, 60%. A porcentagem de variância acumulada com os dois primeiros componentes foi de 66,1%. Logo, todas as variáveis são importantes e devem ser consideradas para analisar a variabilidade entre as variedades.

Tabela 4. Correlações das variáveis (características físico-químicas) com a porcentagem de variância explicada pelos componentes principais.

Característica físico-química	COR ⁽¹⁾	
	PC1 ⁽²⁾	PC2 ⁽³⁾
5-CQA	0,054	0,900
CAF	0,286	0,855
AST	0,912	-0,174
SS	0,902	-0,204
AQ	-0,503	-0,083
AC	-0,602	-0,012
% Variância	39,1	27,0
% Variância acumulada	39,1	66,1

⁽¹⁾ Correlação da variável com a % de variância do componente principal.

⁽²⁾ Primeiro componente principal.

⁽³⁾ Segundo componente principal.

Os grãos de café acumulam alcaloides purínicos (cafeína) e ácidos clorogênicos (5-CQA) de forma correlacionada, ou seja, uma alta concentração de cafeína acompanha um considerável acúmulo de 5-CQA e vice-versa. Waldhauser e Baumann (1996) mostraram que a inibição da síntese de 5-CQA levou a uma redução da biossíntese da cafeína, indicando uma conexão regulatória entre os parceiros complexos. Os valores positivos e próximos dos COR de ambas as variáveis no PC2 (Tabela 4) mostram esta interdependência. Essa mesma correlação positiva pode ser verificada no PC1 entre AST e SS, mostrando que os açúcares contribuem significativamente para o teor de SS no café arábica. O aumento de AST tem relação direta com o aumento de SS.

A dispersão gráfica das cultivares com os dois primeiros componentes principais é apresentada na Figura 1, em que uma análise exploratória é possível ser feita. Os genótipos localizados mais afastados da origem dos eixos apresentam maiores valores das variáveis, cujos vetores estão direcionados e próximos a eles e menores valores se localizados no sentido contrário dos vetores.

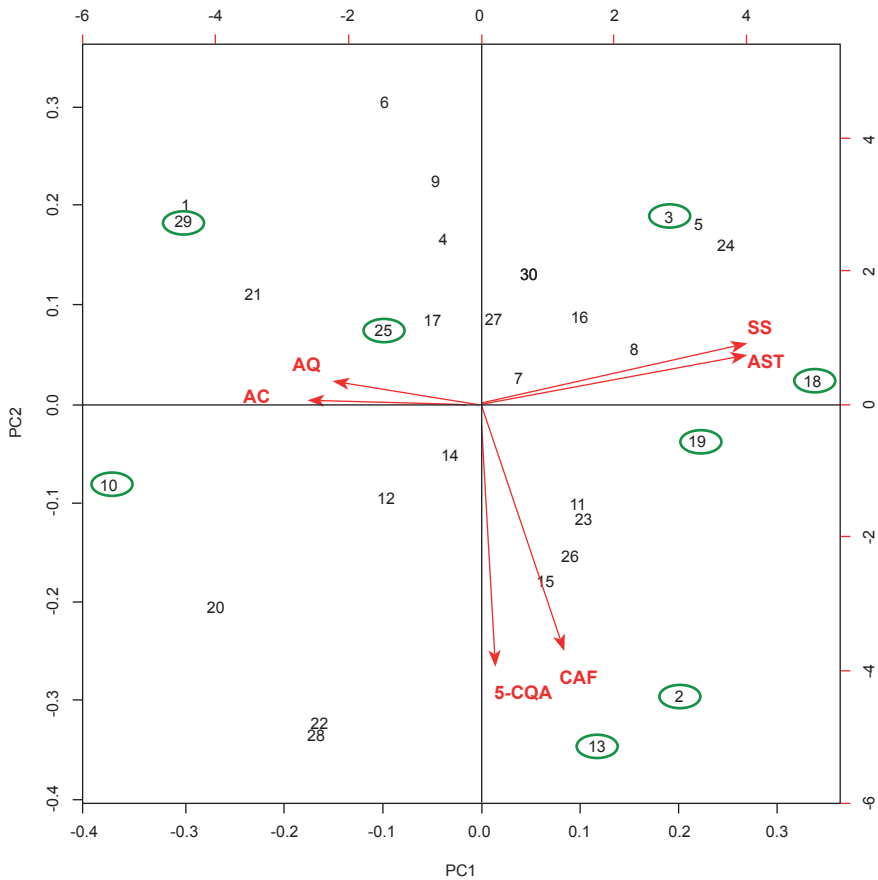


Figura 1. Dispersão gráfica das variedades arábica com os eixos de referência primeiro (PC1) e segundo componente (PC2).

As características químicas 5-CQA e AQ devem apresentar-se com valores baixos no café cru para uma menor adstringência indesejável e um menor amargor no café torrado. Já AST, SS e AC devem apresentar altos valores no café cru, pois são características relacionadas aos atributos doçura, corpo e sabor cítrico, respectivamente, importantes para uma bebida de qualidade. Maiores valores de CAF são também importantes para os consumidores que desejam o potencial estimulante da bebida de café.

Entre todos os acessos de café arábica estudados, destacam-se a progênie H419-10-6-2-10-1 (13) com alto teor de CAF; a cultivar IPR 59 (2) com alto teor de CAF e o menor teor de AQ, as cultivares Oeiras MG 6851 (18) e

Catucaí Vermelho 20/15 cv 476 (19) com altos teores de AST e SS; a cultivar Palma II (3) com alto teor de AST, alto teor de SS e baixo teor de 5-CQA. As cultivares que mais se destacaram em teor de AC foram Tupi IAC 1669-33 (25), Catiguá MG 1 (29) e Topázio MG (10). No entanto, a variedade 25 apresenta o maior teor de AST entre as três variedades (Tabela 3).

Uma bebida com características distintas, como maior doçura e pouco amargor, podem ser obtido com as cultivares Oeiras MG 6851 (18) e IPR 59 (2), assim como entre as cultivares Oeiras MG 6851 (18) e Catucaí Vermelho 20/15 cv 476 (19) para um café com maior doçura e encorpado.

Todas essas cultivares, com exceção da progênie H419-10-6-2-10-1 (13), apresentaram altas produtividades acima de 80 sacas/ha (Tabela 1).

Essas e outras combinações também podem ser utilizadas para o *Programa de Melhoramento do Café* para a obtenção de cultivares com múltiplas características e qualidade de bebida superior.

Na análise de variância para as características químicas dos cafés canéfora, houve diferença estatística entre as médias ao nível de significância de 5% para todas as variáveis. As médias das variáveis para os 22 clones canéfora estão apresentadas na Tabela 5.

Neste trabalho, quatro grupos foram identificados para o teor de SS, sendo 35 °Brix o maior valor apresentado. A variabilidade para o teor de AST foi a maior entre as variáveis estudadas com 12 grupos, seguida de AT e *Ratio* com 6 grupos. O genótipo GNI4 apresentou um *Ratio* muito baixo em relação aos demais devido à elevada AT apresentada. Os outros valores encontrados foram acima de 0,2. Estudos mostram que *Ratio* maior que 0,2 não compromete a percepção de doçura intrínseca do grão (dados não publicados).

Brige (2016) encontrou uma média de teor de SS de 30,26 °Brix e de AT de 135,8 mL NaOH 0,1M.100⁻¹ g matéria seca para grãos crus de 213 genótipos de café conilon, variedade Robusta Tropical, sob irrigação no Cerrado. Moura et al. (2007) encontrou o valor médio de 29,85 °Brix para os cafés canéfora crus. Espíndula et al. (2018) estudaram 30 clones *Coffea canephora* crus e obtiveram um teor médio de AST de 4,22%. Um valor médio de AT de 98,3 mL NaOH 0,1M.100⁻¹ g matéria seca foi encontrado por Agnoletti (2015) para cafés canéfora. Os valores apresentados por esses autores estão de acordo com os encontrados neste trabalho.

Tabela 5. Médias das variáveis sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST) e o Ratio (SS/AT) para os clones de cafés canéfora.

Clone	SS (°Brix)	AT (mL NaOH 0,1M /100 g amostra seca)	% AST	Ratio (SS/AT) (g sólidos solúveis/mL de NaOH)
Robusta G47	27,5 d	116,9 d	6,45 d	0,24 f
Robusta G132	35,0 a	86,2 e	6,51 d	0,40 c
Robusta G111	30,0 c	131,0 c	8,30 a	0,23 f
Robusta G127	32,5 b	92,6 e	5,43 g	0,35 c
Robusta G108	30,0 c	96,5 e	5,56 g	0,31 d
Robusta G85	35,0 a	118,4 d	7,91 b	0,30 e
Robusta G75	32,5 b	87,8 e	5,75 f	0,37 c
Robusta G125	35,0 a	74,5 f	5,82 f	0,47 b
Robusta G114	30,0 c	108,9 d	6,42 d	0,28 e
Robusta GNI4	32,5 b	351,2 a	6,05 e	0,09 g
Robusta G30	32,5 b	97,9 e	5,21 h	0,33 d
Robusta G49	32,5 b	126,6 d	2,08 l	0,26 f
Robusta G106	32,5 b	86,8 e	7,56 c	0,37 c
Média	31,1	102,0	6,10	0,31
Conilon Pré Sul	30,0 c	68,2 f	5,94 e	0,44 b
Conilon G04	30,0 c	139,9	4,68 i	0,22 f
Conilon 6V	30,0 c	95,0 e	3,62 j	0,32 d
Conilon G7	32,5 b	134,3 c	6,47 d	0,25 f

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Clone	SS (°Brix)	AT (mL NaOH 0,1M /100 g amostra seca)	% AST	Ratio (SS/AT) (g sólidos solúveis/mL de NaOH)
Conilon 748	30,0 c	55,7 g	2,93 k	0,54 a
Conilon 24	27,5 d	72,3 f	5,57 g	0,38 c
Conilon A1	30,0 c	104,4 e	5,07 h	0,29 e
Conilon 22	32,5 b	149,7 b	3,99 j	0,22 f
Conilon 2V	30,0 c	77,6 f	6,24 d	0,39 c
Média	30,5	124,8	5,05	0,34
Coefficiente de variação	1,5%	7,3%	2,2%	6,08 %

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott knott a 5% de significância.

Quando comparadas, as variedades botânicas são encontrados maiores médias de SS (32,1°Brix) e AST (6,1 %) para os clones de Robusta.

Na ACP, as estimativas dos autovalores (variâncias), as percentagens de variância e a percentagem de variância acumulada explicadas pelos dois componentes principais e respectivas correlações (COR) das variáveis SS, AT e AST estão apresentadas na Tabela 6. A variável *Ratio* não foi utilizada por ser uma razão de duas outras.

Tabela 6. Correlações das variáveis (características físico-químicas) com a percentagem de variância explicada pelos componentes principais.

Característica físico-química	COR ⁽¹⁾	
	PC1 ⁽²⁾	PC2 ⁽³⁾
SS	0,709	-0,022
AT	0,611	-0,660
AST	0,597	0,702
Variância (%)	41,1	30,9
Variância acumulada (%)	41,1	72,0

⁽¹⁾ Correlação da variável com a percentagem de variância do componente principal.

⁽²⁾ Primeiro componente principal.

⁽³⁾ Segundo componente principal.

O teor de SS contribui mais para a variância explicada pelo Componente principal 1 (PC1). As variáveis AST e AT foram as que mais contribuíram para o PC2. Verifica-se que o teor de AST não apresenta para os cafés canéfora uma correlação com o teor de SS como verificado para os cafés arábica (Tabela 4), isso pode ser devido aos menores valores de AST, em média, apresentados por esses cafés em relação aos arábicas. Essa contribuição do teor de SS é mais pronunciada pela AT, ou seja, os ácidos presentes nos grãos, já que a COR de AT para PC1 (0,611) foi bastante próximo do COR do PC2. A percentagem de variância acumulada com os dois primeiros componentes foi de 72,0%. Logo, todas as variáveis são importantes e devem ser consideradas para analisar a variabilidade entre as variedades.

Na Figura 2, apresenta-se a dispersão gráfica das variedades com os dois primeiros componentes principais.

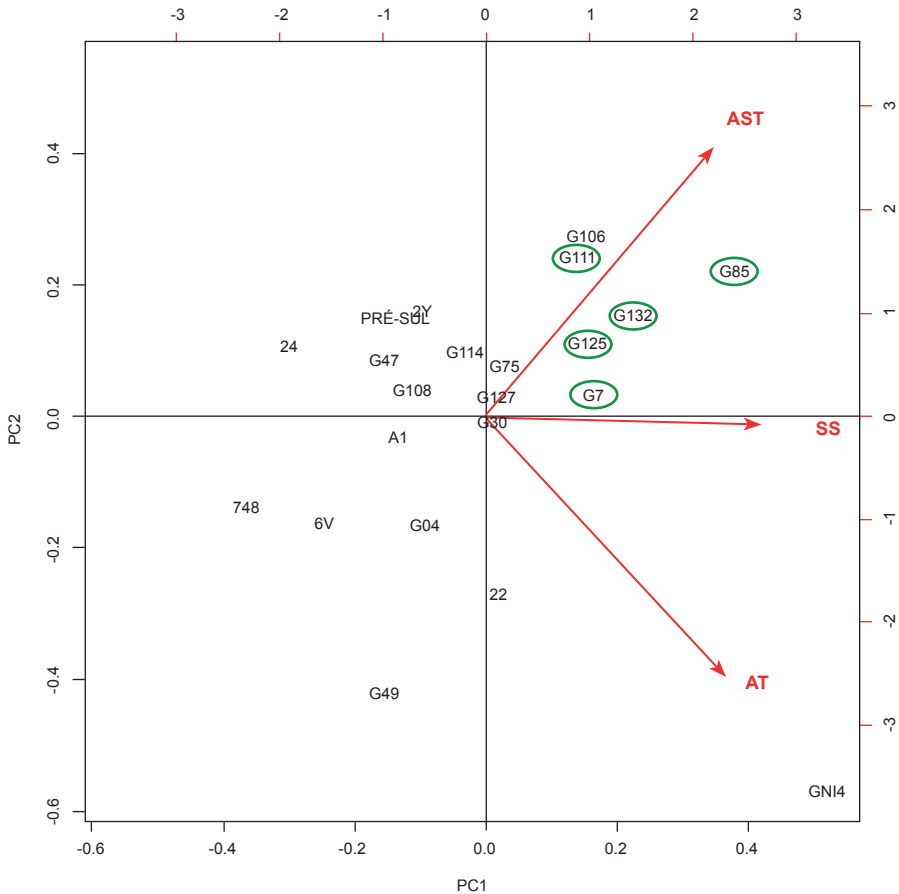


Figura 2. Dispersão gráfica das variedades canéforas com os eixos de referência primeiro (PC1) e segundo componente (PC2).

Cafés canéforas apresentam, normalmente, menores AT e AST que café arábica (Ribeiro et al., 2014). O café canéfora utilizado nos *blends* com o arábica confere mais corpo à bebida, reduz a acidez e, como consequência negativa, reduz também a doçura da bebida (Moura, 2007). Assim, cafés canéfora com maior teor de SS e maior teor de AST são promissores para os *blends* com arábica.

Destacaram-se os altos valores de AST encontrados nos clones Robusta G111, G85 e os altos valores de SS apresentados por Robusta G132, G125 e G85 (Tabela 5, Figura 2). O clone G85, além de apresentar maior teor de SS entre os canéforas estudados, apresentou o segundo maior teor de AST,

o que contribui para o seu potencial de utilização dentro do programa de melhoramento como fonte de gene, pois apresenta baixa produtividade (Tabela 2). A mesma consideração pode ser feita pra G132 e G111. Já G125 está no grupo dos mais produtivos. Dentre os Conilons, destacou-se o G7, pelos maiores teores de AST e SS, além da alta produtividade (Tabela 2). Outros dois clones que merecem destaque são G114 e A1 pelas altas produtividades (Tabela 2) e valores intermediários das características químicas (Tabela 5). Esses quatro últimos clones citados apresentaram potencial para a obtenção de cultivares canéfora únicas com características químicas diferenciadas a partir de um agrupamento de clones produtivos.

Conclusões

A caracterização química, aliada aos resultados de produtividade dos grãos, é importante como verificação e seleção para uso potencial dos acessos no programa de melhoramento.

Analisando as coleções em separado, Arábicas, Conilons e Robustas, torna-se possível realizar cruzamentos interespecíficos, visando seleção de híbridos com múltiplas características.

Referências

AGNOLETTI, B.Z. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e Conilon (*Coffea canephora*) classificados quanto à qualidade de bebida**. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito santo, Alegre, 2015.

ALCÁZAR, A.; FERNANDEZ, P. L.; MARTIN, M. J.; PABLOS, F.; GONZÁLES A.G. Ion chromatographic determination of some organic acids, chloride and phosphate in coffee and tea. **Talanta**, Sevilha, v. 61, n. 2, p. 95-101, 2003.

ALCÁZAR, A.; JURADO, J. M.; MARTÍN, M. J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A. G. Enzymatic-spectrophotometric determination of sucrose in coffee beans. **Talanta**, Sevilha, v. 67, n. 4, p.760-766, 2005.

ARRUDA, N. P.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M.; FREITAS, S. P.; COURI, S.; BIZZO; H. R. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química Nova**, v. 35, n. 10, p. 2044-2051, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists**. 12. ed. Shington, 1975. 1094p. Editado por W. Horwitz, A. Senzel, H. Reynolds, D.L. Park.

- BALZER, H. H. Acids in coffee. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. (Ed.). **Coffee** : recent developments. Oxford ; Malden, MA : Blackwell Science, 2001. (World agriculture series). p. 18-23.
- 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt. 2.
- BRIGE, F. A. A. **Variabilidade genética e caracterização química de acessos de café conilon em sistema de cultivo irrigado no Cerrado**. 2016. 118 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- BURDOCK, G. A. **Fenaroli's handbook of flavor ingredients**. Washington: CRC, 2005.
- CAMPA, C.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Qualitative relationship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, v. 93, n. 1, p. 135-139, November 2005.
- CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; BOTELHO, C. E.; OLIVEIRA, A. C. B. de; REZENDE, J. C. de; REZENDE, R. M. Desempenho agrônômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p. 481-487, 2012.
- CELESTINO, S. M. C; MALAQUIAS, J. V.; XAVIER, M. F. F. Agrupamento de acessos de café irrigado com melhores atributos para bebida. **Coffee Science**, v. 10, n. 1, p. 131-137, 2015.
- CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, 1985. Volume 1: chemistry (pp. 153–202).
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480p.
- CUNHA, R. D. C. **Identificação de compostos voláteis de café sadio e com defeitos por cromatografia gasosa e análise estatística multivariada**. 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Rio de Janeiro, 2005.
- DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C.; MOREIRA, R. S. A.; PETRACCO, M. Simultaneous determination of total chlorogenic acids, trigonelline and caffeine in green coffee samples by high performance gel filtration chromatography. **Food Chemistry**, v. 52, n. 4, p. 447-449, 1995.
- ESPÍNDULA, M. C.; BOTELHO, F. J. E.; CLEMENTE, A.C.S.; TEIXEIRA, A. L.; ALVES, G. Q. F.; OLIVEIRA, R. M. E. Quality evaluation of *coffea canephora* 'apoaatã' seeds. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 1 - 8, 2018.
- FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal Plant of Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 23-26, 2006.
- FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L.C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, n. 98, p. 373-380, 2006.
- FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

- FIGUEIREDO, L.P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipo de Bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- GAMONAL, L. E.; VALLEJOS-TORRES, G.; LÓPEZ, L. A. Sensory analysis of four variedades of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martin region - Peru. **Ciência Rural**, v. 47, n. 9, p. 1-5, 2017.
- 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, p. 3243-3258, 2006.
- GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. **ITEM, Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 65/66, p. 42-45, 2005.
- HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis**. 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.
- JANSEN, G. A. **Coffee roasting magic-art-science: physical changes and chemical reactions**. Munich: Corporate Media GmbH, 2006.
- KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; PEREIRA, L. F. P.; BENASSI, M. T. Composição química de cafés arábica de variedades tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, 2013.
- LICCIARDI, R.; PEREIRA, R.G. F.A.; MENDONÇA, L.M.V.L.; FURTADO, E.P. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de minas gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 425-429, 2005.
- LIMA, A. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; ABRAHÃO, S. A.; DUARTE, S. M. S.; PAULA, F. B. A. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante *in vitro* do café verde e torrado antes e após a descafeinação. **Química Nova**, v. 33, n.1, p. 20-24, 2009.
- LOPES, L. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH de grãos crus e torrados de sete variedades de café (*Coffea arabica* L.) e suas variações com o processo de torração. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1., 2000, Poço de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** [Viçosa]: SBICafé, Biblioteca do Café, 2000. p. 748-751. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/885>. Acesso em: 23 Jun. 2018.
- MAZZAFERA, P.; SILVAROLLA, M. B. Caffeine content variation in single green Arabica coffee seeds. **Seed Science Research**, v. 20, n. 3, 163-167, 2010.
- MOURA, S. C. S. R. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café arábica com café canephora (robusta). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007.
- 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.
- OLIVEIRA, S. D.; FRANCA, A. S.; GLÓRIA, M. B. A.; BORGES, M. L. A. The effect of roasting on the presence of bioactive amines in coffees of different qualities. **Food Chemistry**, v. 90, n. 2, p. 287– 291, 2005.
- RENDÓN, M. Y. M. **Acidez do café e a qualidade da bebida**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007

RIBEIRO, L. B. B.; MENDONÇA, L. M. V. L.; ASSIS, G.A.; MENDONÇA, J. M. A.; MALTA, M.R.; MONTANARI, F.F. Avaliação química e sensorial de blends de *Coffea canephora* e *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-186, 2014.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; SILVA, F. A. M.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R.; ARAÚJO, M. C. de; SILVA, H. C. **Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 1 folder.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. 147 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SALVA, T. J. G.; SILVAROLLA, M. B.; ZAGO, C. M. C.; BARBOZA, F. R.; COELHO, D. S. Sacarose e cafeína em grãos de café de cruzamentos entre as variedades mutante AC1 e mundo novo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais...** [Curitiba]: Consórcio Pesquisa Café, 2015. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4115/183_IX-SPCB-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 Jun. 2018.

SCHOLZ, M. B. S.; KITZBERGER, C. S. G.; DURAND, N.; CHARMETANT, P.; LEROY, T. Ácidos orgânicos e açúcares em acessos da coleção de café da etiópia do IAPAR e cultivares de café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais...** [Curitiba]: Consórcio Pesquisa Café, 2015. Disponível em <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/3524>. Acesso em: 20 Jun. 2018.

SIMULESCU, V.; ILIA, G.; MACARIE, L.; MERGHES, P. Sport and energy drinks consumption before, during and after training. **Science and Sports**, v. 34, n.1, p. 3-10, 2019.

SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

TEIXEIRA, A. L.; PRADO, P.; DIAS, K.; MALTA, M. R.; GONCALVES, F. M. A. Evaluation of the caffeine content in leaves and grains of arábica coffee accessions. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p.129-137, 2012.

TORRES, L. M. **Compostos bioativos, ácidos orgânicos, atividade antioxidante e suas correlações com a qualidade da bebida de café arábica**. 2014. 93 f. Dissertação – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A. Chlorogenic acid composition of instant coffee. **Analyst**, v. 109, p. 263-266, 1984.

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.

WALDHAUSER, S. S. M.; BAUMANN, T. W. Compartmentation of caffeine and related purine alkaloids depends exclusively on the physical chemistry of their vacuolar complex formation with chlorogenic acids. **Phytochemistry**, v. 42, n. 4, p. 985-996, 1996.

YEMN, E.W, WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL