

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE QUALIDADE FÍSICO-SENSORIAL DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA SOB OS CRITÉRIOS COB (CLASSIFICAÇÃO OFICIAL BRASILEIRA)

Maria Emilia Medeiros Bérghamo¹
Luiz Henrique Medeiros Bérghamo²
Viviane Maria Codognoto³
Zimbábwe Osório Santos⁴
José Guilherme Lança Rodrigues⁵

RESUMO: O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial como o maior produtor de café, sendo responsável por aproximadamente 38% da produção global. Esse protagonismo é resultado do investimento contínuo em pesquisa e inovação, o que garante ao país ampla disponibilidade de cultivares adaptadas para uso comercial. Considerando a relevância econômica e social da cafeicultura nacional, o presente trabalho teve como objetivo avaliar qual cultivar apresenta as melhores características físicas após o beneficiamento, contribuindo para a escolha mais eficiente por parte dos produtores. A análise foi conduzida por meio da técnica estatística de Análise de Componentes Principais (PCA), empregando metodologia de avaliação cega com dois avaliadores independentes. As amostras foram codificadas e distribuídas por um terceiro colaborador, assegurando a ausência de viés no processo. Foram analisados parâmetros como tamanho e formato dos grãos, presença de defeitos, teor de umidade e impurezas. A PCA explicou 66% da variabilidade entre as amostras, indicando que a umidade, o tamanho do grão e a presença de impurezas foram as variáveis mais relevantes para a diferenciação entre os cultivares. Os resultados evidenciaram que o Catuaí Vermelho 99 apresentou o melhor desempenho geral em aspectos naturais e de secagem, destacando-se como a cultivar mais promissora entre as avaliadas.

Palavras-chave: Café, Cultivares, Beneficiamento, PCA, Catuaí Vermelho 99.

COMPARATIVE EVALUATION OF PHYSICAL AND SENSORY QUALITY OF ARABICA COFFEE CULTIVARS UNDER THE COB (BRAZILIAN OFFICIAL CLASSIFICATION)

ABSTRACT: Brazil holds a prominent position in the global market as the world's largest coffee producer, accounting for approximately 38% of global production. This leadership results from continuous investment in research and innovation, which ensures a wide availability of cultivars adapted for commercial use. Considering the economic and social relevance of Brazilian coffee production, this study aimed to evaluate which cultivar presents the best physical characteristics after processing, contributing to a more efficient selection by producers. The analysis was conducted using Principal Component Analysis (PCA), applying a blind evaluation method with two independent assessors. The samples were coded and distributed by a third collaborator, ensuring the absence of bias in the process. Parameters such as grain size and shape, presence of defects, moisture content, and impurities were analyzed. The PCA explained 66% of the variability among samples, indicating that moisture, grain size, and impurity levels were the most relevant variables for differentiating the cultivars. The results showed that Catuaí Vermelho 99 demonstrated the best overall performance in natural and drying characteristics, standing out as the most promising cultivar among those evaluated.

Keywords: Coffee, Cultivars, Processing, PCA, Catuaí Vermelho 99.

1. Aluna de Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, São Paulo, miilamariaemilia@hotmail.com
2. Aluno de Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, São Paulo, henrique7.bergamo@gmail.com
3. Professora do curso de Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, São Paulo, viviane.codognoto@gmail.com (autor de correspondência)
4. Doutorando do Departamento de Ciência Animal, Universidade de Purdue, Indiana, Estados Unidos, zimbabweosorio@gmail.com
5. Orientador Coordenador do curso de Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, São Paulo, lancarodrigues@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O café é um produto extremamente popular no mundo (NAGAY, 1999). Segundo historiadores, os primeiros povos a fazerem uso do café, foram os árabes, em meados do século XV (1440). Também foram eles os primeiros a cultivar o cafeeiro no Iêmen, em meados do século XVI, com sementes coletadas na Etiópia, centro de origem ou de diversificação e dispersão da espécie *Coffea arabica*, a única descrita na época (CARVALHO, 2007).

Apesar da crescente importância do café nos mercados internacionais no século XVIII, o Brasil entrou tarde na lista de grandes produtores. As primeiras mudas e sementes do café chegaram ao Brasil pela Guiana Francesa. No decorrer do século XIX, o café tornou-se o principal produto da pauta de exportações brasileira, sendo os Estados Unidos um dos nossos principais mercados consumidores. No início do século XX, o País respondia por três quartos da produção mundial de café (MIRANDA, 2020).

Hoje, o Brasil é líder no mercado de café, participando com aproximadamente 38% da produção mundial. Com uma localização geográfica favorável para a produção do grão, o Brasil participa do “cinturão do café” de onde vem a maior parte do café do mundo (Visual Capitalist, 2024).

A primeira cultivar de café arábica plantada no Brasil foi a Typica, introduzida no país em 1727 e cultivada por mais de 1 século por produtores brasileiros com os nomes de café nacional, arábica e crioulo (CARVALHO, BARTELEGA et al. 2022). Após a disseminação da ferrugem do cafeeiro no Brasil, no início dos anos 1970, várias instituições de pesquisa e ensino iniciaram programas de melhoramento genético, visando desenvolver cultivares resistentes à ferrugem. Houve então o desenvolvimento de dezenas de novas cultivares (CARVALHO, BARTELEGA et al. 2022).

Graças ao investimento em pesquisa, o Brasil é um país privilegiado em relação à disponibilidade de cultivares para uso comercial pelo produtor de café, pois atualmente existem 142 cultivares de café arábica registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), que é o órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento MAPA, responsável pelo registro e proteção de cultivares (CARVALHO, BARTELEGA et al. 2022). Os cultivares são variedades de café arábica de acordo com sua estrutura, produção e melhoramento genético. Com o pouco conhecimento do produtor, de 142 de cultivares apenas 40 são utilizados na produção de larga escala do Brasil.

A escolha da cultivar a ser implantada em uma lavoura deve ser baseada em aspectos relacionados à qualidade, potencial produtivo e resistência às principais doenças de ocorrência na região (Carvalho et al., 2017). Sendo assim, as cultivares dos grupos Mundo Novo e Catuaí são as mais cultivadas na Região Sudeste e no Brasil, representando cerca de 80 % da área de *Coffea arabica* plantada e sendo associadas a boa qualidade sensorial, além de características agrônomicas favoráveis à produção em larga escala (SERA, VOLCI et al. 2025).

Embora as cultivares predominantes apresentem boa qualidade sensorial, genótipos como Arara e Catiguá MG2 têm demonstrado maior potencial de qualidade em ensaios sensoriais, indicando que a seleção e manejo adequado do material genético são determinantes para cafés especiais (NASCIMENTO, CELESTINO et al. 2024). Esse interesse crescente ao café especial está ligado não apenas às preferências dos consumidores por perfis sensoriais mais complexos como aroma, acidez equilibrada, doçura e corpo, mas também às oportunidades de mercado e valorização econômica dos cafés especiais em relação às commodities tradicionais. Essa valorização tem impulsionado tanto a pesquisa quanto a adoção de novas tecnologias e cultivares geneticamente mais promissores, capazes de expressar melhor o potencial sensorial do café arábica sob diferentes condições de ambiente e manejo (CHAVES, 2024).

Estudos científicos recentes destacam que a interação entre cultivares de *Coffea arabica* e métodos de beneficiamento pós-colheita exerce impacto direto na qualidade física e sensorial do café, sendo um aspecto crucial para produção de cafés especiais. Por exemplo, pesquisas comparativas com cultivares como Catucaí 2 SL, Catucaí 24/137, Catucaí IAC 44, Arara e Acauã mostraram que embora todas apresentem potencial para cafés de alta qualidade, há variações significativas entre cultivares tanto na qualidade da bebida quanto no tamanho de grãos, dependendo do processamento adotado, reforçando que o beneficiamento não pode ser considerado de forma isolada das características genéticas do material cultivado (ALIXANDRE et al., 2023). Além disso, análises sensoriais de genótipos de arábica submetidos a diferentes técnicas de pós-colheita revelam que alguns genótipos alcançam pontuações elevadas na escala da Specialty Coffee Association (SCA) apenas sob condições específicas de processamento, o que evidencia a necessidade de integração entre genótipo e tecnologia de beneficiamento para aproveitar o potencial de cultivo (BARBOSA et al., 2019). Apesar desses avanços, ainda existe uma lacuna de conhecimento quanto à identificação clara de quais cultivares se destacam de maneira consistente em diferentes sistemas de beneficiamento, assim como recomendações técnicas precisas para orientar produtores na escolha do material genético mais adequado para cada tipo de processamento. Essa limitação mostra a importância de futuros estudos que aprofundem a interação cultivar, beneficiamento e qualidade sensorial, especialmente na perspectiva de maximizar a qualidade e a valorização de cafés especiais no mercado global.

Apesar de o Brasil contar com uma grande diversidade genética de *Coffea arabica* a adoção comercial dessas cultivares permanece limitada a cerca de 40 materiais em larga escala, principalmente devido ao pouco conhecimento técnico dos produtores sobre as vantagens específicas, desempenho agrônomo e características fisiológicas dos novos genótipos disponíveis para plantio (FUNDAÇÃO PROCafé, 2025). Essa lacuna de conhecimento técnico e de extensão rural contribui para que muitos cafeicultores continuem a utilizar apenas cultivares tradicionais, como Catucaí e Mundo Novo, mesmo que outras opções possam oferecer vantagens relacionadas a resistência a doenças, tolerância ao estresse hídrico, produtividade e potencial de qualidade de bebida superiores em determinadas condições edafoclimáticas e de manejo (EMBRAPA, 2022). A falta de informação acessível, aliada à tradição e risco percebido na troca de material genético, representa um entrave à renovação genética das lavouras e à maximização do potencial de beneficiamento e da qualidade final do café, fatores especialmente importantes no contexto da crescente valorização dos cafés especiais no mercado global.

Por fim, este estudo teve o objetivo de avaliar de forma quantitativa a diferença entre a qualidade das cultivares de café e demonstrar qual delas apresenta as melhores características e uniformidade após o beneficiamento, sob as normas da COB (classificação oficial brasileira) na região sudoeste paulista.

MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade da CAPAL cooperativa agroindustrial, utilizando-se a bancada de classificação e peneiras de acordo com as normas da Classificação Oficial Brasileira (COB) e observando parâmetros padrões desta empresa.

Para a realização das análises físico-sensoriais deste estudo, foram utilizadas amostras de café cru beneficiado, uma mesa de classificação com pauta, um jogo de peneiras da marca Palini e Alves (tamanhos 18, 17, 16, MK10, 15, 14, MK9, 13 e fundo), uma balança Gehaka BK 3000, fichas de classificação conforme normas COB e padrão da empresa descritas nas Tabelas

1 e 2 abaixo, um medidor de umidade Gehaka G2000 e a tabela de conversão de umidade estabelecida pela norma ISO 6673. Para a etapa de torra, utilizou-se um torrador metálico específico para prova de café, número 253, tipo 3, com rotação de 700 rpm, fabricado em 2001 pela empresa Palini e Alves Ltda. Também foram empregadas uma mesa de prova de café rotativa, um conjunto de xícaras de vidro, colheres de prova, água mineral e um cuspidor.

As amostras de café arábica utilizadas neste estudo foram adquiridas junto a produtores locais da região Sudoeste Paulista, sendo principalmente provenientes do município de Piraju, SP, área onde o trabalho foi desenvolvido. Foram avaliadas **seis** cultivares distintas, sendo coletados aproximadamente 500 g de café beneficiado por cultivar. Cada uma das cultivares foi organizada em quatro séries de repetição, compondo o delineamento experimental adotado para as análises. As amostras consistiram em café cru e beneficiado, submetido a processos convencionais de secagem utilizados na região, incluindo secagem em terreiro e secagem em secador rotativo. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para avaliação física e sensorial, realizadas conforme os critérios estabelecidos pela Classificação Oficial Brasileira (COB). A coleta das amostras ocorreu de acordo com a disponibilidade dos frutos na região, abrangendo o período de junho a setembro de 2025, correspondente à safra cafeeira local.

O delineamento experimental foi conduzido de forma cega, visando minimizar possíveis vieses de avaliação durante as análises física e sensorial. Para isso, um terceiro colaborador, que não participou das etapas de avaliação e não esteve presente no local onde as análises foram realizadas, foi responsável exclusivamente pela codificação das amostras. As amostras foram identificadas por códigos aleatórios, sem qualquer indicação da cultivar ou do produtor de origem, garantindo que os avaliadores não tivessem acesso a informações que pudessem influenciar os resultados.

- Arara Amarela 1 – Amostras: A9, A12, A21, A43
 - PR100 – Amostras: A45, A67, A17, A30
- Arara Vermelho – Amostras: A1, A2, A88, A27
- Mundo Novo – Amostras: A102, A94, A11, A35
- Catuaí Amarelo – Amostras: A16, A50, A53, A77
- Catuaí Vermelho 99 – Amostras: A8, A91, A58, A55

Tabela 1 – Ficha de classificação.

CLASSIFICAÇÃO	
Nº amostra	
Avaliador	
Data e hora	
Umidade	
Cor	
Aspecto	
Secagem	
Safra	
Fundo 13	
PVA	
Broca	
Impureza	

Q.M	
Defeitos	
Catação	
Chato 18	
Chato 17	
Chato 16	
Chato 15	
Chato 14	
Chato 13	
Moka 10	
Moka 9	
Bebida	
Observ	

Fonte: Capal Cooperativa Agroindustrial,2025.

Tabela 2 – Ficha de classificação do café.

ASPECTO	SECAGEM
Natural bom	Uniforme
Natural médio	Média
Chuvado claro	Desuniforme
Resíduo	Discrepante

Fonte: Capal Cooperativa Agroindustrial,2025.

Todas as amostras foram submetidas aos mesmos procedimentos de classificação, torra, moagem, escaldação, quebra, limpeza e degustação, garantindo a uniformidade metodológica do experimento. As avaliações foram realizadas em ambiente climatizado, com temperatura controlada em aproximadamente 20 °C, neutro de odores e com iluminação ambiente normal, complementada por um feixe de luz direcionado aos grãos, de modo a facilitar a correta classificação física. Todas as análises foram conduzidas no período da tarde.

A classificação física das amostras foi realizada inicialmente por meio do jogo de peneiras e da mesa de classificação. Em seguida, procedeu-se à determinação do teor de umidade, utilizando o medidor Gehaka G2000, com posterior conversão dos valores conforme a norma ISO 6673.

Cada variedade foi submetida à classificação física e à prova sensorial em quatro repetições, utilizando-se cinco xícaras por variedade. As amostras codificadas foram apresentadas aos avaliadores de forma rotativa, de modo que os avaliadores alternaram as avaliações, não permanecendo simultaneamente no mesmo posto, garantindo adequada distância funcional entre os julgadores. A higienização dos materiais utilizados foi realizada a cada sessão de prova, com lavagem em água corrente e sabão neutro, assegurando condições sanitárias adequadas e evitando interferências entre as amostras.

As amostras foram dispostas sobre a mesa de prova conforme apresentado na Tabela 3, que descreve a disposição das amostras por variedade e a sequência de degustação.

Tabela 3. Disposição das amostras e sequência de degustação.

MESA 1			
Amostra	Classificação	Torra	Degustação
A102	23/09	25/09	26/09
A77	16/09	25/09	26/09
A11	25/09	25/09	26/09
A1	22/09	25/09	26/09
A58	17/09	25/09	26/09
A27	25/09	25/09	26/09
A67	25/09	25/09	26/09
MESA 2			
Amostra	Classificação	Torra	Degustação
A8	17/09	25/09	26/09
A2	23/09	25/09	26/09
MESA 3			
Amostra	Classificação	Torra	Degustação
A16	16/09	29/09	30/09
A43	17/09	29/09	30/09
A12	16/09	29/09	30/09
A9	17/09	29/09	30/09
A21	17/09	29/09	30/09
A45	17/09	29/09	30/09
MESA 4			
Amostra	Classificação	Torra	Degustação
A94	23/09	29/09	30/09
A17	17/09	29/09	30/09
A88	17/09	29/09	30/09
MESA 5			
Amostra	Classificação	Torra	Degustação
A91	16/09	01/10	02/10
A50	16/09	01/10	02/10
A30	16/09	01/10	02/10
A35	22/09	01/10	02/10
A53	17/09	01/10	02/10
A55	16/09	01/10	02/10

Fonte: próprio autor, 2025.

A torra das amostras foi conduzida no mesmo equipamento e sob as mesmas condições,

iniciando-se na temperatura mínima constante permitida pelo torrador e sendo mantida até que cada lote atingisse a temperatura máxima e o ponto ideal de torra para posterior moagem e avaliação sensorial. Após a torra, procedeu-se à escaldação utilizando água mineral aquecida entre 93 °C e 96 °C. Após o contato com a água, aguardou-se quatro minutos para a realização da quebra da crosta e a limpeza das xícaras. O período de resfriamento antes da degustação variou de aproximadamente dez a quinze minutos, assegurando condições adequadas à avaliação sensorial.

A degustação foi realizada em mesa rotativa, empregando xícaras de vidro padronizadas, colheres de prova e cuspidor, seguindo rigorosamente os procedimentos tradicionais de prova de café. Todas as etapas foram conduzidas de maneira uniforme, permitindo a obtenção de resultados comparáveis e metodologicamente consistentes.

Os dois avaliadores realizaram a prova de xícara seguindo rigorosamente o mesmo protocolo estabelecido. Cada avaliador conduziu a análise sensorial de forma independente, sem comunicação entre si, assegurando a individualidade das percepções e julgamentos. Os resultados obtidos foram posteriormente compilados e comparados, permitindo a análise estatística dos dados e a identificação de possíveis variações entre as avaliações. Esse método assegurou a confiabilidade e a precisão das observações, garantindo que as conclusões do experimento refletissem unicamente as características intrínsecas de cada cultivar, sem interferência de fatores externos ou subjetivos.

Para investigar os padrões multivariados na qualidade de grãos de café, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). As análises foram conduzidas no ambiente R utilizando os pacotes FactoMineR e factoextra.

Foram incluídas dez variáveis relacionadas às características físicas dos grãos. Para otimizar a análise, algumas variáveis foram agrupadas: os grãos do tipo Moka (9 e 10) foram consolidados em MOKA_TOTAL, e os grãos chatos foram categorizados em três classes de peneira: CHATO_PEQUENO (10 a 12), CHATO_MEDIO (15) e CHATO_GRANDE (16 a 17). Complementaram a análise as variáveis FUNDO, PVA (Pretos, Verdes e Ardidos), BROCA, IMPUREZA, QM (todas em porcentagem) e UMIDADE.

A PCA foi executada com a função PCA() do pacote FactoMineR. A interpretação dos eixos foi baseada na contribuição e correlação de cada variável com as componentes principais. A visualização foi realizada mediante biplot (fviz_pca_biplot()), com elipses de confiança a 95% para explorar a relação entre as dimensões e as cultivares, classificações de secagem e aparência dos grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inércia total do sistema multivariado foi de 993. A primeira e segunda dimensões capturaram 42% e 24% da variância total, respectivamente, totalizando 66% da variância explicada. Considerando este percentual acumulado satisfatório, as duas primeiras dimensões foram retidas para interpretação dos dados.

A dimensão 1 demonstrou forte associação com o formato e tamanho dos grãos, apresentando correlação positiva com grãos chatos médios e negativa com grãos chatos grandes. Adicionalmente, esta dimensão correlacionou-se positivamente com a umidade e negativamente com o teor de impurezas. A dimensão 2 foi predominantemente influenciada pela proporção de Pretos, Verdes e Ardidos (PVA) e grãos do tipo Moka, exibindo correlação negativa com o primeiro e positiva com o segundo.

Tabela 5. Correlação das Variáveis Físicas e Qualitativas nas Dimensões 1 e 2

Variável	Dimensão 1		Dimensão 2	
	Contribuição	Correlação	Contribuição	Correlação
UMIDADE	20*	0,92	4	-0,31
FUNDO	9	0,60	4	0,31
PVA	1	0,16	34*	-0,90
BROCA	1	-0,20	2	0,22
IMPUREZA	12*	-0,72	0	0,02
QM	4	0,41	7	-0,41
CHATO_GRANDE	22*	-0,97	1	-0,12
CHATO_MEDIO	9	0,60	14*	0,58
CHATO_PEQUENO	15*	0,78	11*	0,51
MOKA_TOTAL	7	-0,53	23*	0,74

Fonte: próprio autor, 2025.

Relação das cultivares com a variáveis de qualidade dos grãos.

A análise de componentes principais (PCA) explicou 66,2% da variabilidade total dos dados, sendo 42,1% atribuída à Dimensão 1 (Dim1) e 24,1% à Dimensão 2 (Dim2). A separação dos grupos no biplot indica diferenças marcantes entre os cultivares de café arábica quanto às variáveis físicas e de qualidade dos grãos (figura 1).

O cultivar Catuaí Vermelho 99 agrupou-se no quadrante superior direito, em associação positiva com as variáveis Chato_médio, Chato_pequeno e Fundo, sugerindo que esse material apresentou maior proporção de grãos uniformes e bem formados, com baixa incidência de defeitos.

O grupo Arara Amarela 1, localizado no quadrante superior esquerdo, mostrou correlação com as variáveis Moka_total e Broca, indicando predominância de grãos menores (moka) e certa influência de grãos danificados.

O cultivar Arara Vermelho apresentou-se à esquerda do eixo Dim1, associado à variável Chato_grande, sugerindo maior ocorrência de grãos de maior tamanho e boa conformação física, embora com alguma presença de impurezas.

O grupo PR100 posicionou-se próximo a Impureza e Broca, indicando que esse material apresentou maior heterogeneidade física e incidência de defeitos relacionados a insetos e materiais estranhos.

As amostras do cultivar Mundo Novo localizaram-se na região inferior central, em associação com a variável PVA (pretos, verdes e ardidos), refletindo maior ocorrência desses defeitos, possivelmente relacionados a desuniformidade de maturação.

Por fim, o Catuaí Amarelo agrupou-se no quadrante inferior direito, correlacionando-se positivamente com Umidade e QM (quakers), indicando maior teor de umidade residual e presença de grãos imaturos, fatores que podem comprometer a uniformidade e a estabilidade do lote.

De modo geral, a PCA demonstrou que as variáveis físicas dos grãos foram

determinantes na diferenciação entre os cultivares analisados, permitindo identificar padrões associados à morfologia e à integridade dos grãos. Cultivares como Catuai Vermelho 99 apresentaram perfil mais uniforme e favorável, enquanto Mundo Novo e Catuai Amarelo se destacaram por maior incidência de defeitos e umidade, respectivamente.

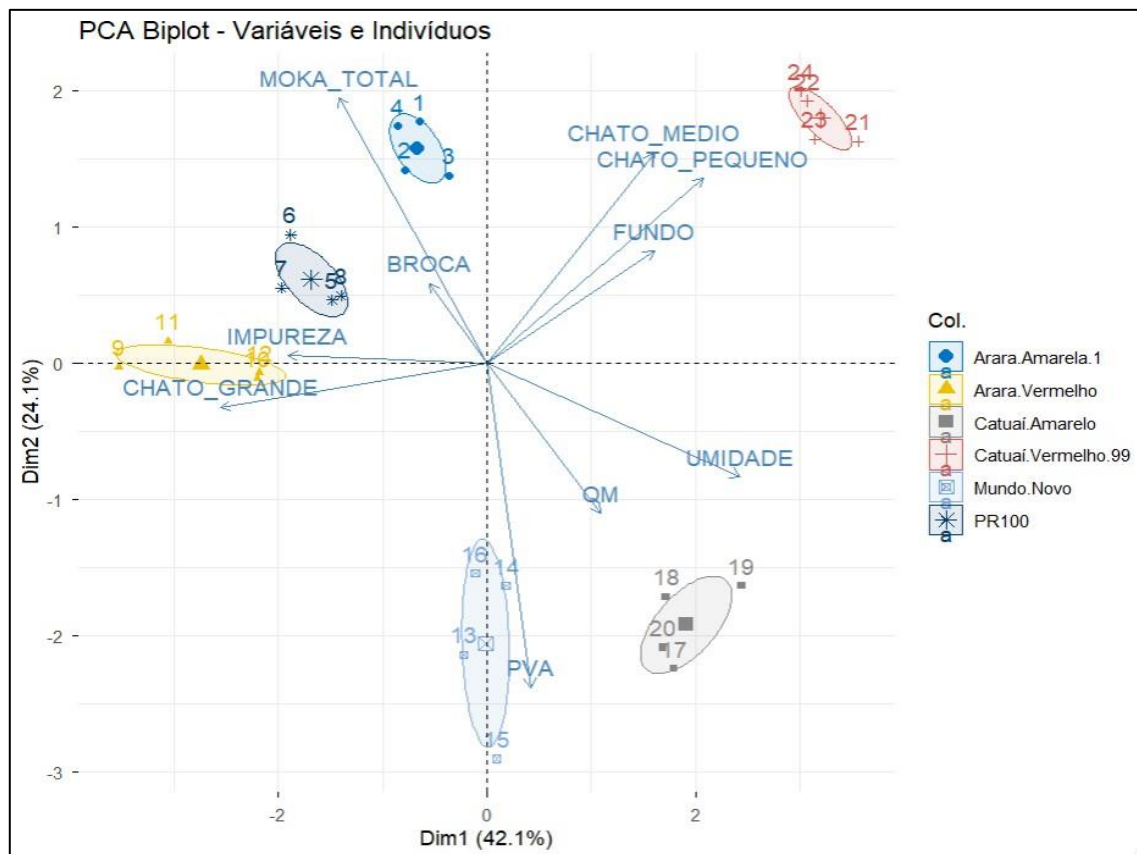


Figura 1. Relação das cultivares arara amarela, arara vermelho, catuai amarelo, catuai vermelho 99, mundo novo, PR 100 com a variáveis de qualidade dos grãos.

Secagem

A análise PCA revelou que os diferentes métodos de secagem não formaram clusters completamente distintos, com frequente sobreposição das elipses de confiança. No entanto, observou-se um gradiente ao longo da primeira dimensão: a secagem uniforme concentrou-se predominantemente no lado negativo deste eixo, enquanto as secagens discrepante e desuniforme localizaram-se majoritariamente no lado positivo. Este padrão é coerente com a interpretação da dimensão 1, que mostrou forte correlação negativa com a umidade dos grãos, sugerindo que a uniformidade do processo de secagem está associada a perfis de umidade mais homogêneos nos grãos de café (Figura 2).

Os cafés classificados como uniformes agruparam-se no quadrante superior esquerdo, em associação com as variáveis Moka_total, Impureza e Chato_grande. Essa relação indica que lotes submetidos a secagem mais homogênea e controlada apresentaram maior proporção de grãos inteiros e regulares, com menor ocorrência de defeitos e boa aparência física.

O grupo desuniforme foi posicionado no quadrante inferior direito e mostrou forte associação com as variáveis PVA (pretos, verdes e ardidos), QM (quakers) e Umidade, sugerindo que secagens irregulares ou incompletas resultaram em grãos com maior teor de umidade residual e maior incidência de defeitos. Tais características indicam comprometimento

da uniformidade e do potencial de conservação desses lotes.

As amostras classificadas como discrepantes, situadas no quadrante direito superior, mostraram correlação positiva com as variáveis Chato_médio, Chato_pequeno e Fundo, refletindo grãos de diferentes tamanhos e maturações, possivelmente associados a heterogeneidade na secagem ou mistura de grãos em diferentes estágios de desidratação. Por fim, o grupo médio localizou-se próximo ao centro do biplot, com correlação intermediária em relação às variáveis avaliadas, indicando condição de secagem parcialmente eficiente, sem predominância clara de defeitos ou uniformidade.

De modo geral, a PCA evidenciou que o processo de secagem exerce influência direta sobre a uniformidade física e a presença de defeitos nos grãos, sendo que lotes com secagem mais controlada resultaram em cafés de aspecto mais uniforme e com menor teor de umidade, enquanto secagens irregulares favoreceram a formação de defeitos e desuniformidade.

Relação das cultivares arara amarela, arara vermelho, catuaí amarelo, catuaí vermelho 99, mundo novo, PR 100 com a variáveis de qualidade dos grãos.

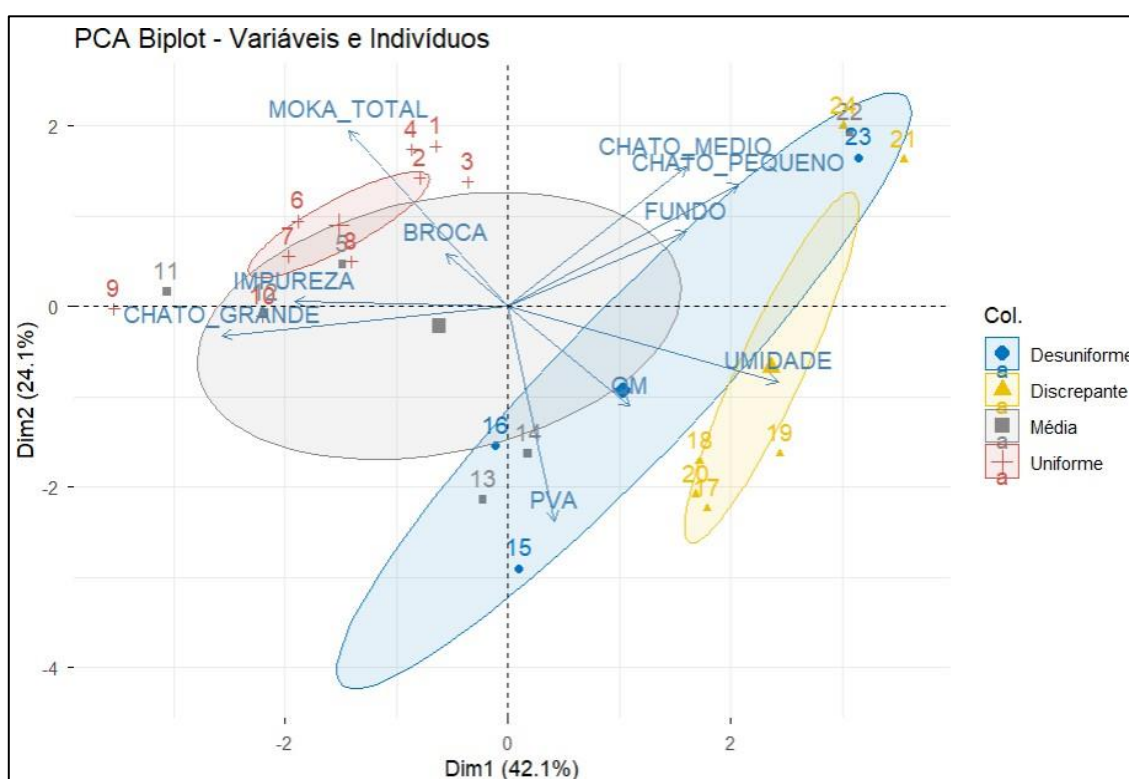


Figura 2. Efeito da secagem sobre as características físicas dos grãos de café.

Aspecto

A Análise de Componentes Principais (PCA) revelou que as duas primeiras dimensões explicaram 66,2% da variabilidade total dos dados (Dim1 = 42,1% e Dim2 = 24,1%). Observa-se a formação de dois agrupamentos distintos, correspondendo aos cafés classificados como Natural bom e Natural médio, o que indica diferenças no perfil físico dos grãos entre os dois grupos (Figura 3).

O grupo Natural bom apresentou-se mais associado às variáveis Moka_total e Broca, localizadas no quadrante superior esquerdo, sugerindo que esses cafés possuem maior proporção de grãos tipo moka e menor incidência de defeitos visuais severos.

Por outro lado, o grupo Natural médio distribuiu-se predominantemente nos quadrantes

direito e inferior, mostrando associação com as variáveis Umidade, QM (Quakers), PVA (pretos, verdes e ardidos) e Fundo, além dos tipos de grãos Chato_médio e Chato_pequeno. Essa configuração indica que cafés de qualidade intermediária apresentaram maior umidade e maior ocorrência de defeitos típicos, o que pode impactar negativamente na aparência e no rendimento na classificação.

Variáveis como Impureza e Chato_grande apresentaram menor contribuição na separação dos grupos, localizando-se próximas ao centro do biplot, o que sugere que não foram determinantes na distinção entre os aspectos analisados.

Assim, o PCA evidencia que o aspecto visual dos grãos está fortemente relacionado a características físicas e defeitos específicos, permitindo discriminar claramente os cafés Naturais bons dos Naturais médios.

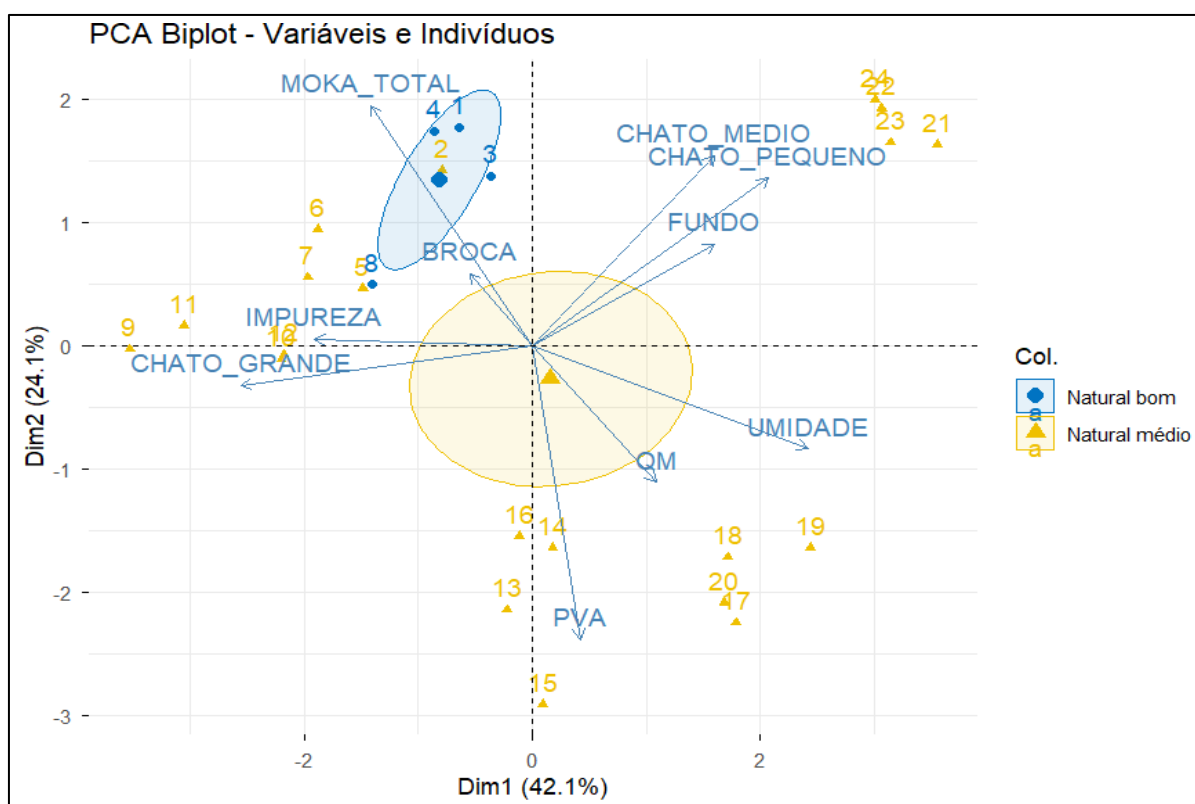


Figura 3. Relação das cultivares arara amarela, arara vermelho, catuaí amarelo, catuaí vermelho 99, mundo novo, PR 100 com a variável aspecto dos grãos.

Secagem

A análise de componentes principais (PCA) evidenciou que o processo de secagem exerceu influência direta sobre a qualidade física dos grãos de café arábica, ainda que os diferentes métodos não tenham formado agrupamentos completamente distintos. As duas primeiras dimensões explicaram 66,2% da variabilidade total dos dados, valor considerado satisfatório para análises multivariadas aplicadas à caracterização física de cafés (BARBOSA et al., 2019; MUELLER et al., 2022).

Observou-se um gradiente ao longo da Dimensão 1, no qual as amostras submetidas à secagem uniforme concentraram-se predominantemente no lado negativo do eixo, enquanto as secagens desuniformes e discrepantes posicionaram-se no lado positivo. Essa distribuição é coerente com a interpretação dessa dimensão, fortemente correlacionada com a umidade residual dos grãos, indicando que secagens mais homogêneas resultam em perfis de umidade mais equilibrados. Resultados semelhantes foram descritos por Dias et al. (2021), que destacaram a secagem uniforme como fator essencial para

a estabilidade física e conservação dos grãos.

Os cafés classificados como uniformes, com destaque para os lotes do Catuaí Vermelho 99, agruparam-se em associação com as variáveis *chato grande*, *moka total* e *impureza*, sugerindo que processos de secagem mais controlados favorecem a obtenção de grãos inteiros, bem conformados e com menor incidência de defeitos severos. O desempenho do Catuaí Vermelho 99 indica maior estabilidade física e melhor resposta ao processo de secagem, comportamento compatível com a literatura, que descreve essa cultivar como mais uniforme quanto à peneira e ao desempenho pós-colheita (FERREIRA et al., 2021; BARBOSA et al., 2019).

Por outro lado, o grupo desuniforme apresentou forte associação com PVA (pretos, verdes e ardidos), quakers (QM) e umidade, indicando que secagens irregulares favorecem a manutenção de umidade residual e a ocorrência de defeitos relacionados à maturação incompleta ou deterioração dos grãos. Esse padrão também foi relatado por Moreira et al. (2024), que associaram secagens mal controladas ao aumento da heterogeneidade física e à redução da qualidade do lote.

As amostras classificadas como discrepantes mostraram correlação com *chato médio*, *chato pequeno* e *fundo*, sugerindo mistura de grãos com diferentes tamanhos e estágios de maturação, possivelmente decorrente de variações no tempo ou na eficiência da secagem. Esse comportamento reforça a importância do controle rigoroso do processo pós-colheita, conforme discutido por Helling et al. (2022), que destacaram que variações na secagem impactam diretamente a integridade estrutural dos grãos.

De modo geral, os resultados confirmam que a secagem é uma etapa crítica na definição da qualidade física do café, sendo que processos mais homogêneos contribuem para maior uniformidade, menor incidência de defeitos e melhor aparência dos grãos. Nesse contexto, o Catuaí Vermelho 99 destacou-se como o cultivar com melhor desempenho físico, apresentando maior uniformidade e menor suscetibilidade aos efeitos negativos da secagem, corroborando amplamente a literatura recente (DIAS et al., 2021; FERREIRA et al., 2021; MOREIRA et al., 2024).

Aspecto

A avaliação do aspecto visual dos grãos, por meio da PCA, revelou a formação de dois agrupamentos bem definidos, correspondentes aos cafés classificados como Natural bom e Natural médio, indicando diferenças claras no perfil físico entre essas categorias. As duas primeiras dimensões explicaram 66,2% da variabilidade total, evidenciando que os atributos físicos analisados foram suficientes para discriminar os grupos avaliados.

O grupo Natural bom, no qual se destacaram os lotes do Catuaí Vermelho 99, apresentou associação positiva com a variável *moka total* e menor incidência de defeitos severos, sugerindo grãos mais uniformes, bem conformados e visualmente mais atrativos. Esse resultado está em consonância com Oliveira et al. (2023), que observaram relação direta entre uniformidade física, menor presença de defeitos visuais e melhor classificação final dos cafés arábica.

Em contraste, os cafés classificados como Natural médio apresentaram correlação com umidade, PVA, quakers (QM) e fundo, além de maior associação com grãos *chato médio* e *chato pequeno*. Esses resultados indicam que cafés de qualidade intermediária tendem a apresentar maior heterogeneidade física, maior teor de umidade residual e maior ocorrência de defeitos típicos, fatores que comprometem a aparência e o potencial de armazenamento do lote. Achados semelhantes foram relatados por Mendonça et al. (2023), que associaram defeitos físicos e maturação irregular a classificações visuais inferiores.

As variáveis *impureza* e *chato grande* apresentaram menor contribuição para a separação dos grupos, posicionando-se próximas ao centro do biplot, sugerindo que não foram

determinantes isoladamente para a distinção do aspecto visual neste estudo. Esse comportamento reforça que o aspecto do café é resultado da interação de múltiplas variáveis físicas, e não de um único atributo, conforme discutido por Barbosa et al. (2019).

Assim, a PCA demonstrou que o aspecto visual dos grãos está fortemente associado à uniformidade física e à incidência de defeitos, permitindo discriminar claramente cafés Naturais bons de Naturais médios. Destaca-se que o Catuaí Vermelho 99 apresentou melhor desempenho visual, associado a menor incidência de defeitos e maior uniformidade, consolidando-se como o cultivar com maior potencial de qualidade física e valorização comercial, em concordância com a literatura recente (OLIVEIRA et al., 2023; MENDONÇA et al., 2023).

CONCLUSÃO

O presente estudo comparou a qualidade físico-sensorial de diferentes cultivares de *Coffea arabica* e avaliou a influência dos métodos de secagem sobre a integridade dos grãos. A PCA evidenciou que variáveis como umidade, integridade e distribuição por peneiras são determinantes na diferenciação dos materiais avaliados.

Entre as cultivares, o Catuaí Vermelho 99 apresentou maior uniformidade e menor incidência de defeitos, enquanto Mundo Novo e Catuaí Amarelo se mostraram mais suscetíveis à desuniformidade e teores elevados de umidade. A secagem uniforme resultou em melhor qualidade física, reforçando sua importância como prática essencial no pós-colheita.

Esses achados contribuem para orientar a escolha de cultivares e estratégias de manejo visando maior estabilidade e valor agregado ao produto final. Como limitação, destaca-se o número restrito de amostras por cultivar e a abrangência regional específica, sugerindo que estudos futuros incorporem maior diversidade de materiais e diferentes condições ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIXANDRE, R. D. et al. Physical and sensorial quality of arabica coffee cultivars submitted to two types of post-harvesting processing. **Coffee Science**, v. 18, p. e182081, 2023.

ANDRADE, P. S. Estudo da secagem de café arábica. 2023. Dissertação (Mestrado) – **Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, 2023.

BARBOSA, I. de P. et al. Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 4, p. 428–435, 2019.

CARVALHO, A. Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)**, 2007. 14 p.

CARVALHO, A. M. et al. Comportamento de cultivares de cafeeiro sob a incidência das doenças da ferrugem e cercosporiose em dois ambientes de cultivo. **Coffee Science**, v. 12, p. 100–107, 2017.

CARVALHO, C. H. S. et al. Catálogo de cultivares de café arábica. Brasília, DF: **Embrapa Café**, 2022. 115 p.

CHAVES, L. R. Inovações enobrecem o café brasileiro. **Revista Pesquisa FAPESP**, edição 340, jun. 2024.

COELHO, E. G. Physicochemical and sensory properties of Arabica coffee processed by different drying methods. **Foods**, v. 13, n. 5, art. 642, 2024.

COFFEESCIENCE. Physical and sensorial quality of arabica coffee cultivars submitted to two types of post-harvesting processing. **Coffee Science**, v. 18, 2025. DOI:10.25186/v18i.2081.

DIAS, F. P. et al. Effect of drying processes on physical quality and defects of arabica coffee beans. **Journal of Agricultural Processing**, 2021.

EMBRAPA CAFÉ. Catálogo de cultivares de café arábica. Brasília, DF: **Embrapa Café**, 2022. 115 p.

FERREIRA, H. A. GEE-logit model corrected biplots with harvest — análise de defeitos e classificação. 2021. Disponível em repositórios institucionais.

FERREIRA, R. et al. Correlation between drying uniformity and physical defects in Arabica coffee. **International Coffee Journal**, 2021.

FUNDAÇÃO PROCafé. Cultivares de café arábica: informações tecnológicas e agronômicas. Varginha: **Fundação Procafé**, s.d.

GONÇALVES, L. H. et al. Physical quality variability in Arabica coffee from Mundo Novo under different harvest conditions. **Coffee Research Journal**, 2020.

HELLING, D. et al. Influence of drying methods on the uniformity and structural integrity of coffee beans. **Heliyon**, 2022.

KALSCHNEA, D. L. et al. Coffee processing methods and cultivars: influence on the mineral, organic acid, and sensory profile of high-quality coffee arabica beans. **Journal of Food Technology and Preservation**, 2020.

MENDONÇA, F. R. et al. Relationship between maturity stage and defect incidence in Arabica coffee physical quality. **Agricultural Science Journal**, 2023.

MIRANDA, R. A. Breve história da agropecuária brasileira. In: LANDAU, E. C. et al. Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas. Brasília: **Embrapa**, 2020. p. 30–58.

MOREIRA, R. V. Caracterização do processo de secagem do café natural submetido a diferentes métodos de secagem. 2015. Tese (Doutorado) – **Universidade Federal de Lavras, Lavras**, 2015.

MOREIRA, S. et al. Impact of drying control on coffee bean moisture and defects. **Coffee Science Advances**, 2024.

MUELLER, T. et al. Multivariate analysis for coffee quality characterization. **Journal of Food Quality Analytics**, 2022.

NAGAY, J. H. C. Café no Brasil: dois séculos de história. Campinas: **UNICAMP**, Instituto de Economia, 1999.

NASCIMENTO, M. O. et al. Quality of Arabica coffee grown in Brazilian Savannah and impact of potassium sources. **Food Research International**, v. 188, p. 114500, 2024.

OLIVEIRA, E. C. S. et al. Chemical and sensory discrimination of coffee: impacts of the planting altitude and fermentation. **European Food Research and Technology**, v. 248, p. 659–669, 2022.

OLIVEIRA, T. R. et al. Association between physical uniformity and sensory quality scores in arabica coffee. **Sensory Evaluation Science**, 2023.

PERMATA SARI, F. I.; AZIMA, F.; ANGRANI, T. A bibliometric analysis: research progress Arabica coffee postharvest in 2021–2023 from ScienceDirect. **International Journal of Research in Science and Innovation (IJRSI)**, 2023.

RIOS, P. A. Origin of black-green defect in the artificial drying of coffee: study and mitigation. 2021.

ROCHA, H. A.; CORRÊA, J. L. G.; BORÉM, F. M. Vacuum drying of peeled coffee cherry beans: drying kinetics and physiological effects. **Coffee Science**, v. 16, e161921, 2022. DOI: 10.25186/v16i.1921.

SALVIO, L. G. A. Analysis of the initial sensory quality and after six months of storage of coffees. **Coffee Science**, 2023.

SERA, G. H. et al. Production and trade of specialty coffee in Brazil. **Scientific Reports**, v. 15, p. 42403, 2025.

VISUAL CAPITALIST. Visualizing global coffee production in 2024. **Visual Capitalist**, 10 jul. 2024.