

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ATRIBUTOS AGRONÔMICOS, ADAPTABILIDADE,
ESTABILIDADE E REPETIBILIDADE DE CULTIVARES DE
CAFÉ ARÁBICA EM REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE**

Neuza Helena Carvalho de Oliveira

Engenheira Agrônoma

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ATRIBUTOS AGRONÔMICOS, ADAPTABILIDADE,
ESTABILIDADE E REPETIBILIDADE DE CULTIVARES DE
CAFÉ ARÁBICA EM REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE**

Neuza Helena Carvalho de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Doutora em Agronomia
(Produção Vegetal)**

2025

O48a

Oliveira, Neuza Helena Carvalho de

Atributos agronômicos, adaptabilidade, estabilidade e repetibilidade
de cultivares de café arábica em região de baixa altitude / Neuza
Helena Carvalho de Oliveira. -- , 2025

125 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal,

Orientador: Leandro Borges Lemos

Coorientador: Rinaldo Cesar de Paula

1. Agricultura. 2. Café. 3. Cultivares. 4. Melhoramento genético. I.
Título.

Impacto potencial desta pesquisa

A identificação de cultivares de café arábica que possuem bom desempenho produtivo e adaptabilidade aos climas mais quentes contribui para uma cafeicultura mais sustentável e adaptada ao contexto das mudanças climáticas, além de trazer alternativas para o cultivo em regiões não tradicionais, com informações que serão cruciais na tomada de decisão do produtor. Dessa maneira, esse trabalho alinha-se com os objetivos do desenvolvimento sustentável, especialmente os ODS-2: Fome zero e agricultura sustentável e ODS-13: Ação contra a mudança global do clima.

Potential impact of this research

The identification of Arabica coffee cultivars that have good productive performance and adaptability to warmer climates contributes to more sustainable coffee farming adapted to the context of climate change, in addition to providing alternatives for cultivation in non-traditional regions, with information that will be crucial in the producer's decision-making. In this way, this work aligns with the sustainable development goals, especially SDG-2: Zero Hunger and Sustainable Agriculture and SDG-13: Action against global climate change.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ATRIBUTOS AGRONÔMICOS, ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E REPETIBILIDADE DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA EM REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE

AUTORA: NEUZA HELENA CARVALHO DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

COORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **LEANDRO BORGES LEMOS**
Data: 05/03/2025 09:50:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Virtual)
Departamento de Producao Vegetal / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **JULIO CESAR MISTRO**
Data: 26/02/2025 10:36:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. JULIO CESAR MISTRO (Participação Virtual)
Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) / Campinas/SP

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON PRATES COELHO**
Data: 24/02/2025 11:40:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ANDERSON PRATES COELHO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **ALEX MENDONCA DE CARVALHO**
Data: 24/02/2025 14:12:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ALEX MENDONÇA DE CARVALHO (Participação Virtual)
Coordenadoria do Curso de Engenharia Agrônômica / FCAVR UNESP Registro

Prof.Dr. VINICIUS AUGUSTO FILLA (Participação Virtual)
Faculdades Associadas de Uberaba (FAZU) / Uberaba/MG

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2025

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

NEUZA HELENA CARVALHO DE OLIVEIRA – nascida em 16 de novembro de 1993, em Rio Real - BA, é Engenheira Agrônoma formada em junho de 2018 pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Cruz das Almas, Bahia. É pós-graduada em Agronegócios (julho/2020), no curso de MBA em Agronegócios, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. Na graduação, atuou na iniciação científica como bolsista CNPq por dois anos, nos projetos de pesquisa “Melhoramento genético da bananeira via indução de poliploides” e “Mutagênese em suspensões celulares de bananeira para obtenção de resistência ao mal-do-Panamá”, desenvolvendo esses trabalhos na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial – PET Agronomia UFRB, onde desenvolveu trabalhos com ênfase em ensino, pesquisa e extensão. Também na graduação, foi Diretora Presidente da Empresa Júnior de Agronomia – Cultivar Jr. Em 2018, após formada, foi professora de nível II, ensino médio/técnico, do Curso Técnico em Florestas na Casa Familiar Agroflorestal do Baixo Sul da Bahia, instituição que faz parte do PDCIS (Programa de Desenvolvimento e Crescimento Integrado com Sustentabilidade) e é escola associada da UNESCO. Em março de 2019 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com defesa realizada em fevereiro de 2021. Em março de 2021 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP/FCAV sob orientação do Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, onde desenvolveu a presente tese.

EPÍGRAFE

“O que eu faço é uma gota no meio do oceano.
Mas sem ela, o oceano será menor.”

Madre Teresa de Calcutá

DEDICO

Ao meu filho, Arthur Miguel Carvalho Cazuza;

Ao meu esposo, Ancelmo Cazuza Neto;

À minha mãe, Pedrina da Silva Carvalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as bênçãos e graças concedidas em minha vida, e a Nossa Senhora, pela proteção de mãe e intercessão em meu favor.

À minha mãe, Pedrina, por tudo que sempre fez por mim, pelo apoio constante em todas as áreas da minha vida e em especial, por sempre me incentivar e apoiar nos estudos. Ao meu pai, Geraldo, por todo amor e carinho e ao meu padrasto, Alcides, pelo apoio e carinho incondicional.

Ao meu companheiro de vida, Ancelmo Cazuzza, por ser meu porto seguro em todos os momentos, pelo apoio em minhas escolhas e por me incentivar a ser cada vez melhor.

Ao meu filho, Arthur Miguel, por ser a maior bênção recebida dos céus e minha motivação diária, e por me ensinar a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Ao meu orientador, Leandro Borges Lemos, por todo ensinamento dirigido a mim, pelo apoio, pela preocupação em diversos momentos e por ser um grande ser humano, que nos enxerga não só como alunos, mas como pessoas e amigos. Gratidão, professor, por TUDO.

Ao meu coorientador, Rinaldo, pelos ensinamentos e ideias que foram importantes para a realização das análises nesse trabalho.

Aos meus amigos, por todas as palavras de força e carinho nos momentos difíceis, pelo incentivo diário através de palavras de amor e motivação, em especial: Paula Leite, Ananda Nere, Jamily Almeida, Rene Viana, Júlia Leite, Léo Antunes, Illy Oliveira e Thainá Figueiredo.

Aos colegas da pós-graduação da Unesp/FCAV, pelo companheirismo e amizade durante a estadia em Jaboticabal.

Ao Professor Anderson Prates, por toda colaboração nas fases desse trabalho e pela amizade na pós-graduação.

Aos membros do grupo SAGRIS (Sustentabilidade em Sistemas de Produção), pelo apoio na realização desse trabalho, em especial ao colega Vinícius Filla pelas etapas realizadas anteriormente no experimento de café, o que me permitiu realizar esse trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal e da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão) pelo auxílio na execução desse trabalho.

Por fim, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, lugar especial onde passei momentos importantes da vida, fiz amizades e construí conhecimentos essenciais para a minha vida profissional e pessoal. Um especial agradecimento!

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO	1
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	3
1.1 Introdução.....	3
1.2 Revisão de literatura.....	6
1.2.1 Importância econômica e social da cafeicultura	6
1.2.2 Botânica e fenologia do café arábica.....	7
1.2.3 Caracterização agroclimática do município de Jaboticabal e seu potencial para cultivo de café arábica	10
1.2.4 Cultivares de café arábica	12
1.2.5 Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de café arábica	15
1.2.6 Repetibilidade de colheitas.....	19
1.3 Referências	20
CAPÍTULO 2 – Desempenho agrônomo de cultivares de café arábica de porte baixo em região de baixa altitude.....	28
RESUMO.....	28
2.1 Introdução.....	29
2.2 Material e métodos	30
2.2.1 Descrição da área experimental e caracterização climatológica	30
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	33
2.2.3 Variáveis analisadas.....	36
2.2.4 Análises dos dados.....	37
2.2.4.1 Análise univariada	37
2.2.4.2 Análise multivariada	37
2.3 Resultados e discussão.....	38
2.5 Referências	55

CAPÍTULO 3 – Adaptabilidade e estabilidade fenotípica das cultivares de café arábica para a produtividade em região de baixa altitude	61
RESUMO.....	61
3.1 Introdução.....	62
3.2 Material e métodos	64
3.2.1 Descrição da área experimental e caracterização climatológica	64
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	66
3.2.3 Análise da produtividade	69
3.2.4 Análises dos dados.....	70
3.2.4.1 Análise univariada	70
3.2.5 Metodologia de seleção de adaptabilidade e estabilidade	70
3.3 Resultados e Discussão	71
3.4 Conclusões.....	80
3.5 Referências	80
CAPÍTULO 4 – Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres agronômicos e qualitativos de cultivares de café arábica em região de baixa altitude	84
RESUMO.....	84
4.1 Introdução.....	85
4.2 Material e métodos	87
4.2.1 Descrição da área experimental e caracterização climatológica	87
4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	89
4.2.3 Variáveis analisadas.....	92
4.2.4 Análises dos dados.....	93
4.2.4.1 Análise univariada	93
4.2.4.2 Estimação do coeficiente de repetibilidade	94
4.3 Resultados e Discussão	95

4.4 Conclusões.....	99
4.5 Referências	99
Capítulo 5 - Considerações finais	103
APÊNDICE.....	106

ATRIBUTOS AGRONÔMICOS, ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E REPETIBILIDADE DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA EM REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE

RESUMO - O cafeeiro arábica é uma cultura de grande importância para o agronegócio brasileiro, sendo cultivado principalmente em regiões de elevada altitude e clima ameno, que favorecem alta produtividade e qualidade. Em áreas de baixa altitude e temperaturas elevadas, o cultivo de café é uma alternativa econômica, mas há falta de informações sobre o desempenho das diversas cultivares nessas condições. O estudo busca identificar cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desempenho em baixa altitude, avaliar a adaptabilidade e estabilidade dessas cultivares quanto à produtividade, além de determinar o número de medições necessárias para as características agronômicas e qualitativas avaliadas. A pesquisa foi conduzida em Jaboticabal, São Paulo, Brasil, a 565 metros de altitude, utilizando um experimento em blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas subdivididas ao longo do tempo. Foram avaliadas 17 cultivares de café arábica de porte baixo (baixo (IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã Amarelo IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Tupi IAC 125, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR99, IPR100, IPR103, Sabiá Tardio) em seis safras (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2019/2020 e 2020/2021). Foram analisadas características como maturação, rendimento de peneira, rendimento de benefício, massa de cem grãos, produtividade e defeitos. Utilizou-se análises estatísticas univariadas e multivariadas e foram aplicados quatro métodos de adaptabilidade e estabilidade. Além disso, foi calculado o coeficiente de repetibilidade para diferentes características, determinando quantas medições seriam necessárias para alcançar níveis de confiança de 80, 90 e 95% nos resultados. É possível obter elevadas produtividades (de 40 a 50 sacas ha^{-1}) de grãos de café em região de baixa altitude e de temperaturas mais elevadas, nas condições experimentais. As cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99 se destacaram quanto à produtividade de grãos, atingindo em média 50 sacas ha^{-1} . A classificação das cultivares de café arábica variou conforme o método utilizado para avaliar adaptabilidade e estabilidade da produção, destacando-se a cultivar Tupi IAC 1669-20, que foi classificada como adaptada tanto para ambientes favoráveis quanto desfavoráveis. Além disso, essa cultivar foi a mais produtiva entre todas as avaliadas. O número de medições necessárias para alcançar 80% de previsibilidade, para todos os caracteres avaliados, ficou entre 3 e 6, a partir do valor da matriz de covariância. Os resultados das estimativas de repetibilidade indicam que alguns caracteres exigem maior número de avaliações para garantir confiabilidade nas estimativas, enquanto outros mostram consistência satisfatória em suas medições. Para a produtividade de grãos, o método de covariância estimou que seis medições seriam necessárias para se obter confiabilidade de 80%.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., déficit hídrico, interação genótipo x ambiente, safras, temperaturas elevadas.

AGRONOMIC ATTRIBUTES, ADAPTABILITY, STABILITY AND REPEATABILITY OF ARABICA COFFEE CULTIVARS IN A LOW ALTITUDE REGION

ABSTRACT - The arabica coffee plant is a crop of great importance to Brazilian agribusiness, mainly cultivated in regions of high altitude and mild climate, which favor high productivity and quality. In low-altitude areas with high temperatures, coffee cultivation is an economic alternative, but there is a lack of information on the performance of different cultivars under these conditions. This study aims to identify low-growing arabica coffee cultivars with better performance at low altitudes, assess their adaptability and stability in terms of productivity, and determine the number of measurements needed for the evaluated agronomic and qualitative traits. The research was conducted in Jaboticabal, São Paulo, Brazil, at an altitude of 565 meters, using a randomized block design experiment with four replications and split plots over time. Seventeen low-growing arabica coffee cultivars (IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã Amarelo IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Tupi IAC 125, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR99, IPR100, IPR103, and Sabiá Tardio) were evaluated over six harvests (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2019/2020, and 2020/2021). Traits such as maturation, screen yield, processing yield, hundred-grain weight, productivity, and defects were analyzed. Univariate and multivariate statistical analyses were applied, along with four methods for evaluating adaptability and stability. Additionally, the repeatability coefficient was calculated for different traits to determine the number of measurements required to achieve confidence levels of 80%, 90%, and 95% in the results. Under the experimental conditions, high productivity levels (40 to 50 bags per hectare) were achieved in low-altitude regions with higher temperatures. The cultivars Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, and Catuaí Vermelho IAC 99 stood out in terms of grain productivity, averaging 50 bags per hectare. The classification of arabica coffee cultivars varied depending on the method used to assess adaptability and production stability. The cultivar Tupi IAC 1669-20 was classified as adapted to both favorable and unfavorable environments and was also the most productive among all evaluated. The number of measurements required to achieve 80% predictability for all evaluated traits ranged from 3 to 6, based on the covariance matrix value. The repeatability estimates indicate that some traits require a higher number of evaluations to ensure reliability, while others show satisfactory consistency in their measurements. For grain productivity, the covariance method estimated that six measurements would be necessary to achieve 80% reliability.

Keywords: *Coffea arabica* L., elevated temperatures, genotype x environment interaction, harvests, water deficit.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café arábica (*Coffea arabica* L.), com 70% das áreas de cultivo concentradas no estado de Minas Gerais (Conab, 2024). Em regiões de baixa altitude, há pouca exploração dessa cultura devido a sua melhor adaptação em regiões mais elevadas, a exemplo da Alta Mogiana Paulista (SP) e Minas Gerais.

No cultivo do café, os ganhos em produtividade, a fim de atender à crescente demanda interna e externa, e a obtenção de grãos com elevada qualidade são os dois objetivos principais. Ambos os fatores mencionados são influenciados pelo fator genético e pelo ambiente, a exemplo da temperatura do ar e precipitação, que estão intimamente relacionados com a altitude (Rolim et al., 2020). A ação conjunta das baixas altitudes e elevadas temperaturas influenciam significativamente o ciclo da cultura e a qualidade da bebida (Oliveira Aparecido et al., 2018; Rolim et al., 2020). Baixas altitudes, associadas com temperaturas mais elevadas, podem acelerar o ciclo da cultura, resultando em floração, frutificação e maturação mais rápidas e, conseqüentemente, redução na qualidade da bebida, pois pode haver limitação na acumulação de açúcares. Por outro lado, elevadas temperaturas influenciam na fisiologia da planta, podendo causar estresses, afetar o metabolismo e contribuir para uma maior incidência de pragas e doenças. (Carvalho et al., 2021; Martins et al., 2020).

Para o cultivo do café arábica, o ambiente ideal é caracterizado por temperaturas amenas, sendo 18 a 22 °C considerada a faixa ideal, e altitudes acima de 1.000 m (Alves, 2024). Contudo, devido ao aumento da demanda mundial por café, o cultivo dessa espécie pode migrar para regiões menos aptas, consideradas marginais, com elevadas temperaturas e baixas altitudes, visando atender o mercado.

Em regiões marginais, as limitações principais são temperaturas mais elevadas e déficits hídricos. Porém, essas dificuldades não impossibilitam a produção sustentável de café, pois há viabilidade do cultivo e obtenção de elevadas produtividades através do plantio de cultivares que apresentam maior adaptação a essas regiões (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022a). A variável climática é

considerada a mais influente na produção de café, entretanto, o uso de novas tecnologias pelos produtores são um fator preponderante no aumento da produtividade (Ferreira et al., 2019). Existem diversas alternativas que podem ser utilizadas para mitigar o impacto provocado em regiões com menor aptidão, como o cultivo de café sombreado, adensamento de plantas, uso de irrigação, uso de cobertura morta e plantio de cultivares mais tolerantes ao calor (WeldeMichael e Teferi, 2020).

No Brasil, há atualmente 124 cultivares de café arábica registradas (Brasil, 2025), porém, há carência de informações sobre o comportamento agrônômico e a adaptabilidade e estabilidade de produção desses materiais genéticos em regiões de baixa altitude. As análises de estabilidade e adaptabilidade permitem a identificação de cultivares com o comportamento previsível, e que respondem a variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz e Regazzi, 2014). Dentre os diversos métodos que podem ser utilizados para quantificação da adaptabilidade e estabilidade produtiva, destacam-se os baseados em regressão linear (Eberhart e Russel, 1966), em estatísticas não-paramétricas (Lin e Binns, 1988 e Annicchiarico, 1992), e mais recentemente, em modelos mistos, pela média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (Resende, 2007).

Aliado aos estudos de adaptabilidade e estabilidade, a determinação da repetibilidade de determinada característica se constitui em uma ferramenta crucial na fase de avaliação e seleção, permitindo maior eficiência. A análise da repetibilidade de características fenotípicas constitui uma etapa fundamental em programas de melhoramento genético, uma vez que possibilita a identificação de fenótipos estáveis e confiáveis. Essa abordagem proporciona maior eficiência nos processos seletivos ao reduzir a necessidade de avaliações repetidas, otimizando recursos e tempo. Estudos demonstram que a determinação precisa da repetibilidade permite estimar com maior acurácia o valor genético dos indivíduos, direcionando estratégias de seleção mais eficazes (Cruz et al., 2018; Resende et al., 2020). Dessa forma, a quantificação desse parâmetro representa uma ferramenta estatística valiosa para aumentar a confiabilidade na seleção de genótipos superiores.

Diante do exposto, as hipóteses deste estudo são: I) Cultivares de café arábica apresentam diferentes respostas agronômicas quanto à produção e a qualidade dos grãos em região de baixa altitude; II) Diferentes métodos de estudo de adaptabilidade e estabilidade convergem para uma identificação semelhante das cultivares de café arábica mais adaptadas e mais estáveis para região de baixa altitude; III) O número de medições necessárias para uma identificação confiável das cultivares de café arábica mais adequadas para região de baixa altitude é variável conforme o caráter agronômico ou qualitativo considerado.

Assim, os objetivos desse trabalho são: I) Identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desempenho agronômico e qualitativo em região de baixa altitude; II) Avaliar as cultivares em relação à adaptabilidade e estabilidade fenotípicas, utilizando diferentes métodos; III) Estimar o coeficiente de repetibilidade, determinar a previsibilidade e o número de medições necessárias para as características agronômicas e qualitativas de cultivares de café arábica.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Importância econômica e social da cafeicultura

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. As duas principais espécies de café de interesse econômico são o *Coffea arabica* e o *Coffea canephora*, as quais correspondem por cerca de 60% e 40% da produção mundial. No Brasil, a principal espécie plantada é o *C. arabica*, principalmente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná. O *C. canephora* apresenta área de plantio mais restrita no país, com destaque para o Espírito Santo, Rondônia e Sul da Bahia (Resende et al., 2024).

O Brasil ocupa a posição de destaque como o maior produtor e exportador mundial de café, liderando o mercado, seguido pelo Vietnã, Camboja e Indonésia. A produção global de café atinge um total de 167,2 milhões de sacas, com aproximadamente 57% dessa produção concentrada nas Américas, de acordo com dados da OIC (2023). Em 2024, a área total de cultivo destinada à cafeicultura no Brasil foi de 2,25 milhões de hectares, com 1,51 milhão de hectares dedicados à produção de café arábica (Conab, 2025).

Minas Gerais lidera como o estado brasileiro de maior produção de café arábica, abrangendo uma área de 1,69 milhão de hectares, o que representa cerca de 75% da área destinada à cafeicultura. Em seguida, São Paulo ocupa o segundo lugar, com uma área plantada de aproximadamente 186 mil hectares, equivalente a cerca de 12% da área total destinada à cafeicultura no país. Na safra 2024, a produção brasileira de café, segundo a Conab, foi de 54,2 milhões de sacas beneficiadas. O café arábica representa cerca de 73% da produção total de café no Brasil, com produção de 39,6 milhões de sacas em 2024 (Conab, 2025).

A produtividade média de café arábica no Brasil é de 26,2 sacas por hectare, sendo que as regiões mais produtivas são o cerrado da Bahia, com 43,0 sacas por hectare, e o estado de Goiás com 42,8 sacas por hectare. Esses altos índices de produtividade se devem ao nível avançado de tecnificação e práticas de manejo. O principal estado produtor, Minas Gerais, apresenta uma

produtividade média próxima à média nacional, com 25,4 sacas por hectare, enquanto São Paulo possui uma média de 29,2 sacas por hectare (Conab, 2025).

A cadeia produtiva do café no Brasil gera mais de 8 milhões de empregos, e o faturamento bruto das lavouras alcançou R\$ 55,9 bilhões em 2022 (Embrapa, 2023). O Brasil é o segundo maior consumidor de café do mundo (consumo de 21,67 milhões de sacas de 60 kg), ficando atrás apenas dos Estados Unidos, com uma diferença de 4,5 milhões de sacas. O consumo interno per capita de café cru e torrado pelos brasileiros é de 6,06 kg e 4,84 kg por ano, respectivamente. Nesse sentido, o Brasil ocupa a 14^a posição no ranking dos maiores consumidores per capita de café do mundo.

Estima-se que as vendas no setor atingiram a marca de R\$ 15,2 bilhões, segundo dados da Abic (2022). O consumo de café tem crescido e um dos motivos é sua associação à imagem de alimento funcional, por trazer benefícios para a saúde. O grão de café possui diversos componentes bioativos, como compostos fenólicos, alcaloides e diterpenos (Melo Pereira et al., 2020).

1.2.2 Botânica e fenologia do café arábica

O café arábica (*Coffea arabica* L.) é uma planta originária do continente africano, mais especificamente do sudeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, locais esses com altitudes que variam de 1.000 a 2.000 metros (Carvalho, 2008). É uma planta alotetraploide ($2n = 4x = 44$ cromossomos), com predominância de autofecundação, ocorrendo apenas 10% de fecundação cruzada (Mônaco e Carvalho, 1964). Pertence à divisão das Fanerógamas, classe das Angiospermas e subclasse Eudicotiledônea, ordem *Rubiales*, família *Rubiaceae*, tribo *Coffeae*, subtribo *Coffeinae* e gênero *Coffea* (Carvalho et al., 2010).

A planta de café arábica possui o sistema radicular composto por uma raiz pivotante, algumas axiais e muitas laterais. O maior desenvolvimento se dá na projeção da copa e mais da metade das raízes ficam concentradas nos primeiros 50 cm de solo (Sakiyama, 2015). O cafeeiro apresenta dois tipos de ramos: o

ortotrópico (vertical) e o plagiotrópico (lateral) (Figura 1). O ramo ortotrópico possui dois tipos de gemas: a gema cabeça de série e as seriadas, que originam os ramos ortotrópicos e os plagiotrópicos, respectivamente (Rena e Maestri, 1987).

A faixa de temperatura considerada ótima para o desenvolvimento da cultura é entre 18 e 21 °C, com pouca tolerância a grandes variações térmicas. Temperaturas médias abaixo de 16 °C e acima de 24 °C não são consideradas adequadas. Quanto à precipitação, a faixa considerada ótima está entre 1200 e 1800 mm, podendo tolerar déficits hídricos de até 150 mm, principalmente quando não se estende à fase de floração (Rena e Maestri, 1987).

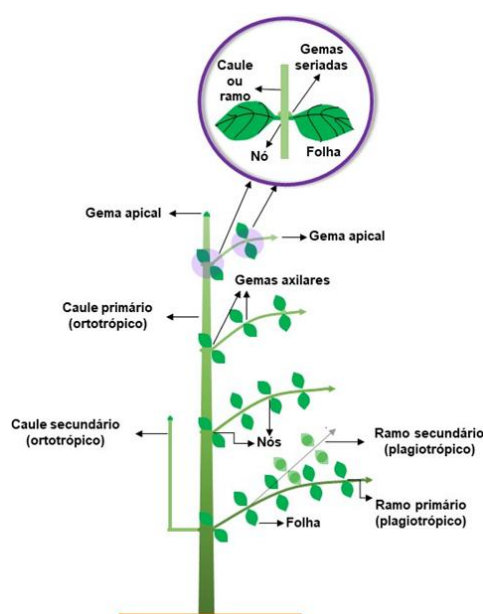


Figura 1. Esquema representativo da planta de café, demonstrando o ramo ortotrópico, os ramos plagiotrópicos, as gemas e os nós. Fonte: Filla (2023).

A fenologia da cultura é influenciada por fatores classificados como internos, a exemplo do genótipo, e externos, como o ambiente. Dentre os fatores ambientais, os que mais influenciam a planta de café são a temperatura do ar, o fotoperíodo e a precipitação (Botelho et al., 2008). Na determinação da vocação agrícola de determinada região para a cafeicultura, o clima é o fator com maior preponderância (Ortolani e Camargo, 1987).

O ciclo fenológico do café leva dois anos para ser completado, diferentemente da maioria das plantas cultivadas. Segundo Camargo e Camargo

(2001), a planta possui seis fases em seu ciclo fenológico (Figura 2). A primeira fase é o crescimento vegetativo, no primeiro ano da cultura, a partir do mês de setembro, com formação dos ramos e gemas vegetativos. Nessa fase, a ocorrência de restrições hídricas leva à redução do crescimento dos ramos e número de nós produtivos (DaMatta et al., 2007). A partir de janeiro, com a diminuição do fotoperíodo, as gemas vegetativas são induzidas à reprodutivas (segunda fase), processo que é intensificado após o equinócio de março. Após a maturação dessas gemas, que ocorre entre julho e agosto, elas entram em dormência. Nesse período de dormência, certo grau de restrição hídrica é benéfico, pois promove uma florada mais uniforme, uma vez que o déficit hídrico no pré-florescimento está relacionado com a porcentagem de florescimento (Ronchi e Miranda, 2020). A abertura das flores ocorrerá quando houver aumento do potencial hídrico nas gemas, por chuva, irrigação ou aumento da umidade relativa do ar (Rena e Maestri, 1987).

No segundo ano fenológico inicia-se o período reprodutivo (Figura 2), com a antese, seguida da formação dos chumbinhos e expansão dos frutos (terceira fase). Durante a antese, a ocorrência de déficits hídricos é prejudicial, e quando associado a elevadas temperaturas, leva ao abortamento das flores. Isso porque esses dois fatores afetam a fertilização do ovário, reduzindo o potencial produtivo (Carvalho et al., 2011). O crescimento dos frutos também é afetado pelo déficit hídrico, levando à produção de grãos de menor peneira. A quarta e a quinta fase compreendem a granação e a maturação dos frutos, esta última ocorre nos meses de abril a maio. Nesse período, déficits hídricos moderados podem proporcionar melhor potencial de qualidade de bebida. A sexta e última fase é a senescência dos ramos terciários e quaternários, chamada de “autopoda” (Camargo e Camargo, 2001).

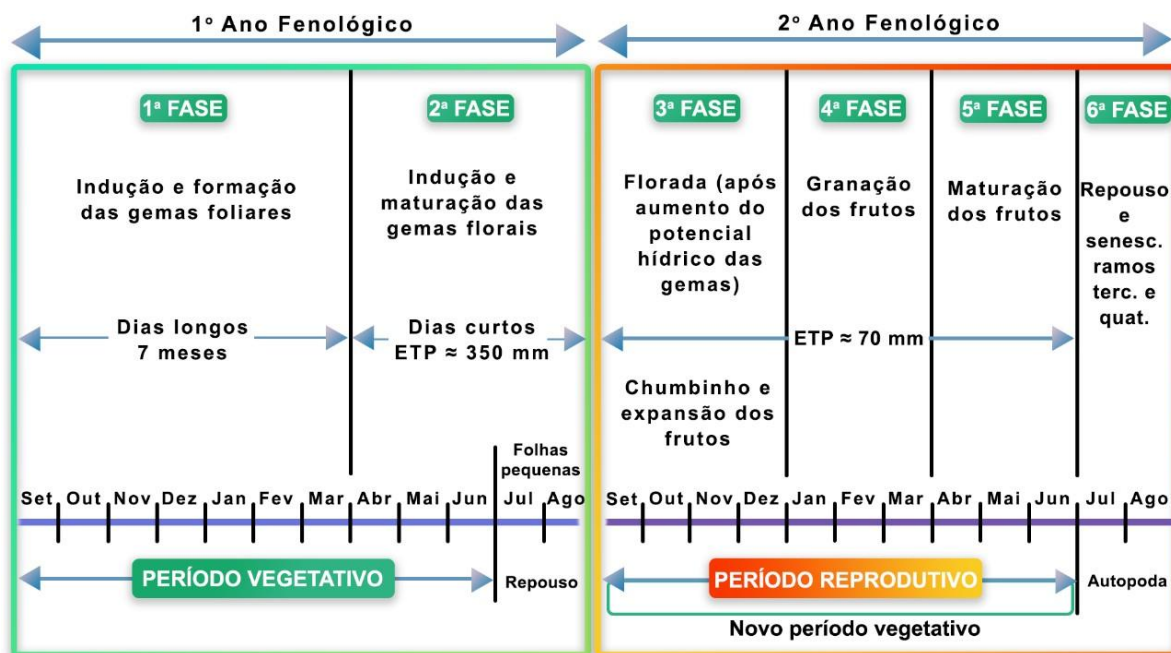


Figura 2. Representação dos estádios fenológicos do café arábica. Fonte: Filla (2023).

De um modo geral, locais com temperaturas mais amenas favorecem uma duração maior do ciclo do cafeeiro, enquanto temperaturas elevadas reduzem o ciclo. No estado de São Paulo, a região da Alta Mogiana, Avaré e Botucatu possuem essa característica. Na região oeste do estado, as datas de maturação são mais precoces (março-abril), encurtando o ciclo e antecipando a colheita. A variação climática no estado confere variação no número de dias para a planta completar o ciclo, como por exemplo a cultivar Catuaí, que tem o ciclo estimado em 303 dias em Pedregulho e 184 dias em Ubatuba (Bardin-Camparotto, 2012). Em regiões com maiores temperaturas, a florada principal normalmente ocorre no início de setembro, enquanto em regiões de maior altitude, ocorre geralmente entre o final de setembro e início de outubro, momento em que o somatório da evapotranspiração potencial atinge os 350 mm e induzem as gemas florais (Camargo e Camargo, 2001).

1.2.3 Caracterização agroclimática do município de Jaboticabal e seu potencial para cultivo de café arábica

Quatro fatores principais influenciam a produção agrícola: o genótipo, o solo, clima e o manejo adotado. A agricultura é a atividade econômica que mais depende das condições climáticas, onde 60 a 70% da variabilidade produtiva é atribuída ao clima, desconsiderando efeitos extremos (Ortolani e Camargo, 1987). A espécie *C. arabica* é originária de região com faixa de altitude de 1.000 a 2.000 m, sendo este um elemento importante para a produção e qualidade de bebida.

Jaboticabal é um município pertencente ao estado de São Paulo que está inserido na região da Média Mogiana. Possui clima tropical úmido, com estação chuvosa no verão e inverno seco (Aw), segundo a classificação de Koppen. A altitude média do município é de 605 m.

No trabalho de Pinto et al. (2001) são utilizados parâmetros de Temperatura média do ar (T_m), déficit hídrico e probabilidade de geadas para classificação da aptidão do município para cultivo de café e se há ou não restrições. Para T_m , os municípios considerados aptos devem ter entre 18 a 22 °C, o déficit hídrico médio deve estar entre 0 a 100 mm e a probabilidade de geadas inferior a 25%. T_m entre 22 a 23 °C é considerada restrição térmica e déficit hídrico entre 100 a 150 mm é classificado como restrição hídrica. Probabilidade de geada acima de 25% confere restrição a geadas ao município. Segundo o zoneamento feito por Pinto et al. (2001), Jaboticabal é considerada “apta” para o cultivo do café arábica, nos sistemas de produção irrigado ou em sequeiro. Tal classificação considera a média dos dados climáticos entre os anos de 1971 a 2000.

Um instrumento de política agrícola e gestão de riscos climáticos utilizado na agricultura é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). São considerados parâmetros de clima, solo e ciclo das cultivares em todos os estados do país, para mais de 40 culturas (Brasil, 2022). Para o cultivo do café, os critérios de aptidão térmica utilizados são: déficit hídrico inferior a 150 mm, T_m entre 18 a 23 °C e temperatura média do mês de novembro (T_n) menor que 24 °C. Considerando o ZARC, o município de Jaboticabal é listado como “apto” em cultivo sequeiro ou irrigado, considerando os dados médios entre os anos de 1971 a 2000. (Brasil, 2011).

Nos dados médios de 1971 a 2014, a T_m do município é de 22,3 °C, a T_n é de 24 °C e a precipitação anual de 1417 mm (Estação Agroclimática da Unesp

de Jaboticabal). Apesar da classificação “apto” ao cultivo de café arábica, de acordo com estudos agroclimatológicos, o município possui uma limitação, que é a restrição térmica. A Tm está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001) e a Tn está no limite adotado pelo ZARC. Assim, a classificação passaria de “apta” para “marginal com restrição térmica”.

De 1971 a 2000, o déficit hídrico médio para o município foi de 56 mm, porém, durante o período estudado nesse trabalho (2013-2021), o déficit hídrico alcançou 240 mm. Assim, durante a condução do experimento, o ambiente pode ser classificado como inapto para o cultivo de café arábica, devido a condição hídrica, sendo necessário o uso de sistema de irrigação (Pinto et al., 2001).

1.2.4 Cultivares e melhoramento de café arábica

O melhoramento genético do café no Brasil passou por diferentes fases, marcando variadas prioridades de pesquisa. Os esforços iniciais de seleção genética tiveram início na década de 1930 e até a década de 1960 concentrou-se principalmente no desenvolvimento de plantas com elevado potencial produtivo, vigor vegetativo, longevidade e ampla adaptação às diversas condições edafoclimáticas do país. A partir dos anos 1970, com a introdução e rápida disseminação da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) nos cafezais brasileiros, os programas de melhoramento genético passaram a incorporar a resistência a doenças como caráter prioritário. Neste período, observou-se a expansão de iniciativas de pesquisa em diversas instituições científicas do país, com ênfase no desenvolvimento de materiais genéticos com resistência duradoura aos principais patógenos existentes (Caixeta et al., 2015).

O desenvolvimento de cultivares resistentes de cafeeiro tem como base diversas estratégias de melhoramento genético, sendo a introdução uma das abordagens mais tradicionais. Considerando que o café é uma espécie exótica no território brasileiro, seu estabelecimento no país remonta ao ano de 1727, quando as primeiras plantas foram introduzidas (Dechén e Pommer, 2007). Ao longo dos anos, novas introduções foram realizadas com o propósito de ampliar a base genética da cultura e incorporar características desejáveis, particularmente resistência a patógenos.

Materiais genéticos oriundos de regiões como Índia e África, portadores de genes de resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix*), foram sistematicamente incorporados aos programas de melhoramento. Além disso, acessos contendo genes de resistência ao CDB e a nematoides, incluindo híbridos interespecíficos, foram avaliados quanto ao seu potencial agrônomo e fitossanitário. Neste contexto, os materiais introduzidos passaram por rigorosos processos de seleção visando identificar combinações genéticas que associassem resistência a doenças com adequado desempenho produtivo (Caixeta et al., 2015).

Embora o método de introdução tenha contribuído significativamente para a diversificação genética do cafeeiro, a maioria das cultivares atualmente disponíveis resultou de programas de hibridação, frequentemente combinados com autofecundações e seleção genealógica. Esta abordagem metodológica permitiu a recombinação e fixação de caracteres desejáveis, possibilitando o desenvolvimento de materiais com resistência durável e adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras (Caixeta et al., 2015). Os principais métodos de melhoramento empregados no Brasil são: introdução, seleção de plantas individuais seguidas de teste de progênie, método genealógico e retrocruzamentos (Sakiyama et al., 1999; Sakiyama et al., 2008).

Alguns autores relataram as particularidades da espécie que estão relacionadas com a eficiência dos programas de melhoramento genético, sendo elas: período juvenil longo, com consequência na realização tardia de cruzamentos e obtenção de sementes; custo alto das avaliações de campo, demandando maiores áreas e tempo; necessidade da avaliação da precocidade e longevidade produtiva; necessidade da avaliação da bienalidade da produção, que envolve análises de medidas repetidas no tempo e no espaço. Assim, há menor ganho genético da seleção por ano (Fonseca, 1999; Sera et al., 2002; Fonseca et al., 2004; Ferrão et al., 2007).

Uma cultivar é uma variedade vegetal que teve a interferência humana para inserção e/ou seleção de características agrônomicas desejáveis e que ainda possa ser descrita e distinguida das demais, possuindo características estáveis e

homogêneas e é passível de ser protegida em relação aos seus direitos à propriedade intelectual (Brasil, 1997).

Todas as cultivares de café arábica conhecidas vêm das formas botânicas *Typica* e *Bourbon*, originadas de populações de cafeeiros do Iêmen. Esses materiais possuem base genética estreita, devido a elementos de sua própria espécie, como autogamia e tetraploidia, além da influência da forma como foi disseminado e os procedimentos de melhoramento genético clássico utilizados (Herrera e Lambot, 2017).

A maior parte das cultivares de café arábica desenvolvidas no Brasil foram originadas de trabalhos de melhoramento genético dos programas de instituições como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Brasileiro do Café (IBC), Embrapa Café, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Lavras (UFLA). Em 1997 foi criado o Consórcio Pesquisa Café, uma rede de pesquisa coordenada pela Embrapa, na qual fazem parte mais de 40 instituições (Carvalho et al., 2022b).

Atualmente, estão registradas no Brasil 124 cultivares de *C. arabica* (Brasil, 2025), porém, somente cerca de 40 são cultivadas em escala comercial, devido ao pouco conhecimento sobre a performance e características de novos materiais disponíveis (Carvalho et al., 2022b). Existe grande variabilidade entre as cultivares em relação aos atributos mencionados anteriormente, assim, o produtor tem diversas opções de escolha. A dificuldade encontrada trata-se da escolha das cultivares mais adaptadas ao ambiente e sistema de produção da propriedade rural, que tenha bom potencial produtivo, qualidade de bebida e sejam tolerantes às principais pragas e doenças da região onde será cultivada.

A regionalização do material genético afeta diretamente a produtividade do cafeeiro, bem como a qualidade do produto (Martins et al., 2024). Cultivares que são adaptadas a uma região específica apresentam respostas favoráveis às características ambientais locais, o que é essencial para recomendações regionais. Assim, é essencial selecionar cultivares que ofereçam alto rendimento e sejam compatíveis com os sistemas de produção e condições ambientais regionais para promover a produção sustentável de café. Isso resulta em um

aumento na renda dos produtores de café, incentivando-os a continuar com a atividade (Carvalho et al., 2017).

O cafeeiro sofre grande influência do ambiente, especialmente na produção, sendo um dos principais critérios nos programas de melhoramento, que consideram a rentabilidade do cultivo. Outra característica relevante nos programas de melhoramento é a altura da planta. Plantas de porte baixo facilitam os tratos culturais e a colheita, sendo esta característica controlada pelos seguintes fatores dominantes e independentes: Caturra (*Ct*), São Bernardo (*Sb*), Villa Lobos (*VI*) e San Ramon (*Sr*), responsáveis pelo encurtamento dos internódios dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, resultando em plantas menores e com copa compacta, sendo mais apropriadas para plantios adensados, que resultam em maior produção por área (Medina Filho et al., 2008). Para as cultivares brasileiras, o gene *caturra*, oriundo das cultivares Caturra e Vila Sarchi, governa o porte da planta, sendo que o alelo dominante (*Ct*) determina o porte baixo (Carvalho et al., 2022b).

1.2.6 Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de café arábica

O café é uma cultura pouco explorada em regiões de baixa altitude, pois possui maior adaptação às regiões mais elevadas, como exemplo a Alta Mogiana Paulista e o estado de Minas Gerais. Entretanto, apesar da adaptação aos climas mais amenos, estudos demonstram a obtenção de elevadas produtividades de linhagens e cultivares de *C. arabica* em regiões ditas marginais, com elevadas temperaturas e menores altitudes (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022a).

Nesse contexto, é necessário o direcionamento de esforços para o estudo de metodologias biométricas adequadas, que permitam classificar, identificar e selecionar genótipos superiores (Ferrão et al., 2007; Borém e Miranda, 2009). Nos estudos de biometria aplicada ao melhoramento genético, a interação genótipo x ambiente e a adaptabilidade e estabilidade são de grande importância na avaliação das potencialidades de um material genético sob diferentes locais e tecnologias (Fialho, 2011).

A resposta diferenciada de materiais genéticos a diferentes ambientes evidencia a interação genótipo x ambiente, indicando que o comportamento dos genótipos é influenciado pelas condições ambientais. Nesse contexto, uma das maneiras mais utilizadas para minimizar o efeito dessa interação seria a identificação de genótipos de ampla adaptabilidade e estabilidade, com comportamento previsível, e que respondem a variações ambientais em condições específicas ou amplas, associado, é claro, a rendimentos satisfatórios (Cruz e Castoldi, 1991; Cruz et al., 2014).

No melhoramento genético de espécies perenes de produção anual, como o café, a estabilidade produtiva ao longo do tempo é tão importante quanto a estabilidade entre locais. Assim, a distribuição temporal da produtividade ao longo dos anos deve ser considerada como uma das características mais importantes para a seleção, uma vez que o cafeeiro pode apresentar maior produtividade acumulada porque teve maior rendimento nas primeiras colheitas ou porque apresentou maior estabilidade produtiva ao longo dos anos (Resende, 2007; Ferrão et al., 2008; Cilas et al., 2011).

Outra característica do cafeeiro, e que deve ser considerada, é a bienalidade de produção, que é uma das causas mais importantes para ocorrência dos efeitos significativos da interação genótipo x safras (Leroy et al., 1997). Essa interação mensura o comportamento diferencial dos genótipos ao longo dos anos, resultado da diferença no ordenamento dos clones de maior produtividade ao longo do tempo. Devido às peculiaridades do sistema reprodutivo das plantas e as diferentes pressuposições dos métodos de análise, não existe uma estratégia de seleção que seja aplicável a todas as espécies vegetais cultivadas (Cruz et al., 2014). Neste cenário, a seleção de genótipos superiores deve considerar a utilização de métodos complementares para interpretar a adaptabilidade e estabilidade.

Dentre os diversos métodos que podem ser utilizados para quantificação da adaptabilidade e estabilidade produtiva, destacam-se os baseados em regressão linear (Eberhart e Russel, 1966), em estatísticas não-paramétricas (Lin e Binns, 1988 e Annicchiarico, 1992), e mais recentemente, em modelos mistos,

pela média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (Resende, 2007).

A metodologia de Eberhart e Russell (1966) usa um modelo de regressão linear para analisar a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos. Nesse modelo, são levados em conta a média geral, o coeficiente de regressão de cada genótipo e a variância dos desvios da regressão como indicador de estabilidade. A adaptabilidade é definida pelo coeficiente de regressão (β_{1i}), sendo que: se β_{1i} for igual a 1, o genótipo tem uma adaptabilidade ampla; se for maior que 1, ele se adapta melhor a ambientes favoráveis; e se for menor que 1, sua adaptação é mais específica para ambientes desfavoráveis. Já a estabilidade está ligada à previsibilidade do desempenho, medida pela variância dos desvios da regressão (s^2_{di}). Quando essa variância é zero, o genótipo é considerado estável e previsível, mas se for diferente de zero, indica maior instabilidade e imprevisibilidade. Esse método, segundo Chaves (2001), é um dos mais utilizados mundialmente para o estudo da estabilidade fenotípica de uma cultivar.

Lin e Binns (1988) utilizaram estatísticas não paramétricas para estimar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos. Eles desenvolveram a estatística P_i , que mede o desempenho genotípico com base na diferença entre o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima em todos os ambientes. Esse método leva em conta os desvios das cultivares em diferentes condições, considerando assim a estabilidade do comportamento. Além disso, ele avalia tanto o rendimento do genótipo quanto sua resposta relativa a um genótipo hipotético, que representa uma média de adaptabilidade. Quanto menor o valor de P_i , maior a estabilidade do genótipo.

Carneiro (1998) aprimorou o método de Lin e Binns (1988), criando uma metodologia mais adequada para avaliar o desempenho genotípico e estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Sua proposta envolveu a decomposição do estimador P_i para ambientes favoráveis e desfavoráveis. Esse novo parâmetro foi denominado MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento). O método desenvolvido por Carneiro se mostrou mais

eficiente para recomendar cultivares, pois permite direcionar a escolha conforme as diferentes condições ambientais.

Alguns autores, como Gupton et al. (1996) e Yue et al. (1997) consideraram as estatísticas não paramétricas mais apropriadas para avaliar o desempenho dos genótipos. Segundo Huehn (1990), esse tipo de estatística apresenta algumas vantagens em relação às abordagens paramétricas, tais como: a) a influência de valores extremamente discrepantes na equação de regressão ajustada é reduzida ou até eliminada; b) não há necessidade de assumir pressupostos sobre a distribuição dos valores fenotípicos; c) as medidas baseadas em classificações são mais fáceis de interpretar; d) a inclusão ou exclusão de poucos genótipos não causa grandes variações nas estimativas, o que pode acontecer em métodos paramétricos; e) sua aplicabilidade em outras áreas, como a seleção em programas de melhoramento genético, onde a posição relativa ou a classificação dos genótipos é essencial. Segundo Cruz e Carneiro (2014) as análises não paramétricas tendem a condensar, em poucas medidas, informações sobre o desempenho de um genótipo, incluindo seu rendimento, capacidade de adaptação a variações ambientais e estabilidade ao longo do tempo.

A metodologia de Annicchiarico (1992) avalia a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos por meio de um índice de confiança, que indica a probabilidade de uma cultivar superar a média dos ambientes testados. Para isso, as médias de produtividade são expressas em porcentagens da média de cada ambiente, e com esses valores, calcula-se a média e o desvio-padrão da cultivar. O índice de confiança é então obtido subtraindo o produto do desvio-padrão pelo valor crítico da distribuição normal da média percentual da cultivar. Quanto maior esse índice, maior a adaptabilidade e estabilidade da cultivar. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada em estudos recentes para avaliar a performance genotípica em diferentes culturas (Cruz e Carneiro, 2014).

A metodologia da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG), segundo Resende (2007), permite a seleção simultânea de genótipos considerando produtividade, adaptabilidade e estabilidade. Esse método utiliza modelos mistos para predizer valores genotípicos e calcula a média

harmônica das performances relativas dos genótipos nos diferentes ambientes avaliados. Dessa forma, genótipos com alta produtividade e comportamento estável são identificados de maneira eficiente.

A maioria dos estudos de adaptabilidade e estabilidade, utilizando as mais diversas metodologias disponíveis, estão concentrados em culturas anuais. Poucos trabalhos foram realizados com a cultura do café arábica, sendo importante, dessa maneira, o direcionamento de esforços para a realização desse tipo de pesquisa, a fim de identificar genótipos adaptados e estáveis as mais diversas condições edafoclimáticas existentes no Brasil.

1.2.7 Repetibilidade de colheitas

A repetibilidade é a análise da correlação entre sucessivas medições de um caráter, em que, através desta, espera-se que a superioridade ou inferioridade verificada inicialmente em um indivíduo mantenha-se ao longo do tempo e/ou do espaço (Dias e Kageyama, 1998)

O coeficiente de repetibilidade de uma característica avaliada possibilita estabelecer o número de observações fenotípicas que devem ser realizadas em cada indivíduo, para que a seleção fenotípica entre genótipos seja eficiente, ou seja, use-se menos tempo e menos custo de mão-de-obra (Cruz et al., 2014). Esse coeficiente é uma fonte de informação indispensável para o melhoramento genético de plantas perenes, pois permite a seleção precoce acurada de indivíduos superiores (Dias e Kageyama, 1998).

Segundo Cruz et al. (2014), a repetibilidade representa o máximo valor que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir. Dessa forma, quando a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada, a repetibilidade aproxima-se da herdabilidade. Assim, a repetibilidade expressa a proporção da variância total do caráter que é devida ao genótipo e as alterações permanentes do ambiente.

O conhecimento do coeficiente de repetibilidade permite que a fase de avaliação e seleção seja executada com maior eficiência, uma vez que valores

altos de repetibilidades em um dado caráter indicam que é possível predizer o valor real dos indivíduos com um menor número de medições, assim, um aumento do número de medidas repetidas promoverá pouco ganho em acurácia. Por outro lado, quando a repetibilidade é baixa, grande número de repetições será necessário para que se alcance um coeficiente de determinação satisfatório (Falconer, 1989; Cornacchia et al., 1995).

Diversos métodos têm sido utilizados para estimar o coeficiente de repetibilidade, sendo tradicionalmente utilizado o método da análise de variância. Porém, outros métodos, como o dos componentes principais (Abeywardena, 1972) e a análise estrutural (Mansour et al., 1981) têm sido propostos e utilizados, visando aumentar a acurácia da referida estimativa (Cruz et al., 2014).

1.3 Referências

Abeywardena V (1972) An application of principal component analysis in genetics. **Journal Genetics**, 61(1):27-51.

ABIC (2022) Associação Brasileira da Indústria do Café. Indicadores da Indústria de Café – 2021. Disponível em: <<https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2021/#:~:text=Quando%20analisado%20o%20consumo%20per,2%2C77%25%20no%20per%C3%ADodo>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

Alves HMR (2024) Monitoramento climático e fitossanitário como ferramenta para o manejo integrado das principais pragas e doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário EPAMIG** 45:36-37.

Annicchiarico P. (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, 46(3), 269-278.

Bardin-Camparotto L, Camargo MBPD, Moraes JFLD (2012) Época provável de maturação para diferentes cultivares de café arábica para o Estado de São Paulo. **Ciência Rural** 42:594-599. <https://doi.org/10.1590/S0103->

84782012000400003.

Borem A, Miranda GV (2009) **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, v.1. 529p.

Botelho CE, Soares TL, Oliveira ACB, Pereira AA (2008) Cultivares de café e suas principais características agrônômicas e tecnológicas. **Informe Agropecuário** 29:31- 41.

Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Café. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/sao-paulo>>. Acesso em 29 jul. 2022.

Brasil (2025). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>

Brito GG, Caixeta ET, Gallina AP, Zambolim EM, Zambolim L, Diola V, Loureiro Me (2010) Inheritance of coffee leaf rust resistance and identification of AFLP markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, 173:255-264.

Caixeta ET, Pestana KN, Pestana RKN (2015) Melhoramento do cafeeiro: ênfase na aplicação dos marcadores moleculares. In.: Garcia GO, Reis EF, Lima JSS, Xavier AC, Rodrigues WN (Org.) **Tópicos Especiais em produção vegetal**. V. ALEGRE: CCAUFES, v.1.

Camargo AP, Camargo MBP (2001) Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia** 60(1): 65-68.

Carneiro PCS (1998) **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 168f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – UFV, Viçosa.

Carvalho AM, Botelho CE, Ferreira AD, Teramoto ET, Lima AE, Junior FSM, Guerreiro Filho O (2022a). Initial vegetative and reproductive development of coffee cultivars in Vale do Ribeira Paulista. **Semina: Ciências Agrárias** 43:961-972. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p961>.

Carvalho AM, Cardoso DA, Carvalho GR, Carvalho VL, Pereira AA, Ferreira AD, Carneiro LF (2017) Behavior of coffee cultivars under the incidence of diseases of rust and gray leaf spot in two cultivation environments. **Coffee Science** 12:100–107.

Carvalho AMD, Mendes ANG, Carvalho GR, Botelho CE, Gonçalves FMA, Ferreira AD (2010) Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45:269-275. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300006>.

Carvalho CHS (2008) **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 334 p.

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F, Hotz A (2022b) **Catálogo de cultivares de café arábica**. Brasília: Embrapa Café, 115 p.

Carvalho HP, Dourado Neto D, Teodoro REF, Melo B (2011) Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal** 27:221–229.

Chaves, LJ (2001) **Interação genótipo com ambiente**. Recursos genéticos e melhoramento de plantas. In.: Nass LL, Velois ACAC, Melo IS, Valadares-Inglis MC (Eds.) Rondonópolis:FUNDAÇÃO MT, 1183p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2025) **Acompanhamento da safra brasileira – café 4º levantamento**. CONAB, Brasília. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 17 fev. 2025.

Cornacchia G, Cruz CD, Lobo PR, Pires IE (1995) Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus*

tecunumanii (Schw.) Eguiluz, Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore**, 19(3):333-345.

Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ (2014) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, v. 2, 668p.

Cruz CD, Castoldi F (1991) Decomposição da interação genótipo x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, 38:422-430.

DaMatta FM, Ronchu CP, Maestri M, Barros RS (2007) Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiiology** 19:485-510. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>.

Dechen SF, Pommer CVO (2007) **O Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 56(1).

Dias LAS, Kageyama Py (1998) Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia. **Euphytica**, 102(1):29-35.

Eberhart AS, Russell WA (1966) Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, 6(1), 36-40.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2023) Valor bruto da produção. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77921739/faturamento-das-lavouras-dos-cafes-do-brasil-alcanca-r-56-bilhoes-em-2022#:~:text=do%20faturamento%20total>>. Acesso em 17 jul. 2024.

Falconer DR (1989) **Introduction to quantitative genetics**. 3. ed. London: Longman, 438p.

Ferrão MAG, Ferrão RG, Fonseca AFA, Verdin Filho AC, Volpi OS (2007) Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In:

Ferrão RG et al.(Eds.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 65-91p.

Ferrão RG, Cruz CD, Ferreira A, Cecon PR, Ferrão MAG, Fonseca AFA, Silva MF (2008) Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43:61-69.

Ferrão RG, Ferrão MAG, Fonseca AFA, Pacova BEV (2007) Melhoramento genético de *Coffea canephora*. In: Ferrão RG et al. (Eds.). **Café Conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 121-173p.

Ferreira WP, Ribeiro Júnior JI, Fátima Souza C (2019) Climate change does not impact on *Coffea arabica* yield in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 99:5270-5282. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8465>.

Fialho GS, Dalvi LP, Corrêa NB, Kuhlcamp KT, Effgen EM (2011) Predição da área foliar em abobrinha-italiana: um método não destrutivo, exato, simples, rápido e prático. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 1(2).

Fonseca AFA (1999) **Análises biométricas em café conilon** (*Coffea canephora* Pierre). Viçosa, MG: DFT/UFV, 1999. 121 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

Gupton C, Clark J, Creech D, Powell A, Rooks S (1996) Comparing stability indices for ripening date and yield in blueberry. **J Am Soc Hortic Sci** 121(2): 204-209.

Herrera JC, Lambot C (2017) The coffee tree — Genetic diversity and origin. In.: **The Craft and Science of Coffee**. London: Academic Press, p. 1-16.

Huehn M (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part I: Theory. **Euphytica** 47: 189-194.

Lin CS, Binns MR (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, 68(1), 193-198.

Mansour H, Nordheim EV, Ruedge JJ (1981) Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, 60-151-156.

Martins AN, Turco PHN, Araújo HS, Firetti R (2023) Productivity and physical quality of grains from *Coffea arabica* L. in a tropical high-altitude climate in Brazil. **Coffee Science**, e128167. <https://doi.org/10.25186/v18i.2167>.

Medina Filho HP, Bordignon R, Carvalho CHS (2008) Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In.: Carvalho CHS (Org.) **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. 1 ed. Brasília: Embrapa Café, p. 79-101.

Melo Pereira GV, Carvalho Neto DP, Júnior AIM, Prado FG, Pagnoncelli MGB, Karp SG, Soccol CR (2020) Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products. **Advances in Food and Nutrition Research** 91:65-96. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.10.002>.

Mônaco LC, Carvalho A (1964). Melhoramento do cafeeiro – novos dados sobre a variabilidade em linhas isogênicas de café. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. 23(2): 13-22.

OIC, 2023. Organização Internacional do Café. Relatório sobre o mercado de café – setembro de 2023. Disponível em: <<https://www.icocoffee.org/documents/cy2022-23/cmr-0923-e.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

Oliveira Aparecido LE, Rolim GDS, Moraes JRDSCD, Valeriano TTB, Lense GHE (2018) Maturation periods for *Coffea arabica* cultivars and their implications for yield and quality in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 98:3880-3891. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8905>.

Ortolani AA, Camargo MBP (1987) Influência dos fatores climáticos na produção. In.: Castro RC (Ed.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 71-81.

Pereira AA, Baião AC (2015) Cultivares. In.: Sakiyama NS, Martinez HEP, Tomaz M A, Borém A (Eds.) **Café arábica: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, p. 24-45.

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo.

Revista Brasileira de Agrometeorologia 9:495-500.

Rena AB, Maestri, M (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In.: Castro PRC, Ferreira SO, Yamada T (Eds.) **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 119-147.

Resende MDV (2007) Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa Florestas, 561 p.

Rolim GS, Oliveira Aparecido LE, Souza PS, Lamparelli RAC, Santos, ER (2020) Climate and natural quality of Coffea arabica L. drink. **Theoretical and Applied Climatology** 141:87-98. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03117-3>.

Ronchi CP, Miranda FR (2020) Flowering percentage in arabica coffee crops depends on the water deficit level applied during the pre-flowering stage. **Revista Caatinga** 33:195-204. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n121rc>.

Sakiyama NS (2015) O café arábica. In.: Sakiyama NS, Martinez HEP, Tomaz MA and Borém A (Eds.) **Café arábica: do plantio à colheita**. UFV: Viçosa, p. 9-23.

Sakiyama NS, Pereira AA, Oliveira, ACB, Tomaz MA (2008) Avanços no melhoramento genético do café arábica. In: Tomaz MA et al. (Orgs.). Seminário para a Sustentabilidade da Cafeicultura. Alegre: CCA UFES, 113-121P.

Sakiyama NS, Pereira AA, Zambolim L (1999) Melhoramento de café arábica. In: Borem A (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Impr. Univ., 189-204p.

Sera T, Alteia MZ, Petek MR (2002) Melhoramento do cafeeiro variedades melhoradas no Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **O estado da arte de tecnologias na produção de café – IV Encontro sobre Produção de Café com Qualidade**. Viçosa, MG: DFP/UFV, 217-251p.

Teixeira AL, Souza FDF, Pereira AA, Oliveira ACBD, Rocha RB (2015) Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. **Ciência Rural** 45:1228-1234.

<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>.

WeldeMichael G, Teferi D (2020) The Impact of Climate Change on Coffee (*Coffea Arabica* L.) Production and Genetic Resources. **International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences** 5:26-34. <http://dx.doi.org/10.20431/2454-6224.0511004>.

Yue GL, Roozeboom KL, Schapaugh WT Jr, Liang GH (1997) Evaluation of soybean cultivars using parametric and non-parametric stability estimates. **Plant Breeding** 116(3): 271-275.

CAPÍTULO 2 – Desempenho agrônômico de cultivares de café arábica de porte baixo em região de baixa altitude

RESUMO – Elevadas temperaturas e/ou déficit hídrico acentuado são condições que levam à caracterização de determinadas regiões como marginais para o cultivo do café arábica no Brasil. Não obstante, a viabilidade da produção sustentável de café nesses locais oferece uma oportunidade promissora para gerar renda e agregar valor aos produtores rurais, em um mercado em expansão. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor desempenho agrônômico em região de baixa altitude. A pesquisa foi conduzida no nordeste do estado de São Paulo, Brasil (altitude de 565 m), utilizando um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã Amarelo IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Tupi IAC 125, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR99, IPR100, IPR103, Sabiá Tardio) e as subparcelas foram seis safras. Foram conduzidas avaliações de maturação, rendimento de peneira, rendimento de benefício, massa de cem grãos, produtividade de grãos e defeitos. Os dados foram submetidos a análises univariadas e multivariadas. Os resultados indicaram que é possível obter elevadas produtividades (40 a 50 sacas ha^{-1}) em região de baixa altitude. Foram obtidas produtividades similares às obtidas em regiões mais favoráveis ao cultivo do café, com as cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99 superando 50 sacas ha^{-1} . As cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99 se destacaram quanto à produtividade de grãos, atingindo em média 50 sacas ha^{-1} . As cultivares Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, IPR 100 e Sabiá Tardio obtiveram rendimento de benefício acima de 45%, enquanto IAC 125 RN e IPR 99 produziram grãos com maior massa de cem grãos, ultrapassando 11 gramas. Pau-Brasil, IPR 103, IAC Ouro Amarelo e IAC Ouro Verde apresentaram as maiores porcentagens de grãos cereja, acima de 50%. As cultivares IAC 125 RN, Catuaí Vermelho IAC 99, Obatã Amarelo e Sabiá Tardio obtiveram maior porcentagem de grãos graúdos. As cultivares Tupi IAC 1669-33 e IAC Ouro Amarelo se destacaram para cultivo nas condições edafoclimáticas apresentadas, destacando-se em relação à produtividade e demais características avaliadas.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; produtividade de grãos; clima; restrição térmica.

2.1 Introdução

O café é uma das bebidas mais consumidas e apreciadas mundialmente. Dentre as espécies plantadas, o café arábica (*Coffea arabica* L.) é a mais comercializada, consumida e produzida em todo o mundo, por possuir características peculiares em seus grãos, resultando em bebida com atributos sensoriais elevados. O café também é considerado um alimento funcional e seu consumo traz benefícios para a saúde humana (Melo e Pereira et al., 2020).

O Brasil possui destacada importância na cafeicultura mundial, sendo o maior produtor e exportador (OIC, 2020). Durante muitos anos o Brasil foi conhecido internacionalmente por produzir somente café convencional, sem diferenciação na bebida ou no aspecto, e pouco se investia na produção de cafés especiais e com alto valor agregado (Gonçalves, 2018). Nos últimos anos, contudo, o Brasil vem se destacando como um dos maiores fornecedores mundiais de cafés especiais, apresentando como diferenciais a qualidade e agregação de valores socioambientais. Hoje, muitas regiões brasileiras produzem cafés especiais e continuam investindo neste nicho, que tem crescido em ritmo acelerado (BSCA, 2020).

A qualidade da bebida, advinda da obtenção de grãos com elevada qualidade para produção de cafés especiais, bem como o alcance de altas produtividades, são duas finalidades importantes no cultivo do café. A genética e o ambiente são fatores que influenciam intrinsecamente essas duas características citadas, e neste último, destaca-se temperatura do ar e precipitação, que estão relacionados à altitude (Rolim et al., 2020). O ciclo da cultura e a qualidade da bebida são intimamente afetados por menores altitudes e temperaturas mais elevadas, além das práticas agrícolas, da pós-colheita e do armazenamento (Oliveira Aparecido et al., 2018; Barbosa et al., 2019; Rolim et al., 2020; Barrios-Rodriguez et al., 2021).

Segundo Alves (2024) idealmente, o ambiente para cultivo do café arábica deve possuir temperaturas amenas, com faixa ótima entre 18 e 21 °C, e altitudes acima de 1.000 m. Todavia, o cultivo dessa espécie pode migrar para regiões

menos aptas, com elevadas temperaturas e baixas altitudes, visando atender a demanda mundial, que tem crescido (Filla, 2023).

As regiões menos aptas para o cultivo de café, ditas marginais, possuem como limitação principal as temperaturas mais elevadas e déficits hídricos. Contudo, há viabilidade do cultivo, com obtenção de elevadas produtividades, através do plantio de cultivares com maior adaptação a essas condições climáticas. Dessa forma, as dificuldades associadas ao clima não são um empecilho para a produção sustentável de café nesse tipo de região (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022a). A variável climática é considerada a mais influente na produção de café, entretanto, o avanço tecnológico e a utilização de novas tecnologias são fatores preponderantes na promoção do aumento da produção e da produtividade de café (Ferreira et al., 2019).

No Brasil, estão registradas 124 cultivares de café arábica (Brasil, 2025), e ainda faltam dados sobre o desempenho agrônomo dessas variedades em áreas de baixa altitude. Dentre as diferentes opções disponíveis, existem genótipos que podem ser recomendados para produtores rurais desses locais, além de ser fonte de informação útil para o uso em programas de melhoramento genético que poderão lançar cultivares mais adaptadas para essas condições (Filla, 2023).

Assim, a hipótese para o presente trabalho é que cultivares de café arábica apresentam diferentes respostas agrômicas quanto à produção e a qualidade dos grãos em região de baixa altitude.

Perante o exposto, o objetivo desse trabalho é identificar as cultivares de café arábica de porte baixo, com melhor desempenho agrônomo e qualitativo, cultivadas em região de baixa altitude.

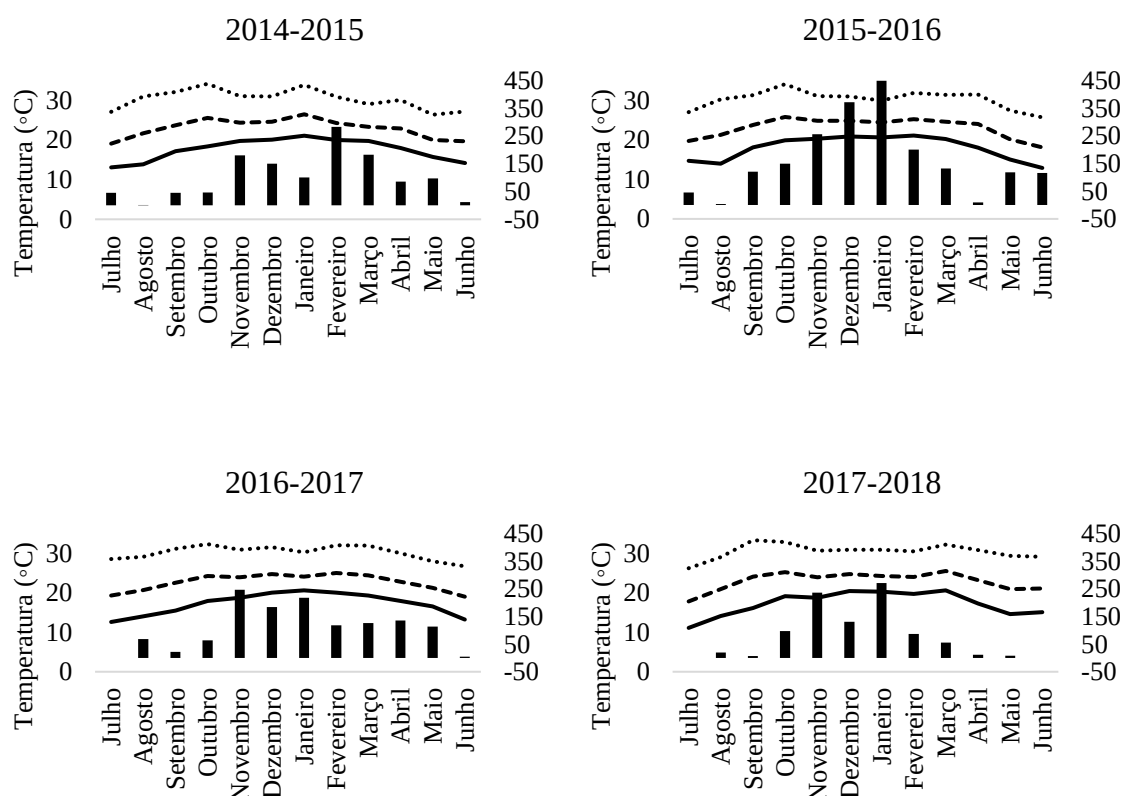
2.2 Material e métodos

2.2.1 Descrição da área experimental e caracterização climatológica

O experimento de campo foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Câmpus de Jaboticabal (SP), latitude 21°14'30.23" Sul e longitude de 48°17'51.66" Oeste de Greenwich, com altitude de 565 m. O clima é

classificado como Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco), segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (Santos, 2018), de textura argilosa, com teores de argila, silte e areia de 533, 193 e 274 g kg⁻¹, respectivamente.

Baseando-se nas normais climatológicas de 1971 a 2014, a temperatura média anual (Tm) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (Tn) é de 24 °C e a precipitação anual é de 1417 mm. Constata-se, pelos dados médios, uma limitação ao cultivo de café nessa região, que se refere a componente térmica. A Tm está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. A Tn está no limite adotado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), de 24 °C (Brasil, 2011). A classificação da região passaria de “apta”, de acordo com Pinto et al. (2001) para “marginal com restrição térmica”. Os dados de temperatura e precipitação das seis safras de café são apresentados na Figura 1.



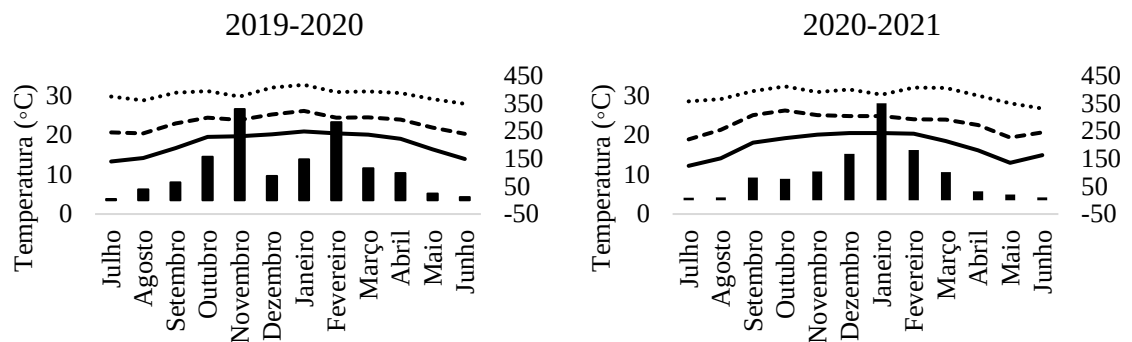
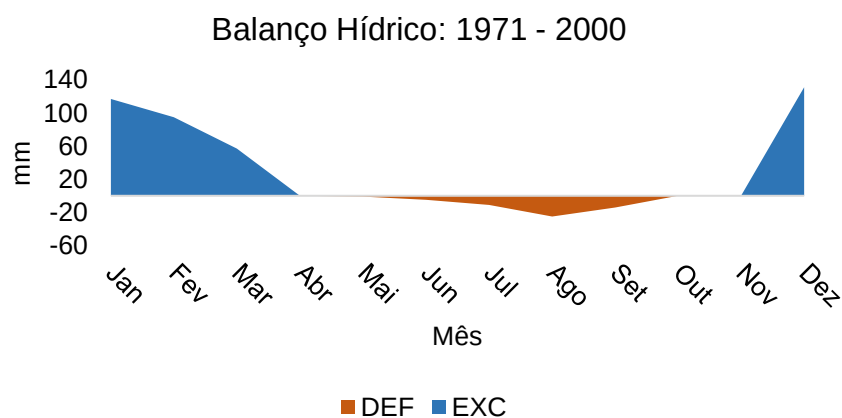


Figura 1. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (Tmax, Tmin e Tm) e precipitação. 1ª Safra (2014/2015), 2ª Safra (2015/2016), 3ª Safra (2016/2017), 4ª Safra (2017/2018), 5ª Safra (2019/2020) e 6ª Safra (2020/2021). Jaboticabal, SP.

O déficit hídrico anual médio de Jaboticabal entre 1971 e 2000 foi de 56 mm (Figura 2A), não havendo restrição hídrica para o cultivo, segundo os critérios utilizados em zoneamentos agroclimáticos do café (Pinto et al., 2001; Brasil, 2011). Porém, durante o período experimental (2013 a 2021) o déficit hídrico no período foi de 148 mm (Figura 2B), compreendido na faixa entre 100 e 150 mm e, portanto, caracteriza-se como restrição hídrica, sendo necessário o fornecimento de água via irrigação (Matiello et al., 2008).



A

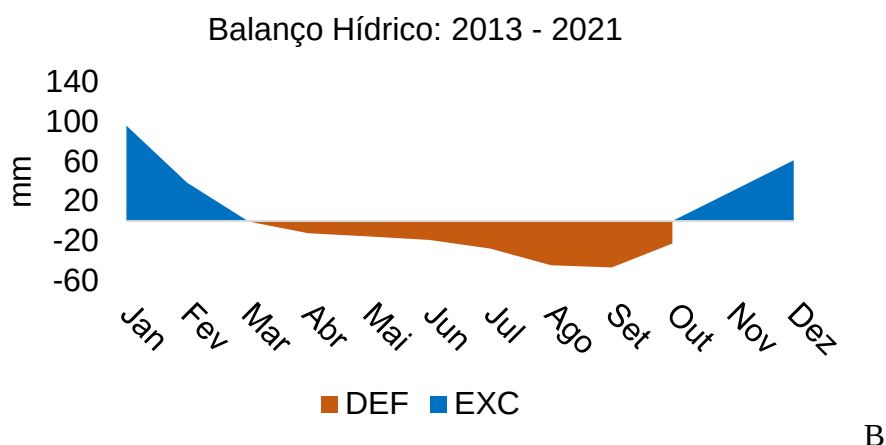


Figura 2. Balanço hídrico climatológico do período de 1971 a 2000 (A) e durante o período experimental, de 2013 a 2021 (B).

2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, que foram constituídas por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (Tabela 1): IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IAC Obatã 4739, Tupi IAC 1669-33, IAC 125RN, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 100, IPR 103, Sabiá Tardio, e as subparcelas constituídas por 6 safras. As safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 correspondem às quatro primeiras safras de produção das cultivares de café arábica avaliadas. No ano de 2018 o café foi submetido à poda de esqueletamento, não havendo, portanto, produção no ano seguinte. Dessa maneira, as safras 2019/2020 e 2020/2021 representam a produção pós poda de esqueletamento.

Tabela 1. Cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) de porte baixo avaliadas. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Instituição	Características
IAC Catuaí SH3		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, resistente à ferrugem, suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.

Catuaí Amarelo IAC 62	IAC	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Catuaí Vermelho IAC 99		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC Ouro Verde		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC Ouro Amarelo		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Obatã IAC 1669-20		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de diferenciada.
IAC Obatã 4739		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Tupi IAC 1669-33		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha-escura, maturação entre precoce e média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC 125 RN		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha-escura, maturação entre precoce e média, resistente à ferrugem e a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Catiguá MG1	EPAMIG	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
Oeiras MG 6851		Possui diâmetro da copa pequeno, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre precoce e média, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Pau-Brasil MG1		Possui diâmetro da copa pequeno, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
Sacramento MG1		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
IPR 99	IAPAR	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, moderada resistência à mancha-anular, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
IPR 100		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, suscetível à ferrugem e resistente a nematoide, alto

IPR 103		vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.
		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, parcialmente resistente à mancha-aureolada e à mancha de <i>Phoma</i> , alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.
Sabiá Tardio	PROCAFÉ	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.

IAC: Instituto Agronômico de Campinas; EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; IAPAR: Instituto Agronômico do Paraná; PROCAFÉ: Fundação Procafé. Fonte: Carvalho et al. (2022).

As mudas foram produzidas em tubetes com substrato artificial a base de fibra de coco, turfa e fertilizante de liberação lenta e foram plantadas quando apresentavam 5 pares de folhas. O plantio foi realizado em abril de 2013 e foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes, distanciados 0,50m entre si, com pressão de serviço de 150 kPa (15 mca) e vazão de 1,6 L h⁻¹. Foi adotado manejo de irrigação suplementar. O turno de rega foi de 7 dias, com lâmina de 15 a 20 mm por semana, durante a estação seca. O sistema também foi acionado em períodos de veranico, durante a estação chuvosa. No mês de julho até a primeira quinzena de agosto foi realizada a supressão da irrigação a fim de promover estresse hídrico controlado antes da antese, conforme Custódio (2012).

O manejo integrado de plantas daninhas foi realizado através da capina manual, controle mecânico (roçadora e desintegrador de plantas) e químico.

Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de plantio de quatro metros de comprimento, com oito plantas espaçadas a 0,50 m na linha de plantio e 3,5 m entrelinhas. A cultivar Acauã foi utilizada em toda a bordadura do experimento. No intuito de formar cobertura vegetal na superfície do solo e assim evitar a erosão, semeou-se à lanço a braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nas entrelinhas do experimento.

A caracterização dos atributos químicos do solo das seis safras é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos químicos do solo (camada 0,00 – 0,20 m) da área experimental das seis safras de café arábica. Jaboticabal, SP.

Safras ¹	pH	M.O.	P	S	K	C a	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)				(mmolc dm ⁻³)				(%)
2014/2015	5,9	15	79	4	6,1	28	19	15	53,1	68,1	78
2015/2016	5,7	17	71	4	4,7	33	15	20	53,0	73,2	72
2016/2017	5,5	13	32	5	3,0	22	10	14	34,4	48,5	71
2017/2018	5,9	26	41	9	5,6	28	13	14	47,3	61,8	77
2019/2020	6,0	21	242	14	3,6	36	16	18	55,6	74	75
2020/2021	5,9	24	224	18	7,0	50	20	18	77,0	95	81

Micronutrientes					
Safras	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg dm ⁻³)				
2014/2015	0,19	0,5	14	9,7	2,7
2015/2016	0,20	0,9	12	8,8	2,9
2016/2017	0,24	1,7	17	21,9	2,4
2017/2018	0,40	0,9	15	20,5	2,6
2019/2020	0,81	1,8	22	21,3	9,1
2020/2021	3,91	1,6	12	12,2	10,0

¹ Fonte: Athenas Consultoria Agrícola e Laboratórios, Jaboticabal, SP; Ribersolo – Laboratórios de Análises Agrícolas, Ribeirão Preto, SP.

2.2.3 Variáveis analisadas

As avaliações descritas a seguir seguiram metodologia descrita por Filla (2023).

Produtividade (sacas ha⁻¹) e renda de benefício (%) - após a colheita e homogeneização dos frutos foi medido o volume total de café derriçado em cada parcela, sendo coletados 10 L de café cru da roça para secagem ao sol em terreiro de concreto. Foram utilizadas peneiras adequadas para separar os frutos de cada parcela experimental, até que estes atingissem teor de água em base úmida (b.u.) na faixa entre 11 e 12,5%. Após a secagem, o café em coco foi beneficiado, passando-se 5 vezes cada amostra em um descascador Pinhalense®. A partir do peso do café grão cru, obtido após o beneficiamento e a correção da umidade em b.u. para 12,5%, estimou-se a produtividade (em sacas de 60 kg de café

beneficiado por hectare) e a renda de benefício (volume de café em coco convertido em grãos de café beneficiado). As seis primeiras safras ocorreram nos anos agrícolas de 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2019/2020 e 2020/2021;

Grau de maturação dos frutos (%) - foram coletados em cada parcela 1 L de café cru da roça, utilizado para classificação e quantificação dos frutos tipo verde, verde-cana, cereja, passa e seco, conforme descrito em Pezzopane et al. (2003);

Massa de 100 grãos tipo chato (g) - foram selecionadas e contadas 4 amostras de 100 grãos tipo chato em cada parcela. A média das amostras foi utilizada para o estabelecimento da massa de 100 grãos;

Classificação dos grãos por tamanho e formato (%) – os grãos de café de cada parcela foram despejados sobre um conjunto de peneiras dispostas na seguinte ordem: peneira redonda 17 (grão chato), peneira redonda 15 (grão chato), peneira oblonga 10 (grão moca), peneira redonda 13 (grão chato) e fundo (paus, pedras, grãos quebrados entre outros). Após o peneiramento, quantificou-se a massa de grãos retida em cada peneira e estabeleceu-se a porcentagem de grãos por tamanho e formato contidos em cada amostra;

Grãos defeituosos (%) - na mesma amostra coletada para classificação por tamanho e formato, foram selecionados e pesados os grãos pretos, verdes e ardidos, para o estabelecimento do percentual dos defeitos em cada parcela.

2.2.4 Análises dos dados

2.2.4.1 Análise univariada

Os dados foram submetidos à análise de outliers pelo teste generalizado ESD (Rosner, 1983). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e quando o teste foi significativo ($p < 5\%$), foi realizado teste de Scott-Knott para agrupamento de médias. As análises foram feitas utilizando o software Genes (Cruz et al., 2006).

2.2.4.2 Análise multivariada

Foi aplicada a análise multivariada por componentes principais, visando plotar a distribuição das cultivares de café arábica em duas dimensões e agrupar

as variáveis em novas variáveis latentes (componentes principais). Tal análise foi aplicada devido à estrutura de dependência das variáveis analisadas e foi utilizada a média das repetições de cada variável para cada cultivar.

Tanto as variáveis produtivas quanto as qualitativas foram utilizadas e antes de proceder a análise, elas foram padronizadas, gerando média nula e variância unitária. Para a escolha do número de componentes principais foi utilizado o critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores acima de 1,0 (Kaiser, 1958). Três componentes principais apresentaram autovalores acima de 1,0, sendo escolhidos os dois principais por explicarem a maior porcentagem da variabilidade dos dados. Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais. Para serem consideradas relevantes para explicação dentro de cada componente principal foram consideradas variáveis com escores superiores a 0,600.

Para a identificação das linhagens com características específicas, foram plotadas elipses que abrangeram os valores dos eixos X e Y variando entre -1,96 a 1,96. Esses valores se referem ao valor Z da distribuição normal, sendo que valores menores do que -1,96 e superiores a 1,96 indicam pontos com características específicas a 5% de probabilidade. Assim, foi possível identificar as cultivares com características específicas para cada componente principal, conforme realizado por Romano et al. (2022). As análises estatísticas multivariadas foram realizadas no software Statistica®, versão 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

2.3 Resultados e discussão

Em todas as safras foram obtidas diferenças entre as cultivares para o parâmetro produtividade, demonstrando as diferenças genotípicas e da expressão fenotípica para os diferentes ambientes (Tabela 3). Na safra 2014/2015, mesmo sendo o primeiro ano de produção, diversas cultivares obtiveram elevadas produtividades (de 40 a 50 sacas ha^{-1}). Destaca-se o bom desempenho dos materiais do IAC, que obtiveram produtividades acima de 40 sacas ha^{-1} , com exceção apenas para a Catuaí SH3 e Obatã Amarelo. Dentre os materiais das outras instituições de pesquisa, as cultivares Pau-Brasil MG1, IPR 99 e IPR 100

também produziram acima de 40 sacas ha⁻¹. Os piores desempenhos foram observados nas cultivares Catiguá MG1 e Sacramento MG1.

Tabela 3. Produtividade de grãos das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Produtividade de Grãos (PG)						Média
	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2019/2020	2020/2021	
SH3	32,20 aC	40,08 aC	43,13 aC	59,13 bB	45,98 aC	78,05 bA	49,76
CA62	48,05 aB	28,40 bC	53,43 aB	54,18 bB	27,60 bC	72,85 bA	47,42
CV99	47,63 aB	31,45 bC	44,78 aB	71,20 aA	33,38 bC	72,03 bA	50,08
OrV	43,10 aC	41,05 aC	35,20 bC	59,90 bB	34,25 bC	75,25 bA	48,13
OrA	44,85 aB	37,50 aB	35,95 bB	77,10 aA	34,25 bB	77,63 bA	51,21
ObV	51,90 aB	26,43 bC	56,48 aB	61,65 bB	30,48 bC	76,08 bA	50,50
ObA	24,13 bD	48,40 aC	45,93 aC	69,55 aB	13,50 cD	129,05 aA	55,09
Tupi	42,05 aC	45,55 aC	50,33 aC	62,78 bB	55,50 aC	76,85 bA	55,51
IAC125	44,58 aB	28,23 bC	46,18 aB	68,20 aA	51,03 aB	43,80 dB	47,00
Catiguá	13,60 bD	24,73 bC	29,50 bC	48,50 cB	15,10 cD	88,28 bA	36,62
Oeiras	38,88 aB	17,90 bC	45,00 aB	37,00 dB	49,93 aA	60,20 cA	41,49
PBr	41,38 aB	22,10 bC	59,65 aA	26,15 dC	44,55 aB	65,43 bA	43,21
Sacr	16,28 bC	23,40 bC	33,25 bB	33,88 dB	30,10 bB	57,73 cA	32,44
IPR99	41,40 aB	36,30 aB	52,80 aA	30,33 dB	48,75 aA	55,80 cA	44,23
IPR100	45,53 aA	53,03 aA	52,35 aA	55,68 dA	45,30 aA	41,55 dA	48,91
IPR103	32,80 aA	44,00 aA	44,13 aA	45,58 cA	49,05 aA	56,43 cA	45,33
Sabiá	39,03 aB	32,28 bB	36,90 bA	38,65 dB	50,98 aA	56,15 cA	42,33
Média	38,08	34,17	45,00	52,91	38,81	69,60	46,43
Teste F							
Cultivares				1.20 ^{ns}			
Safras				16.61 ^{**}			
Interação				7.49 ^{**}			
CV Cultivares (%)				21,3			
CV Safras (%)				20,86			

^{*} SH3: IAC Catuai SH3; CA62: Catuai Amarelo IAC 62; CV99: Catuai Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na média das seis safras, as cultivares que obtiveram produtividades superiores a 50 sacas ha⁻¹ foram Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuai Vermelho IAC 99. Trabalhos na literatura relatam o destaque dessas cultivares em relação ao bom potencial produtivo (Dias et al., 2005; Botelho et al., 2010). Esses valores de produtividade alcançados são

similares às obtidas em regiões mais favoráveis ao cultivo do cafeeiro, a despeito da baixa altitude e maiores temperaturas na região experimental, indicando boa adaptação das cultivares de café avaliadas em regiões com maiores temperaturas.

No Brasil, a média de produtividade para lavouras de café irrigado está na faixa de 40 a 50 sacas ha^{-1} (Conab, 2025). No presente trabalho, observou-se que na média das seis safras, com exceção das cultivares Catiguá e Sacramento, as demais apresentaram produtividade acima de 40 sacas ha^{-1} , o que mostra que as cultivares tiveram produtividade acima da média brasileira, que é de 28,8 sacas ha^{-1} , e do estado de São Paulo, que é de aproximadamente 30 sacas ha^{-1} . Ainda, as médias de produtividade encontradas são semelhantes à região do cerrado baiano, onde os produtores são mais tecnificados e alcançam produtividades em torno de 43 sacas ha^{-1} (Conab, 2025). No cerrado baiano, as altitudes estão entre 750 e 850 metros, com temperaturas médias anuais em torno de 24°C e chuvas que variam de 1.000 a 1.800 mm por ano (Carvalho, 2005).

Martins et al. (2023) avaliaram a produtividade de dezoito cultivares de café em sete safras, dentre as quais estavam IAC 125 RN, Catuaí Amarelo IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IPR 99, IPR 100, IPR 103. Neste trabalho, localizado em Vera Cruz, São Paulo, as médias de produtividade das cultivares citadas se aproximam dos resultados apresentados. Destaca-se a cultivar IAC Ouro Amarelo, que apresentou 50,1 sacas ha^{-1} no trabalho de Martins e 51,21 sacas ha^{-1} no neste estudo. Ressalta-se que as condições edafoclimáticas do trabalho citado são próximas às condições experimentais do presente trabalho, com altitude de 645 m e temperaturas que excedem 22 graus no mês mais quente.

A renda de benefício média entre as safras variou entre 43,25 e 48,63%, com média geral de 45,72% (Tabela 4). Entre 45 e 55% de renda de benefício para café arábica é a faixa considerada adequada (Krug et al., 1965). A maioria das cultivares apresentou a renda de benefício na faixa considerada adequada. Nas safras avaliadas, os valores de renda de benefício do grupo estatístico superior ficaram próximos ou acima de 50%. Já entre as cultivares, as que apresentaram maior renda foram Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC

Ouro Amarelo, IPR 100 e Sabiá Tardio. As cultivares que apresentaram médias abaixo da faixa recomendada foram Catuaí SH3, IAC Tupi, IAC 125 RN, Catiguá, Oeiras, e Sacramento, variando de 40,69 a 44,86%. A cultivar Sacramento apresentou a menor renda de benefício, com média de 40,69%, inclusive foram obtidos valores inferiores a 40% na safra 2015/2016, 2017/2018 e 2019/2020.

O parâmetro renda de benefício refere-se à quantidade requerida para compor uma saca de café cru. É um atributo com predominância do fato genético, segundo Severino et al. (2002), porém, devido à influência ambiental, há uma pequena variação entre as safras.

Tabela 4. Rendimento de benefício das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Renda de Benefício (RB)						Média
	2014/215	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2019/2020	2020/2021	
SH3	45,33 bA	44,23 bA	46,65 bA	46,00 cA	42,18 cB	44,78 aA	44,86
CA62	46,28 bB	45,18 aB	50,13 aA	47,53 bA	40,08 cC	44,13 bB	45,56
CV99	49,70 aA	47,25 aB	50,93 aA	50,08 aA	44,33 bB	44,65 aB	47,82
OrV	51,03 aA	48,78 aA	51,20 aA	49,78 aA	43,28 bC	46,38 aB	48,41
OrA	49,05 aB	47,18 aB	50,00 aA	51,63 aA	43,08 bC	42,38 bC	47,22
ObV	46,95 bA	45,43 aB	48,10 bA	48,28 bA	45,45 bB	44,90 aB	46,52
ObA	38,15 cC	44,68 aB	43,93 cB	47,93 bA	48,98 aA	47,15 aA	45,14
Tupi	45,00 bA	43,33 bB	47,45 bA	47,30 bA	40,73 cB	43,63 bB	44,57
IAC125	47,00 bA	42,18 bB	48,35 bA	47,65 bA	42,33 cB	41,60 bB	44,85
Catiguá	41,15 cB	42,33 bB	47,43 bA	44,73 cA	40,73 cB	45,93 aA	43,72
Oeiras	47,95 bA	37,03 cC	45,90 cB	47,83 bA	45,73 bB	44,05 bB	44,75
PBr	47,30 bA	42,75 bB	49,15 aA	45,65 cA	40,73 cB	42,40 bB	44,66
Sacr	40,28 cB	37,38 cB	48,08 bA	39,35 dB	39,00 cB	40,03 bB	40,69
IPR99	45,88 bB	44,88 aB	50,98 aA	47,78 bB	43,83 bB	46,73 aB	46,68
IPR100	50,73 aA	46,23 aB	51,03 aA	47,35 bB	44,95 bC	43,53 bC	47,30
IPR103	49,60 aA	45,45 aB	48,90 aA	45,05 cB	44,73 bB	48,00 aA	46,96
Sabiá	49,15 aA	46,00 aB	48,43 bA	51,58 aA	45,10 bB	45,30 aB	47,59
Média	46,50	44,13	48,63	47,38	43,25	44,45	45,72
Teste F							
Cultivares				3,58**			
Safras				15,01**			
Interação				5,24**			
CV Cultivares (%)				4,98			
CV Safras (%)				4,27			

† SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Todos os graus de maturação dos frutos apresentaram efeitos significativos para a interação cultivar x safras. A média da porcentagem de frutos verdes variou de 11,06 a 27,18% entre as safras avaliadas (Tabela 5), com maiores e menores porcentagens nas safras 2016/2017 e 2019/2020, respectivamente. Dentre as

cultivares, as que apresentaram menor porcentagem de frutos verdes e consequentemente, maior precocidade na maturação, foram IAC 125 RN (10,09%), Pau-Brasil MG1 (11,64%) e Tupi IAC 1669-33(12,88%). Por outro lado, a cultivar IAC Obatã 4739 apresentou a maior porcentagem de frutos verdes (44,98%), ou seja, essa cultivar apresentou a maturação mais tardia, bem como as cultivares Obatã IAC 1669-20 (29,03%) e IPR 100 (24,96%). A maior porcentagem de frutos verdes interfere significativamente na qualidade da bebida. Assim, é recomendado que a colheita seja iniciada quando houver entre 5 a 20% de frutos verdes (Mesquita et al., 2016).

Mesmo com a realização da colheita de forma escalonada, com preferência para as cultivares com maior quantidade de frutos maduros, algumas cultivares como a IAC Obatã 4739, Obatã IAC 1669-20 e IPR 100 foram desfavorecidas devido à desuniformidade da maturação dos frutos, que está relacionada com o ciclo mais tardio dessas cultivares e por conta da condição climática do local de cultivo.

O fator genético controla a maturação dos frutos, entretanto, essa característica é muito influenciada pelas condições edafoclimáticas onde a planta está sendo cultivada, principalmente temperatura do ar e disponibilidade de água (Petek et al., 2009).

Segundo Mesquita et al. (2016), colheitas com grandes quantidades de grãos verdes proporciona perdas qualitativas, com alterações no tipo, bebida, sabor e aroma, além de prejuízos quantitativos, sendo necessária maior quantidade de litros de café colhido na planta para se completar uma saca de café de 60 kg beneficiada.

A média geral de frutos cereja (C) e passa + seco (PS) foi de 45,32 e 22,97%, respectivamente (Tabela 6). A cultivar IAC Obatã 4739 expressou as menores porcentagens de frutos cereja (23,99%), com destaque para a safra 2015/2016, com somente 2% de grãos do tipo cereja e 39,50% de frutos passa + seco. Apesar de estar no grupo superior na 3ª safra, o valor obtido foi baixo, de apenas 13%, confirmando a maturação mais tardia mesmo em região mais quente.

As cultivares Catiguá e Obatã IAC 1669-20 também apresentaram elevada desuniformidade do grau de maturação, 37,89 e 22,22% de frutos cereja e passa + seco para a primeira e 34,52 e 20,56% para a segunda.

As cultivares com maior proporção média de frutos cereja foram a Pau-Brasil, IPR 103, IAC Ouro Amarelo e IAC Ouro Verde (Tabela 6). Analisando-se individualmente os anos, na safra 2014/2015 e 2019/2020, a IPR103 destacou-se, atingindo 73,8 e 75,35% de frutos cereja. Oeiras e Pau-Brasil ficaram no grupo superior nas safras 2014/2015, 2015/2016 e 2019/2020, com valores acima de próximos ou acima de 60% de frutos cereja, destacando-se a Pau-Brasil que atingiu quase 80% de frutos cereja e 5,3% de frutos passa + seco na safra 2015/2016. Sabiá Tardio também apresentou maior precocidade na região de estudo, apesar de ser descrita como cultivar com ciclo tardio, obteve-se maior porcentagem de grãos cereja nas safras 2014/2015 e 2015/2016 em relação a outras cultivares de ciclo tardio, como Obatã Vermelho e Obatã Amarelo.

Houve um aumento na porcentagem de frutos cereja com a prática da poda de esqueletamento, referente às safras 2019/2020 e 2020/2021. A média de frutos cereja passou 44%, nas quatro primeiras safras, para 62% nas duas safras seguintes à poda, representando um aumento de 18%. A porcentagem de frutos verdes também diminuiu, passou de 32 para 28% e passa seco de 24 para 10%.

Frutos que se encontram no estágio de maturação passa podem estar associados à fase de senescência, tornando-se suscetíveis à ação de microrganismos que desencadeiam fermentações, resultando na produção de álcoois e ácidos. Essas fermentações, se ocorrerem de maneira descontrolada e prolongada, podem levar a perdas na qualidade, especialmente quando os frutos permanecem na planta devido à colheita tardia em regiões de clima mais úmido. Isso pode contribuir para a manifestação de aromas e sabores indesejáveis no café (Mesquita et al., 2016).

Tabela 5. Porcentagem de frutos verde (V) e verde-cana (VC) das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Grau de maturação dos frutos													
	2014/2015		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2019/2020		2020/2021		Média (%)	
	V	VC	V	VC	V	VC	V	VC	V	VC	V	VC	V	VC
SH3	19,38 cA	9,00 bC	22,75 cA	6,75 aC	28,75 cA	11,00 aC	26,00 bA	10,75 bC	6,83 cB	18,20 aB	23,33 aA	26,68 bA	21,17	13,73
CA62	13,88 dB	14,88 aA	7,25 dB	5,50 aB	31,00 cA	7,00 aB	28,13 bA	13,75 bA	2,83 cB	5,18 bB	9,43 bB	8,08 cB	15,42	9,07
CV99	16,88 dA	16,25 aA	8,25 dB	9,50 aA	24,75 cA	6,00 aA	23,13 bA	11,13 bA	6,50 cB	14,50 bA	10,28 bB	13,30 cA	14,97	11,78
OrV	13,88 dB	15,50 aA	8,75 dB	5,00 aB	29,00 cA	11,50 aA	14,75 cB	14,25 bA	3,58 cB	11,63 bA	9,00 bB	17,40 cA	13,16	12,55
OrA	7,63 dB	12,38 aB	10,25 dB	5,00 aB	25,00 cA	7,25 aB	23,13 bA	21,75 aA	5,10 cB	10,93 bB	10,7 bB	13,58 cB	13,64	11,82
ObV	23,13 cB	11,25 bB	36,00 bA	10,50 aB	36,25 bA	14,00 aB	38,00 aA	13,38 bB	25,18 bB	22,63 aA	15,63 bB	23,60 bA	29,03	15,89
ObA	69,13 aA	6,88 bB	45,75 aB	12,75 aA	49,75 aB	9,00 aB	33,75 aC	12,78 bA	59,15 aA	19,58 aA	12,35 bD	15,48 cA	44,98	12,75
Tupi	12,00 dA	12,50 aB	11,5 dA	9,50 aB	18,50 dA	10,00 aB	7,00 cA	14,75 bB	11,25 cA	23,33 aA	17,00 bA	25,05 bA	12,88	15,86
IAC 125	9,13 dA	15,63 aA	7,50 dA	6,25 aB	16,00 dA	6,75 aB	7,13 cB	22,25 aA	6,70 cA	22,38 aA	14,08 bA	22,70 bA	10,09	15,99
Catiguá	45,63 bA	6,88 bC	22,00 cB	9,50 aC	28,00 cB	9,75 aC	25,30 bA	12,90 bC	12,30 cC	20,70 aB	14,18 bC	37,00 aA	24,57	16,12
Oeiras	11,88 dA	10,50 bB	16,25 cA	4,00 aB	16,75 dA	5,75 aB	13,00 cA	15,88 bA	13,33 cA	19,00 aA	19,05 aA	18,58 cA	15,04	12,29
PBr	8,13dA	12,63 aA	12,5 dA	2,75 aB	16,00 dA	5,75 aB	16,88 cA	14,13 bA	4,70 cA	13,58 bA	11,63 bA	16,83 cA	11,64	10,95
Sacr	22,63 cA	9,88 bA	16,00 cA	4,50 aB	17,75 dA	5,25 aB	10,50 cB	12,88 bA	5,53 cB	14,98 bA	8,05 bB	10,30 cA	13,41	9,63
IPR99	27,88 cA	20,13 aB	19,75 cA	5,00 aC	21,63 dA	10,88 aC	21,13 bA	15,75 bB	7,53 cB	26,05 aA	27,1 aA	15,30 cB	20,84	15,52
IPR100	15,00 dC	10,00 bB	26,5 bB	5,25 aB	39,25 bA	11,50 aB	34,00 aA	11,63 bB	6,83 cC	22,43 aA	28,15 aB	21,08 bA	24,96	13,65
IPR103	8,75 dB	5,00 bB	17,00 cB	4,00 aB	38,5 bA	8,00 aB	29,25 bA	9,13 bB	3,50 cB	12,78 bA	7,38 bB	17,13 cA	17,4	9,34
Sabiá	11,25 dB	13,25 aB	12,75 dB	5,25 aB	25,25 cA	9,00 aB	28,00 bA	21,25 aA	7,18 cB	13,63 bB	12,83 bB	12,28 cB	16,21	12,44
Média (%)	19,78	11,91	17,69	6,53	27,18	8,73	22,3	14,61	11,06 c	17,15	14,72	18,49	18,79	12,9
Teste F (V)														
Cultivares	5.93**													
Safras	8.42**													
Interação	4.73**													
CV Cultivares (%)	35,48													
CV Safras (%)	39,48													
Teste F (VC)														
Cultivares	1.58 ^{ns}													
Safras	20.91**													
Interação	2.49**													
CV Cultivares (%)	43,72													
CV Safras (%)	41,67													

[†] SH3: IAC Catuai SH3; CA62: Catuai Amarelo IAC 62; CV99: Catuai Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obata IAC 1669-20; ObA: IAC Obata 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Tabela 6. Porcentagem de frutos cereja (C) e passa + seco (PS) das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Grau de maturação dos frutos													
	2014/2015		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2019/2020		2020/2021		Média (%)	
	C	PS	C	PS	C	PS	C	PS	C	PS	C	PS	C	PS
SH3	49,75 bB	21,88 bB	60,25 aA	10,25 dC	9,75 aD	50,5 bA	52 bB	11,25 aC	66,68 aA	8,33 bC	26,75 bC	23,25 cB	44,20	20,91
CA62	64,25 aA	7,00 cD	65 aA	22,25 cC	8 aC	54 bA	45 bB	13,13 aD	64,03 bA	27,98 aC	43,73 aB	39,05 aB	48,34	27,24
CV99	58,13 bB	8,75 cD	55 aB	27,25 bC	7,5 aD	61,75 bA	53,38 bB	12,38 aD	71,95 aA	7,03 bD	34,78 bC	41,68 aB	46,79	26,47
OrV	56,88 bB	13,75 cC	67,5 aA	18,75 cC	10,75 aD	48,75 bA	52,88 bB	18,13 aC	74,33 aA	10,45 bC	40,55 aC	33,05 bB	50,48	23,81
OrA	68,75 aA	11,25 cC	64 aA	20,75 cB	9,75 aC	58 bA	47,13 bB	8 aC	70,35 aA	13,63 bC	47,93 aB	27,75 cB	51,32	23,23
ObV	58,13 bA	7,5 cB	19 bB	34,5 aA	14,25 aB	35,5 cA	41,75 bA	6,88 aB	49,83 bA	2,35 bB	24,13 bB	36,65 bA	34,52	20,56
ObA	21,25 dB	2,75 cB	2 cC	39,5 aA	13 aB	28,25 cA	47,98 bA	5,5 aB	19,03 cB	2,23 bB	40,68 aA	31,48 bA	23,99	18,29
Tupi	59,25 bA	16,25 bC	64 aA	15 cC	13 aC	58,5 bA	61,5 aA	16,75 aC	57,05 bA	8,4 bC	25,65 bB	32,28 bB	46,74	24,53
IAC 125	60 bA	15,25 cC	69,75 aA	16,5 cC	7,25 aC	70 aA	54,13 bA	16,5 aC	61,35 bA	9,58 bC	31,73 bB	31,5 bB	47,37	26,56
Catiguá	27,5 dB	20 bB	57,5 aA	11 dC	7,75 aC	54,5 bA	47,75 bA	14,13 aC	62,38 bA	9,38 bC	24,48 bB	24,33 cB	37,89	22,22
Oeiras	64,38 aA	13,25 cC	70,25 aA	9,5 dC	9,75 aC	67,75 aA	64,13 aA	7 aC	56,6 bA	5,9 bC	26,48 bB	35,93 bB	48,60	23,22
PBr	61,38 bB	17,88 bC	79,5 aA	5,25 dC	7,25 aD	71 aA	61,5 aB	7,5 aC	71,23 aA	12,03 bC	39,38 aC	32,18 bB	53,37	24,31
Sacr	35,38 cB	32,13 aB	68,75 aA	10,75 dC	8 aC	69 aA	65,25 bA	11,38 aC	63,58 bA	12,1 bC	42,08 aB	39,58 aB	47,17	29,16
IPR99	42,13 cB	9,88 cC	61,75 aA	13,5 dC	11,13 aD	56,38 bA	44,25 bB	18,88 aC	59,35 bA	7,08 bC	26,23 bC	31,33 bB	40,81	22,84
IPR100	69,75 aA	5,25 cB	60 aA	8,25 dB	14,5 aD	34,75 cA	45,38 bB	9 aB	64,28 bA	6,45 bB	33,98 bC	16,83 cB	47,98	13,42
IPR103	73,75 aA	12,5 cB	68,5 aA	10,5 dB	14 aD	39,5 cA	51,88 bB	9,75 aB	75,35 aA	8,38 bB	29,6 bC	46,05 aA	52,18	21,11
Sabiá	66,13 aA	9,38 cC	70 aA	12 dC	7,25 aC	58,5 bA	41,75 bB	9 aC	65,63 bA	13,58 bC	41,9 aB	32,98 bB	48,78	22,57
Média (%)	55,11	13,21	58,99	16,79	10,17	53,92	51,63	11,48	61,94	9,70b	34,12	32,70	45,32	22,97
Teste F (C)														
Cultivares	2.71**													
Safras	58.47**													
Interação	5.51**													
CV Cultivares (%)	16,78													
CV Safras (%)	20,04													
Teste F (PS)														
Cultivares	1.13 ^{ns}													
Safras	76.73**													
Interação	5.79**													
CV Cultivares (%)	33,38													
CV Safras (%)	29,42													

† SH3: IAC Catuai SH3; CA62: Catuai Amarelo IAC 62; CV99: Catuai Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A massa de cem grãos média entre as safras variou de 10,32 a 11,45g. As safras 2014/2015 e 2015/2016 apresentaram os maiores valores médios para essa variável. Dentre as cultivares, a IAC 125 RN produziu grãos com a maior MCG (Tabela 7), com média de 11,83g. A cultivar IPR 99 também se destacou na massa de cem grãos. Ambas cultivares são caracterizadas pela produção de grãos de tamanho grande (Carvalho et al., 2022b). A média geral para essa variável, considerando todas as cultivares, foi de 10,81g.

As cultivares Catiguá e Pau-Brasil produziram grãos mais leves, com 9,67 e 9,94g de média, respectivamente. Exceto na safra 2019/2020, nas outras safras a Catiguá produziu grãos com MCG inferior a 10g. Um mau desempenho para a MCG também foi observado nas cultivares Obatã Amarelo, na safra 2014/2015, IPR 103 na safra 2017/2018, 2019/2020 e na média geral e Obatã IAC 1669-20 na safra 2017/2018.

Tabela 7. Massa de cem grãos das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Massa de cem grãos (MCG)						Média
	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2019/2020	2020/2021	
SH3	10,88 cA	10,93 dA	10,60 cA	11,05 bA	10,50 dA	10,00 dB	10,66
CA62	10,83 cA	10,78 dA	10,68 cA	9,90 cB	10,90 cA	10,88 bA	10,66
CV99	11,55 bA	11,85 cA	10,70 cB	10,98 bB	11,30 cA	10,85 bB	11,21
OrV	11,38 bA	10,73 dA	10,08 dB	10,35 bB	10,98 cA	10,40 cB	10,65
OrA	10,53 cB	11,63 cA	10,00 dB	9,95 cB	10,53 dB	10,25 cB	10,48
ObV	10,65 cB	12,18 cA	12,03 aA	9,13 dD	12,18 bA	10,00 dC	11,03
ObA	10,05 dD	12,03 cB	11,30 bC	9,93 cD	13,85 aA	11,45 aC	11,44
Tupi	12,55 aA	12,90 bA	10,13 dC	10,90 bB	11,10 cB	10,00 dC	11,26
IAC125	12,83 aB	13,58 aA	12,08 aC	10,88 bD	10,90 cD	10,70 bD	11,83
Catiguá	9,48 dB	9,88 eA	9,90 dA	9,33 dB	10,23 dA	9,18 eB	9,67
Oeiras	10,90 cA	10,98 dA	10,80 cA	11,10 bA	10,93 cA	10,78 bA	10,92
PBr	9,88 dB	9,85 eB	9,18 eC	10,63 bA	10,05 eB	10,03 dB	9,94
Sacr	10,80 cB	11,95 dA	10,63 cB	10,78 bB	10,73 cB	10,43 cB	10,89
IPR99	11,60 bB	12,68 eA	11,23 bC	12,03 aB	11,95bB	10,48 cD	11,66
IPR100	11,38 bA	10,98 cA	10,50 cB	9,90 cC	10,35 d B	9,38 eC	10,42
IPR103	11,00 cA	9,63 bC	10,38 cB	9,48 dC	9,63 eC	10,28 cB	10,07
Sabiá	11,38 bB	12,08 dA	11,00 bC	10,73 bC	10,43 dC	10,43 cC	11,01
Média	11,04	11,45	10,66	10,41	10,97	10,32	10,81
Teste F							
Cultivares	4.18**						
Safras	6.78**						
Interação	9.89**						
CV Cultivares (%)	4,50						
CV Safras (%)	3,95						

* SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100:

IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na Tabela 8 é apresentada a porcentagem de grãos retidos nas peneiras com maiores crivos, ou seja, o rendimento de peneira 17 (RP17) e 15 (RP15). Dentre as safras avaliadas, a safra 2014/2015 e 2019/2020 apresentaram a menor quantidade de grãos graúdos, com média de 17,66 e 16,99%, respectivamente. Na safra 2014/2015 ocorreram altas temperaturas na fase de granação dos frutos, com a temperatura média mais elevada no mês de janeiro, dentre todos os meses do período experimental (Tabela 2A). Tal situação pode ser uma justificativa para a menor quantidade de grãos graúdos apresentada. Para a safra 2017/2018, a ocorrência de menor rendimento de peneira 17 pode estar relacionada à alta produtividade média obtida nesta safra (52,91 sacas ha⁻¹), o que ocasiona maior redistribuição dos fotoassimilados para um maior número de grãos, resultando em grãos com menor peneira.

A cultivar IAC 125 RN apresentou o maior RP17, com 38,11% de grãos retidos nessa peneira, em seguida, Catuaí Vermelho IAC 99, Obatã Amarelo e Sabiá Tardio que também apresentaram RP17 acima de 30%. Fernandes et al. (2020), avaliando parâmetros produtivos e de qualidade de cultivares de cafeeiro arábica no Alto do Paranaíba-MG, concluíram que a cultivar IAC 125 RN possui maior percentual de grãos de peneira alta, corroborando com os resultados do presente estudo. No trabalho citado, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 também obteve destaque quanto ao rendimento de peneira 17. Os menores valores foram obtidos pelas cultivares Catiguá (8,61%), Sacramento (12,73%) e Pau-Brasil (16,43%) (Tabela 8).

O maior percentual de RP17 foi alcançado na safra 2015/2016, com valor de 46,89%. Em contraste, essa safra foi a que apresentou a menor produtividade de grãos. Desta forma, infere-se que a menor produção média de grãos levou a uma redução no efeito de diluição em relação à distribuição dos fotoassimilados, favorecendo uma maior granação. Nesta safra, a cultivar IAC 125 RN teve destaque, com um RP17 de 67,73%. A maior parte das cultivares apresentaram RP17 próximos ou superiores a 50%, com exceção de Pau-Brasil, Sacramento e Catiguá.

O café é considerado uma mercadoria que pode agregar valor devido à sua qualidade, sendo que alguns dos atributos avaliados incluem tamanho e formato dos grãos. O tamanho do grão desempenha um papel crucial na determinação do preço, uma vez que grãos maiores geralmente têm um maior valor comercial (Leroy et al., 2006). Lotes com uma maior desuniformidade de grãos tendem a resultar em uma qualidade inferior e, conseqüentemente, em um preço mais baixo. É importante notar que grãos de maior tamanho têm um processo de torrefação mais lento, enquanto os grãos menores tendem a torrar mais rapidamente (Hoffmann, 2018).

Além disso, o tamanho e a forma dos grãos, dependendo da variedade cultivada, exercem influência direta na qualidade da bebida final (Luna González et al., 2019). Em adição, grãos de maior tamanho são geralmente preferíveis quando se trata de exportação.

Para a peneira 15, o resultado foi inverso ao apresentado para o RP17. Destaca-se que as cultivares que possuem peneiras altas para grãos chatos graúdos, têm inversamente peneiras baixas de grãos chatos miúdos (Fernandes et al., 2020). A média geral para RP15 foi de 41,89%, superior à média geral do RP17.

A maior retenção de grãos miúdos (Tabela 9) aconteceu na safra 2020/2021, com média de 11,33%. Dentre as cultivares, Sacramento e Pau-Brasil apresentaram as maiores média de RP13, com 13,85 e 13,61%, respectivamente. As menores médias de RP13 foram alcançadas pelas cultivares IAC 125, IPR 100 e Obatã IAC 1669-20, sendo 7,40, 7,99 e 8,22%. O valor médio alcançado de RP13 foi de 9,47%.

Na Tabela 10 é apresentada a porcentagem de grãos tipo moca. Os grãos moca são grãos de formato arredondado, resultante da fecundação de apenas um dos óvulos do fruto, o que leva à formação de um grão redondo ao invés de dois grãos chatos. Esse tipo de grão não é considerado um defeito na classificação do café, mas sim anomalia (Matiello et al., 2020). Segundo Fernandes et al. (2020), além dos problemas climáticos e nutricionais, um dos fatores que influencia a ocorrência de grãos tipo moca é a constituição genética da cultivar.

A média geral desse tipo de grãos foi de 16,01%, um pouco acima do considerado adequada, que é de 10%. A faixa de grãos moca considerada aceitável em contratos de venda na bolsa de valores é de até 10% (BM&FBOVESPA, 2006), e para a produção de sementes certificadas, até 12% (Guimarães et al., 2002). Na

comparação entre as safras, a maior porcentagem foi obtida na safra 2020/2021, de 28,11% e a menor porcentagem foi de 6,74%, na safra 2015/2016.

A cultivar Catiguá apresentou a maior porcentagem de grãos do tipo moca, com 29,55%, enquanto Catuaí Vermelho IAC99 apresentou a menor média, de 9,83%.

Os principais defeitos dos grãos são grãos pretos, verdes e ardidos (PVA) e a porcentagem está apresentada na Tabela 10. A média geral de defeitos PVA foi de 7,66%. Dentre as cultivares, as que apresentaram as maiores porcentagens foram IAC Obatã 4739, seguida por IPR 100 e IPR 103, com 11,45, 11,42 e 10,36% de PVA. Sabiá Tardio apresentou a menor porcentagem de grãos PVA, de 4,99%, seguida por IAC Ouro Amarelo e IAC Ouro Verde, com 6,02 e 6,07%, respectivamente. Dentre as safras, em 2014/2015, 9,39% dos grãos apresentaram defeitos do tipo PVA, enquanto na safra 2015/2016, somente 4,26%.

Grãos do tipo preto, verde e ardido são considerados os piores defeitos do grão de café, pois afetam o aspecto, a cor e o tipo da bebida, e a redução deles deve ser um dos principais objetivos para a produção de cafés com qualidade superior (Mesquita et al., 2016).

Tabela 8. Rendimento de peneira acima das peneiras 17 (RP17) e 15 (RP15). Jaboticabal, SP.

Cultivar	Rendimento de Peneira (RP)													
	2014/2015		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2019/2020		2020/2021		Média (%)	
	RP17	RP15	RP17	RP15	RP17	RP15	RP17	RP15	RP17	RP15	RP17	RP15	RP17	RP15
SH3	15,75 cC	46,40 aB	46,20 dA	32,90 cC	40,73 bA	37,10 cC	30,18 bB	46,28 aB	11,38 dC	55,18 bA	5,33 cD	42,88 bB	24,93	43,46
CA62	22,65 bC	42,23 bC	52,58 cA	28,83 dD	35,40 cB	40,00 bC	45,10 aA	31,58 cD	21,53 cC	58,03 bA	7,58 bD	51,33 aB	30,81	42,00
CV99	26,18 aC	43,98 aB	50,35 cA	32,58 cC	48,50 aA	34,95 cC	40,08 aB	41,08 bB	29,10 bC	51,05 cA	9,00 bD	48,50 aA	33,87	42,02
OrV	20,28 bC	47,75 aB	46,28 dA	36,75 cC	37,05 cB	38,03 cC	35,05 bB	42,85 bC	18,55 cC	61,90 aA	7,03 bD	49,45 aB	27,37	46,12
OrA	13,60 cB	48,53 aB	41,10 dA	39,95 bB	36,75 cA	41,93 bB	33,90 bA	44,83 bB	11,65 dB	60,05 aA	3,58 cC	45,48 bB	23,43	46,80
ObV	8,83 dC	48,50 aA	56,40 bA	27,93 dB	50,13 aA	30,85 dB	18,23 cB	46,70 aA	23,05 cB	50,40 cA	2,55 cC	34,78 cB	26,53	39,86
ObA	12,48 cC	39,23 bB	50,80 cA	31,30 dC	51,78 aA	28,90 dC	25,53 bB	43,48 aB	51,03 aA	31,48 dC	14,40 aC	49,70 aA	34,34	37,35
Tupi	25,95 aB	40,73 bA	56,10 bA	25,95 dC	27,45 dB	42,15 aA	30,55 bB	36,23 bB	17,78 cC	47,80 cA	4,95 cD	36,20 cB	27,13	38,18
IAC 125	31,13 aD	34,43 cB	67,73 aA	18,00 eD	53,33 aB	28,95 aC	45,25 aC	35,10 cB	15,40 cE	51,95 cA	15,83 aE	39,30 bB	38,11	34,62
Catiguá	6,38 dB	29,13 cC	13,48 fA	49,38 aB	18,68 eA	47,88 aB	8,28 dB	47,10 aB	3,90 eB	55,90 bA	0,95 cB	20,50 eB	8,61	41,65
Oeiras	14,53 cC	45,13 aB	43,55 dA	35,60 cC	33,33 cB	45,08 aB	30,95 bB	49,48 aB	8,28 dD	61,88 aA	5,30 cD	48,13 aD	22,66	47,55
PBr	4,95 dB	38,28 bB	31,25 eA	39,78 bB	27,60 dA	45,63 aB	26,53 bA	42,58 bB	5,90 eB	54,83 bA	2,35 cB	39,98 bB	16,43	43,51
Sacr	7,20 dC	41,58 bB	33,75 eA	41,00 bB	19,15 eB	50,38 aA	12,80 dC	49,80 aA	2,80 de	45,70 cA	0,65 cD	28,45 dC	12,73	42,82
IPR99	21,35 bC	47,65 aA	56,20 bA	26,00 dD	50,10 aA	30,78 dD	40,25 aB	36,55 cC	27,60 bC	50,48 cA	9,18 bD	41,58 bB	34,11	38,84
IPR100	24,00 bB	49,65 aA	45,25 dA	34,73 cB	44,88 bA	34,33 cB	18,38 cB	52,40 aA	11,23 dC	54,48 bA	1,60 cD	27,15 dC	24,22	42,12
IPR103	18,88 bB	48,83 aB	45,98 dA	33,88 cD	41,95 bA	37,20 cC	16,13 cB	46,40 aB	12,08 dC	55,53 bA	6,93 bC	50,43 aB	23,66	45,38
Sabiá	26,13 aC	38,90 bB	60,20 bA	22,60 eD	50,88 aB	29,70 dC	29,65 bC	42,68 bB	17,60 cD	60,38 aA	8,85 bE	45,03 bB	32,22	39,88
Média (%)	17,66	43,00	46,89	32,77	39,28	37,87	28,64	43,24	16,99	53,35	6,24	41,11	25,95	41,89
Teste F (RP17)														
Cultivares	6,48**													
Safras	80,48**													
Interação	7,36**													
CV Cultivares (%)	24,65													
CV Safras (%)	19,89													
Teste F (RP15)														
Cultivares	10,06 ^{ns}													
Safras	17,02**													
Interação	8,61**													
CV Cultivares (%)	11,39													
CV Safras (%)	11,13													

[†] SH3: IAC Catuai SH3; CA62: Catuai Amarelo IAC 62; CV99: Catuai Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Rendimento de peneira acima das peneiras 13 (RP13) e inferior a 13 (Fundo). Jaboticabal, SP.

Cultivar	Rendimento de Peneira (RP)													
	2014/2015		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2019/2020		2020/2021		Média (%)	
	RP13	Fundo	RP13	Fundo	RP13	Fundo	RP13	Fundo	RP13	Fundo	RP13	Fundo	RP13	Fundo
SH3	7,25 dB	7,35 cB	11,6 bA	2,73 aC	9,08 cA	3,73 aC	7,38 cB	4,78 bC	4,10 cC	8,68 aB	10,03 cA	15,33 cA	8,24	7,10
CA62	12,78 bA	5,38 cB	10,65 cB	3,15 aB	11,4 bB	2,78 aB	7,68 cC	4,58 bB	6,58 cC	4,93 bB	14,45 bA	9,45 eA	10,59	5,05
CV99	10,30 cB	4,60 cB	10,95 cB	2,1 aB	8,2 cC	2,15 aB	7,28 cC	4,28 bB	6,80 cC	4,15 bB	15,98 aA	9,03 eA	9,92	4,39
OrV	9,45 dA	5,05 cB	9,15 cA	2,15 aB	10,8 bA	3,23 aB	9,18 cA	4,33 bB	4,25 cB	4,18 bB	10,00 cA	9,40 eA	8,81	4,72
OrA	8,23 dA	6,90 cB	10,55 cA	2,08 aC	10,4 cA	3,20 aC	6,80 cB	3,40 bC	4,68 cB	7,33 aB	10,6 cA	10,33 eA	8,54	5,54
ObV	6,10 eA	6,53 cB	8,10 cA	2,33 aC	8,38 cA	3,18 aC	8,30 cA	7,95 aB	8,25 bA	6,53 aB	10,18A	17,95 bA	8,22	7,41
ObA	7,30 dB	10,10 bA	8,83 cB	2,75 aB	7,50 cB	3,83 aB	8,63 cB	7,80 a A	8,15 bB	3,68 bB	11,30 cA	8,88 eA	8,62	6,17
Tupi	10,65 cB	6,28 cC	9,60 cB	3,30 aD	11,13 bB	5,15 aC	14,95 aA	6,40 aC	7,05 bC	9,20 aB	10,33 cB	17,98 bA	10,62	8,05
IAC 125	5,75 eC	9,70 bB	5,60 dC	3,05 aC	7,85 cB	2,95 aC	11,13 bA	2,90 bC	5,83 cC	8,98 aB	8,25 cB	15,03 cA	7,40	7,10
Catiguá	8,48 dB	16,43 aB	12,65 bA	5,63 aD	9,78 cB	5,78 aD	10,05 cB	8,28 aC	5,73 cC	8,55 aC	5,25 dC	22,08 aA	8,66	11,13
Oeiras	11,13 cA	7,08 cA	12,43 bA	2,18 aB	8,03 cB	3,08 aB	8,18 cB	3,80 bB	8,15 bB	3,68 bB	8,53 cB	8,90 eA	9,41	4,79
PBr	15,68 aB	11,58 bA	14,15 aB	3,60 aC	12,98 bC	3,90 aC	11,28 bC	5,48 bB	9,45 aD	6,95 aB	18,10 aA	9,38 eA	13,61	6,82
Sacr	12,95 bB	11,7 bB	15,35 aA	4,00 aC	15,5 aA	3,50 aC	13,48 aB	6,13 aC	11,15 aB	9,98 aB	14,65 bA	16,75e bA	13,85	8,68
IPR99	8,33 dA	7,30 cB	9,08 cA	2,53 aC	7,98 cA	3,10 aC	8,80 cA	3,40 bC	7,28 bA	5,88 bB	9,30 cA	13,28 dA	8,46	5,92
IPR100	5,78 eB	4,53 cC	9,80 cA	3,53 aC	9,85 cA	3,45 aC	7,65 cB	6,28 aB	5,45 cB	7,85 aB	9,38 cA	24,05 aA	7,99	8,28
IPR103	7,50 dC	5,55 cB	10,03 cB	3,20 aB	8,53 cC	3,78 aB	7,78 cC	6,45 aA	3,98 cD	5,28 bB	13,58 bA	8,90 eA	8,57	5,53
Sabiá	12,45 bA	5,63 cB	8,45 cB	3,18 aB	9,60 cB	3,28 aB	7,25 cB	4,58 bB	6,48 cB	4,58 bB	12,63 bA	11,75 d	9,48	5,50
Média (%)	9,42	7,75	10,41	3,03	9,82	3,53	9,16	5,34	6,67	6,49	11,33	13,44	9,47	6,60
Teste F (RP13)														
Cultivares	4.31**													
Safras	11.91**													
Interação	5.02**													
CV Cultivares (%)	23,52													
CV Safras (%)	17,73													
Teste F (Fundo)														
Cultivares	3.21**													
Safras	49.27**													
Interação	6.48**													
CV Cultivares (%)	30,53													
CV Safras (%)	26,52													

¹ SH3: IAC Catuai SH3; CA62: Catuai Amarelo IAC 62; CV99: Catuai Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Tabela 10. Porcentagem de grãos tipo moca e de defeitos (PVA) das cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Grãos moca e defeitos													
	2014/2015		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2019/2020		2020/2021		Média (%)	
	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA	Moca	PVA
SH3	7,25 eC	5,50 cB	6,65 bC	6,48 aB	9,45 bC	10,80 bA	11,40 dC	7,38 cB	20,68 bB	3,93 eB	26,45 dA	11,00 cA	13,65	7,52
CA62	17,03 dA	11,58 bA	4,80 bB	1,83 aC	10,48 bB	8,60 cB	11,10 dB	12,48 bA	8,95 dB	3,23 eC	17,25 eA	3,30 dC	11,60	6,84
CV99	15,03 dA	8,80 cA	4,03 bB	3,83 aB	6,20 bB	9,70 cA	7,30 dB	9,65 bA	8,93 dB	3,83 eB	17,48 eA	5,15 dB	9,83	6,83
OrV	17,55 dB	8,10 cB	5,65 bC	4,68 aC	10,90 bC	11,85 bA	8,58 dC	5,55 cC	11,15 dC	2,43 eC	24,15 dA	3,83 dC	13,00	6,07
OrA	22,75 cB	7,18 cA	6,25 bD	2,70 aB	7,75 bD	9,38 cA	11,13 dD	9,40 bA	16,33 cC	3,10 eB	30,08 cA	4,33 dB	15,72	6,02
ObV	30,05 bA	10,78 bB	5,25 bC	3,33 aD	7,53 bC	14,18 aA	18,85 bB	8,45 bC	11,75 dC	15,13 bA	34,55 bB	7,08 dC	18,00	9,83
ObA	30,90 bA	17,68 aA	6,30 bC	3,95 aD	7,93 bC	13,68 aB	14,55 cB	8,40 bC	5,65 dCB	19,30 aA	15,70 eA	5,68 dD	13,51	11,45
Tupi	16,38 dB	7,88 cA	5,08 bC	4,63 aB	14,13 aB	5,10 dB	11,88 dB	6,18 cB	18,15 cB	8,23 cA	30,53 cA	8,33 dA	16,03	6,73
IAC 125	19,05 cB	6,88 cB	5,63 bC	3,65 aB	6,93 bC	9,40 cA	8,38 dC	4,08 cB	17,88 cB	5,88 eB	25,23 dA	11,03 cA	13,85	6,82
Catiguá	39,65 aB	15,45 aA	16,23 aD	5,60 aB	17,90 bD	6,85 dB	26,30 aC	5,40 cB	25,98 aC	4,00 dB	51,23 aA	5,38 dB	29,55	7,11
Oeiras	22,15 cB	8,85 cA	6,23 bC	4,50 aA	10,43 bC	5,35 dA	7,58 dC	5,55 cA	18,03 cB	6,95 dA	29,13 cA	5,68 dA	15,59	6,15
PBr	29,58 bA	6,35 cB	8,55 bC	3,83 aB	9,90 bC	7,48 dB	14,15 cC	10,70 bA	22,85 bB	6,50 dB	30,18 cA	5,55 dB	19,20	6,74
Sacr	26,63 bB	12,20c bA	8,60 bD	5,23 aB	11,55 bD	5,65 dB	17,83 bC	9,43 bA	30,35 aB	5,83 dB	39,48 bA	6,20 dB	22,41	7,42
IPR99	15,38 dB	12,10 bA	6,25 bC	3,20 aC	8,05 bC	7,18 dB	11,03 dC	7,33 cB	8,75 dC	3,20 eC	26,65 dA	14,48 bA	12,69	7,92
IPR100	16,03 dB	6,95 cD	6,68 bC	3,03 aE	7,50 bC	15,80 aB	15,30 cB	10,00 bC	21,00 bB	10,20 cC	37,88 bA	22,53 aA	17,40	11,42
IPR103	19,30 cA	6,95 cB	6,93 bB	6,88 aB	8,55 bB	9,65 cB	25,43 aA	30,98 aA	22,95 bA	5,35 dC	20,18 eA	2,35 dC	17,22	10,36
Sabiá	16,90 dA	6,35 cA	5,55 bB	5,13 aA	6,58 bB	4,95 dA	15,88 cA	5,35 cA	10,98 dB	2,68 eA	21,70 eA	5,48 dA	12,93	4,99
Média (%)	21,27	9,39	6,74	4,26	9,52	9,15	13,92	9,19	16,49	6,46	28,11	7,49	16,01	7,66
Teste F (Moca)														
Cultivares	4.64**													
Safras	46.33**													
Interação	6.72**													
CV Cultivares (%)	30,94													
CV Safras (%)	22,85													
Teste F (PVA)														
Cultivares	1.29 ^{ns}													
Safras	4.12**													
Interação	13.59**													
CV Cultivares (%)	28,6													
CV Safras (%)	29,18													

¹ SH3: IAC Catuai SH3; CA62: Catuai Amarelo IAC 62; CV99: Catuai Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacr: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sabiá: Sabiá Tardio. FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Dois componentes principais (CP) foram consideráveis para explicar 61,24% da variabilidade dos dados, correspondendo a 34,09% para o CP1 e 27,15% para o CP2 (Figura 3). As variáveis com valores acima de 0,600 são consideradas relevantes e para o CP1, foram RP17, MCG e PROD (Tabela 11). Variáveis com sinais iguais são diretamente correlacionadas entre si, enquanto variáveis com sinais opostos possuem correlação inversa. Massa de cem grãos, renda de benefício, rendimento de peneira 17 e produtividade se correlacionaram diretamente, ou seja, quanto maior MCG, RP17 ou RB, maior a produtividade de grãos. Esses atributos citados correlacionaram-se inversamente com a quantidade de grãos miúdos (RPfundo) e grãos moca. Ou seja, quanto maior a quantidade de grãos de menor peneira e grãos moca, menor a quantidade de grãos graúdos, rendimento de benefício e massa de cem grãos, e por consequência, menor a produtividade.

Para o CP2 as variáveis relevantes foram grãos moca, RPfundo e VD. Vale destacar que os CP são independentes entre si, ou seja, a existência de um não interfere no outro.

Tabela 11. Cargas dos fatores variáveis dos componentes principais.

	CP1	CP2
RP17	0,82	-0,49
RP15	-0,53	-0,28
RP13	-0,70	-0,12
Moca	-0,61	0,75
RPFundo	-0,30	0,85
MCG	0,63	-0,26
RB	0,54	-0,45
PVA	0,44	0,58
VD	0,56	0,66
VC	0,44	0,44
CER	-0,55	-0,64
PS	-0,48	-0,50
PROD	0,76	-0,17

RP17: grãos chatos retidos na peneira 17; RP15: grãos chatos retidos na peneira 15; RP13: grãos chatos retidos na peneira 13; Moca: grãos tipo moca; RPFundo: grãos miúdos; MCG: massa de cem grãos; RB: rendimento de benefício; PVA: grãos pretos, verdes e ardidos; VD: frutos verdes; VC: frutos verde cana; CER: frutos cereja; PS: frutos passa e seco; PROD: produtividade média de grãos das seis safras.

Tanto a análise univariada, discutida anteriormente, quanto a análise de componentes principais permitiram identificar as cultivares com melhor desempenho para os atributos agrônômicos e qualitativos (Figura 3).

Fora da elipse estão localizadas as cultivares com características específicas para os dois componentes principais. Para o CP1, as cultivares que apresentaram melhor desempenho agrônômico foram Obatã Amarelo, Obatã Vermelho e IAC 125, com maior produção de grãos graúdos, maior MCG, RP17 e MCG e maior produtividade.

Opostamente ficaram as cultivares com os piores desempenhos: Pau-Brasil, Sacramento e Catiguá, materiais da EPAMIG. Apesar de ser recomendado o cultivo destes materiais nas mesmas condições consideradas adequadas ao plantio de cultivares do grupo Catuaí (Botelho et al., 2008), a performance delas foi significativamente inferior em relação às cultivares deste grupo. Inclusive, a Sacramento, que é caracterizada pelo alto vigor vegetativo e elevadas colheitas nas primeiras safras (Botelho et al., 2008), na região de Jaboticabal demonstrou baixa performance.

A análise multivariada corroborou e complementou os resultados da análise univariada, podendo ser utilizada nos programas de melhoramento na identificação de materiais com características superiores para esses e outros atributos (Romano et al., 2022), sendo também uma ferramenta útil na seleção de cultivares disponíveis comercialmente.

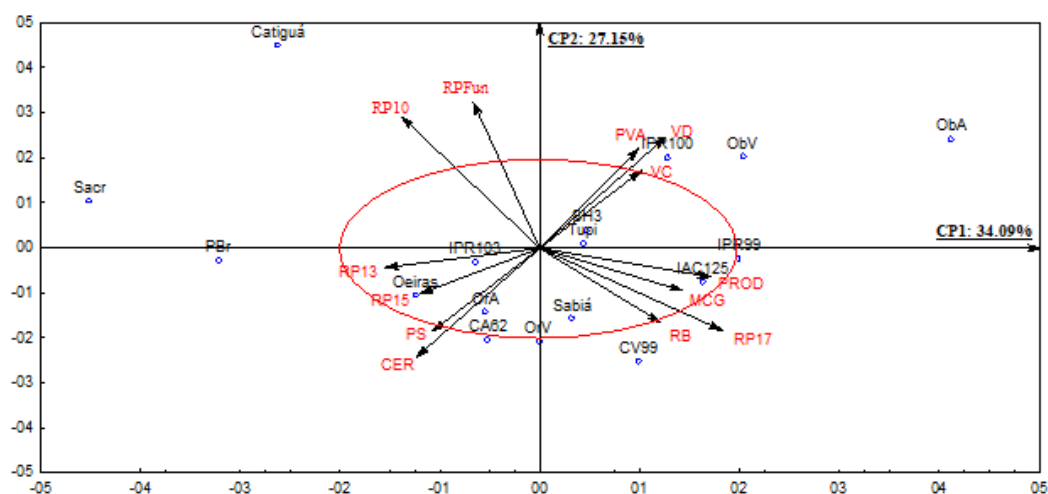


Figura 3. Biplot dos componentes principais para avaliar a dispersão dos atributos agrônômicos e qualitativos médios de seis safras de 17 cultivares de café arábica. Jaboticabal, SP. SH3: IAC Catuaí SH3; CA62: Catuaí Amarelo IAC 62; CV99: Catuaí Vermelho IAC 99; OrV: IAC Ouro Verde; OrA: IAC Ouro Amarelo; ObV: Obatã IAC 1669-20; ObA: IAC Obatã 4739; Tupi: Tupi IAC 1669-33; IAC125: IAC 125 RN; Catiguá MG1; Oeiras: Oeiras MG 6851; PBr: Pau-Brasil MG1; Sacra: Sacramento MG1; IPR99: IPR 99; IPR100: IPR 100; IPR103: IPR 103; Sábá: Sábá Tardio.

2.4 Conclusões

É possível obter elevadas produtividades (de 40 a 50 sacas ha⁻¹) de grãos de café em região de baixa altitude e de temperaturas mais elevadas, nas condições experimentais apresentadas.

A cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99 se destacaram quanto à produtividade de grãos, atingindo em média 50 sacas ha⁻¹.

As cultivares Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, IPR 100 e Sabiá Tardio obtiveram as maiores porcentagens de renda de benefício, acima de 45%, enquanto IAC 125 RN e IPR 99 produziram grãos com maior massa de cem grãos, acima de 11 gramas.

Pau-Brasil, IPR 103, IAC Ouro Amarelo e IAC Ouro Verde apresentaram as maiores porcentagens de grãos cereja, ultrapassando 50%. A cultivar IAC Obatã 4739 se destacou quanto à maturação tardia, mesmo nas condições edafoclimáticas apresentadas.

As cultivares IAC 125 RN, Catuaí Vermelho IAC 99, Obatã Amarelo e Sabiá Tardio obtiveram maior porcentagem de grãos graúdos.

As cultivares Tupi IAC 1669-33 e IAC Ouro Amarelo podem ser recomendadas para cultivo em condições edafoclimáticas próximas às expostas no presente trabalho, uma vez que apresentaram bom desempenho produtivo e se destacaram na maioria das características avaliadas.

2.5 Referências

Alves HMR (2024) Monitoramento climático e fitossanitário como ferramenta para o manejo integrado das principais pragas e doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário EPAMIG** 45:36-37.

Barbosa IDP, Oliveira ACBD, Rosado RDS, Sakiyama NS, Cruz CD, Pereira AA (2019) Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 19:428-435. <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a60>

Barrios-Rodriguez YF, Cordoba-Salazar GA, Bahamón-Monje AF, Gutiérrez-Guzmán N (2021) Effect of roast degree, preparation method, and variety in the sensory and chemical characteristics of coffee (*Coffea arabica*): A mid-infrared spectrum analysis. **Coffee Science** 16:e161964. <https://doi.org/10.25186/v16i.1964>

Botelho CE, Rezende JC, Carvalho GR, Carvalho AM, Andrade VT, Barbosa CR (2010) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.** 45(12):1404-1411p. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200010>.

Botelho CE, Soares TL, Oliveira ACB, Pereira AA (2008) Cultivares de café e suas principais características agrônômicas e tecnológicas. **Informe Agropecuário** 29:31- 41.

Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Café. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/sao-paulo>>. Acesso em 15 jul. 2024

Brasil (2025). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>

Carvalho AM, Botelho CE, Ferreira AD, Teramoto ET, Lima AE, Junior FSM, Guerreiro Filho O (2022a). Initial vegetative and reproductive development of coffee cultivars in Vale do Ribeira Paulista. **Semina: Ciências Agrárias** 43:961-972. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p961>

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F e Hotz A (2022b) **Catálogo de cultivares de café arábica**. 115 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2025) **Acompanhamento da safra brasileira – café 4º levantamento**. CONAB, Brasília. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 17 fev. 2025.

Cruz CD (2006) Programa Genes: Biometria. Viçosa: UFV, 382p.

Custódio AAP (2012) Influência de fatores bioclimáticos no desenvolvimento e produção do cafeeiro arábica e na qualidade dos grãos em Matão (SP). 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Dias FP, Souza CAS, Mendes ANG, Carvalho SP, de Razo BM, Botelho CE (2005) Caracterização de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: II - caracteres relacionados à produção. **Ceres** 52:85-100.

Fernandes MIS, Assis GA, Nascimento LG, Cunha BA, Airão ALC, Gallet DS (2020) Parâmetros produtivos e de qualidade de cultivares de cafeeiros na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development** 9(9):e147996681. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6681>

Ferreira WP, Ribeiro Júnior JI, Fátima Souza C (2019) Climate change does not impact on *Coffea arabica* yield in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 99:5270-5282. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8465>

Guimarães RJ, Mendes ANG, Souza CAS (2002) Noções de processamento pós colheita, secagem e beneficiamento de café. In: Guimarães RJ, Mendes ANG, Souza CAS (Eds.) **Cafeicultura**. Lavras: UFLA, p. 294-300

Hoffmann J (2018) **The World Atlas of Coffee: From Beans to Brewing - Coffees Explored, Explained and Enjoyed** (2nd ed.). London: Octopus. 272 p.

Kaiser HF (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis.

Krug CA, Malavolta E, Moraes FRP, Dias RA, Carvalho A, Monaco LC, Franco CM, Bergamin J, Heinrich WO, Abrahão J, Rigitano A, Souza OF, Fava JFM (1965) **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa. 277 p.

Leroy T, Ribeyre F, Bertrand B, Charmetant P, Dufour M, Montagnon C, Marraccini P, Pot D (2006) Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 18:229–242. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100016>

Luna González A, Macías Lopez A, Taboada Gaytan OR, Morales Ramos V (2019) Cup quality attributes of Catimors as affected by size and shape of coffee bean (*Coffea arabica* L.). **International Journal of Food Properties** 22:758-767. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1603997>

Martins AN, Turco PHN, Araújo HS, Firetti R (2023) Productivity and physical quality of grains from *Coffea arabica* L. in a tropical high-altitude climate in Brazil. **Coffee Science** e128167. <https://doi.org/10.25186/.v18i.2167>.

Matiello J (2008) Critérios para a escolha da cultivar de café. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 1, 157-226

Matiello JB, Santinato R, Garcia AWR, Almeida SR, Fernandes DR (2020) **Cultura do café no Brasil. Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/Fundação Procafé. 716 p.

Melo Pereira GV, Carvalho Neto DP, Júnior AIM, Prado FG, Pagnoncelli MGB, Karp SG, Soccol CR (2020) Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products. **Advances in Food and Nutrition Research** 91:65-96. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.10.002>

Mesquita CD, Rezende JD, Carvalho JS, Fabri Júnior MA, Moraes NC, Dias PT, ... Araújo WG (2016) Manual do café: colheita e preparo (*Coffea arabica* L.). Belo Horizonte: EMATER-MG, p. 1-56. Disponível em:

http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_colheita_preparo.pdf

OIC – Organização Internacional do Café (2021) **ICO Coffee Development Report 2020**. Disponível em: <<https://www.internationalcoffeecouncil.com/cdr2020>>. Acesso em: 15 de jul. 2024

Oliveira Aparecido LE, Rolim GDS, Moraes JRDSCD, Valeriano TTB, Lense GHE (2018) Maturation periods for *Coffea arabica* cultivars and their implications for yield and quality in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 98:3880-3891.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.8905>

Petek MR, Sera T, Fonseca ICDB (2009) Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia** 68:169-181. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000100018>

Pezzopane JRM, Pedro Júnior MJ, Thomaziello RA, Camargo MBP (2003) Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia** 62:499-505. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000300015>

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Psychometrika 23:187-200. <https://doi.org/10.1007/BF02289233>

Rena AB, Maestri, M (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In.: Castro PRC, Ferreira SO, Yamada T (Eds.) **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 119-147.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

Rolim GS, Oliveira Aparecido LE, Souza PS, Lamparelli RAC, Santos, ER (2020) Climate and natural quality of *Coffea arabica* L. drink. **Theoretical and Applied Climatology** 141:87-98. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03117-3>

Romano LS, Giomo GS, Coelho AP, Filla VA, Lemos, LB (2022) Characterization of Yellow Bourbon coffee strains for the production of differentiated specialty coffees. **Bragantia** 81:e2222. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210236>

Rosner B (1983) Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure. **Technometrics** 25:165-172. <https://doi.org/10.2307/1268549>

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, Cunha TJF (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solo**, 5^a ed. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.

Severino LS, Sakiyama NS, Pereira AA, Miranda GV, Zambolim L, Barros UV (2002) Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum. Agronomy** 24:1467-1471.

Teixeira AL, Souza FDF, Pereira AA, Oliveira ACBD, Rocha RB (2015) Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. **Ciência Rural** 45:1228-1234. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>.

CAPÍTULO 3 – Adaptabilidade e estabilidade das cultivares de café arábica para produtividade em região de baixa altitude

RESUMO – O café arábica é uma cultura adaptada a locais com maiores altitudes e temperaturas mais amenas. Entretanto, o seu cultivo em regiões marginais (com menores altitudes, elevadas temperaturas e/ou déficit hídrico acentuado) pode resultar em produtividades satisfatórias, desde que haja escolha correta das cultivares adaptadas a esses locais. A viabilidade da produção sustentável de café nessas regiões proporciona boa oportunidade de renda e agregação de valor para pequenos e grandes produtores rurais num mercado em expansão. O objetivo do presente estudo foi identificar as cultivares de café arábica de porte baixo com melhor adaptabilidade e estabilidade de produção em região de baixa altitude. O experimento foi realizado no Nordeste do Estado de São Paulo, município de Jaboticabal, Brasil, que está a 565 m de altitude. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas foram constituídas por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã Amarelo IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Tupi IAC 125, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR99, IPR100, IPR103, Sabiá Tardio) e as subparcelas foram seis safras. Foram utilizados quatro métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos: Eberhart e Russel, Lin e Binns, Annicchiarico e Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG). Foram verificadas produtividades similares às obtidas em regiões mais favoráveis ao cultivo do café, com as cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99, superando 50 sacas ha⁻¹, indicando boa adaptação desses genótipos em região de baixa altitude. A classificação das cultivares quanto à adaptabilidade e estabilidade produtiva diferiu entre os métodos, contudo, a variedade Tupi IAC 1669-20 se destacou nos ambientes classificados como gerais, favoráveis e desfavoráveis, comprovando sua ampla adaptabilidade e estabilidade.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; melhoramento genético; clima; interação genótipo x ambiente.

3.1 Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café arábica (*Coffea arabica* L.) (Oic, 2023), com produção em 2024 de 54,2 milhões de sacas beneficiadas, o que representa 73% da produção total de café no país, segundo dados da Conab (2025). O estado de São Paulo é o segundo maior produtor do país e possui uma área plantada de 186 mil hectares, aproximadamente 12% da área total destinada à cafeicultura no Brasil (Conab, 2025).

A maioria das cultivares de café arábica é adaptada à regiões de elevadas altitudes e temperaturas amenas, contudo, o seu cultivo pode ocorrer em regiões menos aptas, com baixas altitudes e temperaturas mais elevadas, consideradas regiões marginais. Nessas regiões, o déficit hídrico anual e a temperatura alta são as principais limitações para o cultivo (Teixeira et al., 2015; Carvalho et al., 2022).

Os ganhos em produtividade e a obtenção de grãos com alta qualidade de bebida são dois objetivos importantes a serem considerados no cultivo do café arábica, sendo tais fatores influenciados pelo fator genético e pelo ambiente, principalmente temperatura e precipitação, que estão estreitamente relacionados com a altitude (Rolim et al., 2020). No Brasil, o desenvolvimento de cultivares adaptadas às diferentes condições de cultivo e com características agronômicas superiores é uma das melhorias decorrentes do melhoramento genético da cultura e que tem contribuído com o sucesso da cafeicultura nacional. No país, as regiões cafeeiras são bastante distintas e com características ambientais definidas, o que influencia fortemente o comportamento das cultivares desenvolvidas (Botelho et al., 2010). Atualmente existem 124 cultivares registradas no Brasil (Brasil, 2025), porém, há carência de informações sobre o comportamento agrônomo e a adaptabilidade e estabilidade de produção desses materiais genéticos em regiões de baixa altitude.

A resposta distinta de genótipos em diferentes ambientes evidencia a interação genótipo x ambiente e uma maneira de minimizar o efeito dessa interação é identificar genótipos de ampla adaptabilidade e estabilidade produtiva (Cruz e Castoldi, 1991). Diversos métodos estão disponíveis para avaliação e classificação de genótipos quanto à adaptabilidade e estabilidade, de modo que possam ser descartados ou recomendados para diferentes ambientes (Moura et al., 2017; Cruz et al., 2021). Dentre os métodos disponíveis, destacam-se os baseados na análise de variância

(Annicchiarico, 1992), em regressão linear (Eberhart e Russel, 1966), em estatísticas não-paramétricas (Lin e Binns, 1988) e em modelos mistos, pela média harmônica da performance relativa dos valores genéticos – MHPRVG (Resende, 2007).

Existem alguns trabalhos na literatura, na cultura do café, utilizando os métodos de adaptabilidade e estabilidade citados. Botelho et al. (2010), utilizando o método de Annichiarico (1992), avaliaram a adaptabilidade e estabilidade fenotípicas para a produtividade de cafeeiro arábica do grupo Catuaí e concluíram que as cultivares Catuaí IAC 15, Catuaí Amarelo IAC 30, Catuaí Amarelo IAC 62 e Catuaí Vermelho IAC 72 são as mais promissoras nas regiões cafeeiras de Minas Gerais.

Usando o método de Eberhart e Russel (1966) a partir da média de produtividade anual e de biênios de cultivares de café arábica sob cultivo orgânico em Minas Gerais, Moura et al. (2014) observaram que a adaptabilidade e estabilidade com base na produtividade de biênios foi mais eficiente para a seleção das cultivares.

A adaptabilidade e estabilidade da produção de 15 clones de cafeeiro conilon, variaram conforme o método de estimação utilizado: Eberhart e Russel, Lins & Binns, Annicchiarico, MHPRVG e centroide (Rocha et al., 2015). Esses autores concluíram que os métodos Lin e Binns e Annicchiarico apresentaram resultados semelhantes, podendo um método ser utilizado em substituição a outro. Os métodos MHPRVG e centroide permitiram caracterizar os clones de maior produtividade acumulada e estabilidade produtiva ao longo do tempo.

Avaliando a adaptabilidade e estabilidade da produtividade de clones de cafeeiro conilon utilizando a MHPRVG, Ramalho et al. (2016) concluíram que esse método é adequado para selecionar clones de cafeeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva.

Assim, a hipótese para o presente trabalho é que diferentes métodos de estudo de adaptabilidade e estabilidade convergem para uma identificação semelhante das cultivares de café arábica mais adaptadas e mais estáveis para região de baixa altitude.

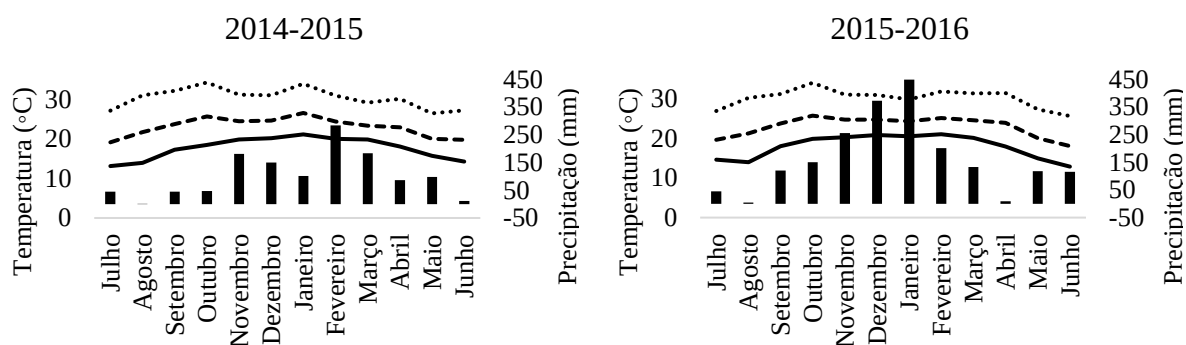
Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade da produção de cultivares de café arábica de porte baixo em região de baixa altitude, utilizando-se diferentes métodos.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Descrição da área experimental e caracterização climatológica

O experimento de campo foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Câmpus de Jaboticabal (SP), latitude 21°14'30.23" Sul e longitude de 48°17'51.66" Oeste de Greenwich, com altitude de 565 m. O clima é classificado como Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco), segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (Santos, 2018), de textura argilosa, com teores de argila, silte e areia de 533, 193 e 274 g kg⁻¹, respectivamente.

Baseando-se nas normais climatológicas de 1971 a 2014, a temperatura média anual (Tm) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (Tn) é de 24 °C e a precipitação anual é de 1417 mm. Constata-se, pelos dados médios, uma limitação ao cultivo de café nessa região, que se refere a componente térmica. A Tm está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. A Tn está no limite adotado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), de 24 °C (Brasil, 2011). A classificação da região passaria de “apta”, de acordo com Pinto et al. (2001) para “marginal com restrição térmica”. Os dados de temperatura e precipitação das seis safras de café são apresentados na Figura 1.



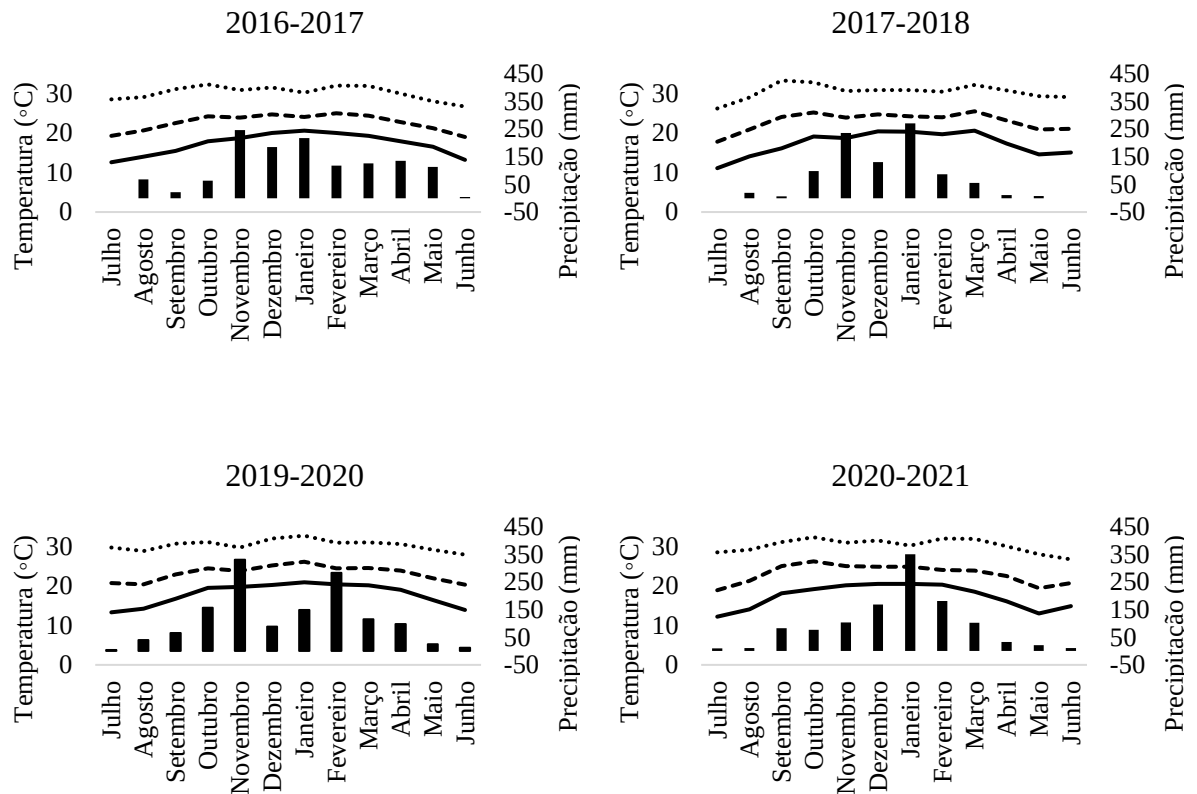


Figura 1. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (Tmax, Tmin e Tm) e precipitação. 1ª Safra (2014/2015), 2ª Safra (2015/2016), 3ª Safra (2016/2017), 4ª Safra (2017/2018), 5ª Safra (2019/2020) e 6ª Safra (2020/2021). Jaboticabal, SP.

O déficit hídrico anual médio de Jaboticabal entre 1971 e 2000 foi de 56 mm (Figura 2A), não havendo restrição hídrica para o cultivo, segundo os critérios utilizados em zoneamentos agroclimáticos do café (Pinto et al., 2001; Brasil, 2011). Porém, durante o período experimental (2013 a 2021) o déficit hídrico no período foi de 148 mm (Figura 2B), compreendido na faixa entre 100 e 150 mm e, portanto, caracteriza-se como restrição hídrica, sendo necessário o fornecimento de água via irrigação (Matiello et al., 2008).

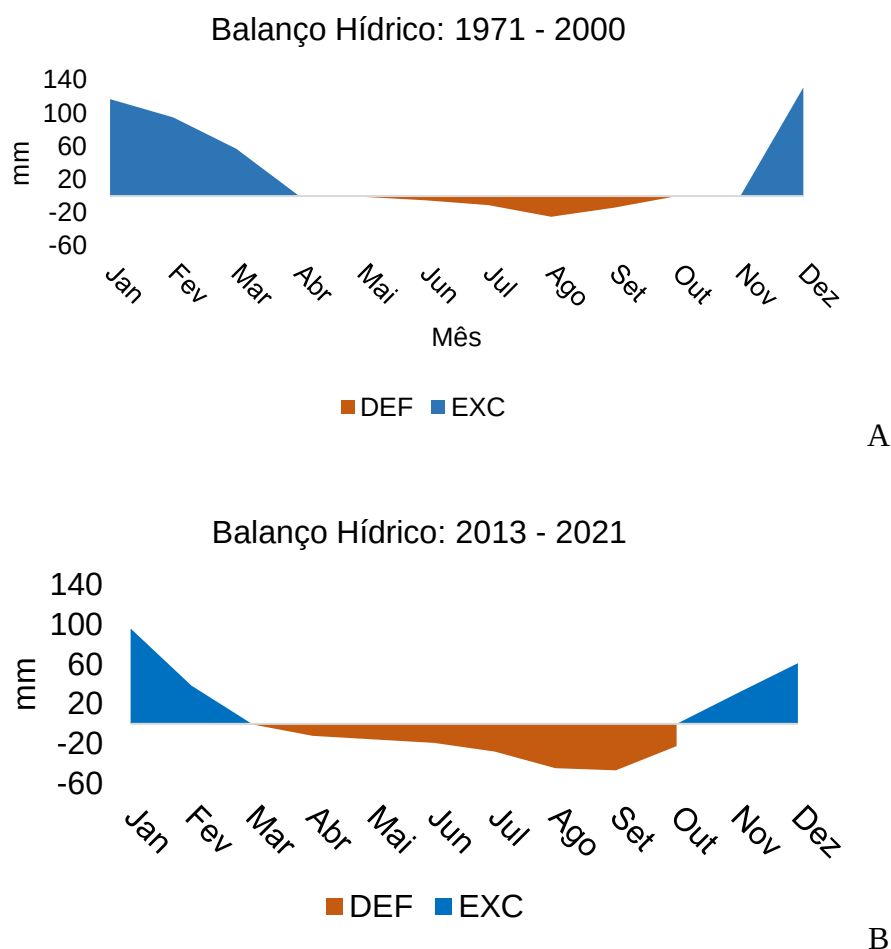


Figura 2. Balanço hídrico climatológico do período de 1971 a 2000 (A) e durante o período experimental, de 2013 a 2021 (B).

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, que foram constituídas por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (Tabela 1): IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IAC Obatã 4739, Tupi IAC 1669-33, IAC 125RN, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 100, IPR 103, Sabiá Tardio, e as subparcelas constituídas por 6 safras. As safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 correspondem às quatro primeiras safras de produção das cultivares de café arábica avaliadas. No ano de 2018 o café foi submetido à poda de

esqueletamento, não havendo, portanto, produção no ano seguinte. Dessa maneira, as safras 2019/2020 e 2020/2021 representam a produção pós poda de esqueletamento.

Tabela 1. Cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) de porte baixo avaliadas. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Instituição	Características
IAC Catuaí SH3	IAC	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, resistente à ferrugem, suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Catuaí Amarelo IAC 62		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Catuaí Vermelho IAC 99		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC Ouro Verde		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC Ouro Amarelo		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Obatã IAC 1669-20		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de diferenciada.
IAC Obatã 4739		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Tupi IAC 1669-33		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha-escura, maturação entre precoce e média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC 125 RN		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha-escura, maturação entre precoce e média, resistente à ferrugem e a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Catiguá MG1	EPAMIG	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
Oeiras MG 6851		Possui diâmetro da copa pequeno, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre precoce e média, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Pau-Brasil MG1		Possui diâmetro da copa pequeno, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide,

Sacramento MG1		médio vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
IPR 99		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
IPR 100		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, suscetível à ferrugem e resistente a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.
IPR 103		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, parcialmente resistente à mancha-aureolada e à mancha de <i>Phoma</i> , alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.
Sabiá Tardio		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.

IAC: Instituto Agrônomo de Campinas; EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná; PROCAFÉ: Fundação Procafé. Fonte: Carvalho et al. (2022).

As mudas foram produzidas em tubetes com substrato artificial à base de fibra de coco, turfa e fertilizante de liberação lenta e foram plantadas quando apresentavam 5 pares de folhas. O plantio foi realizado em abril de 2013 e foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes, distanciados 0,50 m entre si, com pressão de serviço de 150 kPa (15 mca) e vazão de 1,6 L h⁻¹. Foi adotado manejo de irrigação suplementar. O turno de rega foi de 7 dias, com lâmina de 15 a 20 mm por semana, durante a estação seca. O sistema também foi acionado em períodos de veranico, durante a estação chuvosa. No mês de julho até a primeira quinzena de agosto foi realizada a supressão da irrigação a fim de promover estresse hídrico controlado antes da antese, conforme Custódio (2012).

O manejo integrado de plantas daninhas foi realizado através da capina manual, controle mecânico (roçadora e desintegrador de plantas) e químico.

Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de plantio de quatro metros de comprimento, com oito plantas espaçadas a 0,50 m na linha de plantio e 3,5 m nas entrelinhas. A cultivar Acauã foi utilizada em toda a bordadura do experimento. No

intuito de formar cobertura vegetal na superfície do solo e, assim, evitar erosão, semeou-se à lanço a braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nas entrelinhas do experimento.

A caracterização dos atributos químicos do solo das seis safras é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos químicos do solo (camada 0,00 – 0,20 m) da área experimental das seis safras de café arábica. Jaboticabal, SP.

Safras ¹	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)				(mmolc dm ⁻³)				(%)
2014/2015	5,9	15	79	4	6,1	28	19	15	53,1	68,1	78
2015/2016	5,7	17	71	4	4,7	33	15	20	53,0	73,2	72
2016/2017	5,5	13	32	5	3,0	22	10	14	34,4	48,5	71
2017/2018	5,9	26	41	9	5,6	28	13	14	47,3	61,8	77
2019/2020	6,0	21	242	14	3,6	36	16	18	55,6	74	75
2020/2021	5,9	24	224	18	7,0	50	20	18	77,0	95	81

Micronutrientes					
Safras	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg dm ⁻³)				
2014/2015	0,19	0,5	14	9,7	2,7
2015/2016	0,20	0,9	12	8,8	2,9
2016/2017	0,24	1,7	17	21,9	2,4
2017/2018	0,40	0,9	15	20,5	2,6
2019/2020	0,81	1,8	22	21,3	9,1
2020/2021	3,91	1,6	12	12,2	10,0

¹ Fonte: Athenas Consultoria Agrícola e Laboratórios, Jaboticabal, SP; Ribersolo – Laboratórios de Análises Agrícolas, Ribeirão Preto, SP.

3.2.3 Análise da produtividade

Após a colheita e homogeneização dos frutos, foi medido o volume total de café derriçado em cada parcela, sendo coletados 10 L de café cru da roça para secagem ao sol em terreiro de concreto. Foram utilizadas peneiras adequadas para separar os frutos de cada parcela experimental, até que estes atingissem teor de água em base úmida (b.u.) na faixa entre 11 e 12,5%. Após a secagem, o café em coco foi beneficiado, passando-se 5 vezes cada amostra em um descascador Pinhalense®. A partir do peso do café grão cru, obtido após o beneficiamento e a correção da umidade em b.u. para 12,5%, estimou-se a produtividade (em sacas de 60 kg de café

beneficiado por hectare). As safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 correspondem às quatro primeiras safras de produção das cultivares de café arábica avaliadas. No ano de 2019 o café foi submetido à poda de esqueletamento, não havendo, portanto, produção no ano seguinte. Dessa maneira, as safras 2019/2020 e 2020/2021 representam a produção pós poda de esqueletamento.

3.2.4 Análises dos dados

3.2.4.1 Análise univariada

Os dados foram submetidos à análise de outliers pelo teste generalizado ESD (Rosner, 1983). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e quando o teste foi significativo ($p < 5\%$), foi realizado teste de Scott-Knott para agrupamento de médias. As análises foram feitas utilizando o software Genes (Cruz et al., 2006).

3.2.5 Metodologia de seleção de adaptabilidade e estabilidade

1 – EBERHART E RUSSEL (1966): fundamenta-se em regressão linear e baseia-se na interpretação das estimativas do coeficiente angular da regressão (b_i) e dos desvios em relação à média (S^2_{di}) para selecionar os genótipos produtivos e estáveis, utilizando o modelo: $Y_{ij} = m_i + b_i I_j + d_{ij} + \bar{e}_{ij}$, em que: Y_{ij} é a média observada da i -ésima cultivar na j -ésima safra; m_i é a média geral da i -ésima cultivar; b_i é o coeficiente de regressão da i -ésima cultivar; I_j é o j -ésimo índice ambiental; d_{ij} é o desvio da regressão da i -ésima cultivar na j -ésima safra; $\bar{e}_{ij}$ é o erro médio associado à média.

2 – LIN E BINNS (1988): metodologia não paramétrica, que se baseia na interpretação da estimativa de P_i como a distância quadrática média entre a i -ésima cultivar e o genótipo com máxima resposta na j -ésima safra de acordo com a expressão: $P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$, em que: P_i é a estimativa de adaptabilidade e estabilidade da i -ésima cultivar; X_{ij} é a produtividade da i -ésima cultivar na j -ésima safra; M_j é a resposta máxima observada na j -ésima safra; n é o número de safras;

3 – ANNICCHIARICO (1992): se fundamenta na interpretação do índice de confiança I_i dado por: $I_i = Y - Z_{(1-\alpha)} S_i$, em que: I_i é o índice de confiança; Y_i é a média geral da cultivar i expressa em porcentagem; Z é o percentil $(1 - \alpha)$ da função de distribuição normal acumulada; α é o nível de significância; S_i é o desvio-padrão dos valores percentuais.

Os três métodos descritos anteriormente foram calculados com o uso do aplicativo computacional GENES (Cruz et al., 2006).

4 – MÉDIA HARMÔNICA DA PERFORMANCE RELATIVA DOS VALORES GENÓTIPICOS (MHPRVG) (Resende, 2007): fundamenta-se na avaliação da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos estimados pela metodologia de modelos mistos. Essa estratégia utiliza as propriedades da média harmônica para selecionar as cultivares de melhor desempenho e menor variação entre as colheitas: $X_H = n / \sum_{i=1}^n \frac{1}{PRVG_i}$, em que: n é o número de anos; $PRVG$ refere-se aos valores genéticos expressos em função da média geral. As análises foram realizadas com o emprego do aplicativo computacional SELEGEN, utilizando-se o modelo número 55 (Resende, 2007).

3.3 Resultados e Discussão

Observou-se interação significativa ($P < 0,01$) cultivares x safras para a produtividade do cafeeiro arábica (Tabela 3). Essa interação mostra que a produtividade diferenciada dos genótipos em função das safras avaliadas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância da produtividade de 17 cultivares de café arábica (sacas ha^{-1}) avaliadas em seis safras. Jaboticabal, SP.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	573,83	191,27	-
Cultivares	16	13952,32	872,02	1,20 ^{ns}
Erro a	48	4697,48	97,86	-
Safras	5	58408,64	11681,72	16,61 ^{**}

Interação Cultivares x Safras	80	56233,68	702,92	7,49**
Erro b	255	23917,06	93,79	-
CV (Cultivares) (%)	21,30	-	-	-
CV (Safras) (%)	20,86	-	-	-

FV: Fonte de variação. GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, F: teste F, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo, CV(%): coeficiente de variação.

As médias de produtividade das cultivares nas diferentes safras (Tabela 4) são similares às obtidas em regiões mais favoráveis ao cultivo do cafeeiro, a despeito da baixa altitude e maiores temperaturas na região experimental, indicando boa adaptação das cultivares de café avaliadas em regiões com maiores temperaturas.

No Brasil, a média de produtividade para lavouras de café irrigado está na faixa de 40 a 50 sacas ha^{-1} (Sakai et al., 2015). No presente trabalho, observou-se que na média das seis safras, com exceção das cultivares Catiguá e Sacramento, as demais apresentaram produtividade acima de 40 sacas ha^{-1} , o que mostra que as cultivares tiveram produtividade acima da média brasileira, que é de 28,8 sacas ha^{-1} , e do estado de São Paulo, que é de aproximadamente 30 sacas ha^{-1} . Ainda, as médias de produtividade encontradas são semelhantes à região do cerrado baiano, onde os produtores são mais tecnificados e alcançam produtividades em torno de 43 sacas ha^{-1} (Conab, 2025). Nessa região, o café é cultivado em locais com altitude de 700 m, superior a altitude do presente trabalho, indicando a adaptabilidade desses materiais em regiões com altitudes menores. Destaca-se, no entanto, as condições experimentais de cultivo, onde houve utilização de sistema de irrigação.

Martins et al. (2023) avaliaram a produtividade de dezoito cultivares de café em sete safras, dentre as quais estavam IAC 125 RN, Catuaí Amarelo IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IPR 99, IPR 100, IPR 103. Neste trabalho, localizado em Vera Cruz, São Paulo, as médias de produtividade das cultivares citadas se aproximam dos resultados apresentados. Destaca-se a cultivar IAC Ouro Amarelo, que apresentou 50,1 sacas ha^{-1} no trabalho de Martins e 51,21 sacas ha^{-1} no neste estudo. Ressalta-se que as condições edafoclimáticas do trabalho citado são próximas às condições experimentais do presente trabalho, com altitude de 645 m e temperaturas que excedem 22 graus no mês mais quente.

Na média das seis safras, as cultivares que obtiveram produtividades superiores a 50 sacas ha⁻¹ foram Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99. Trabalhos na literatura relatam o destaque dessas cultivares em relação ao bom potencial produtivo (Dias et al., 2005; Botelho et al., 2010).

Tabela 4. Produtividade de grãos das 17 cultivares de café arábica (sacas ha-1) avaliadas em seis safras. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Produtividade de grãos						Média
	1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	4ª Safra	5ª Safra	6ª Safra	
IAC Catuaí SH3	32,20 aC	40,08 aC	43,13 aC	59,13 bB	45,98 aC	78,05 bA	49,76
Catuaí Amarelo IAC 62	48,05 aB	28,40 bC	53,43 aB	54,18 bB	27,60 bC	72,85 bA	47,42
Catuaí Vermelho IAC 99	47,63 aB	31,45 bC	44,78 aB	71,20 aA	33,38 bC	72,03 bA	50,08
IAC Ouro Verde	43,10 aC	41,05 aC	35,20 bC	59,90 bB	34,25 bC	75,25 bA	48,13
IAC Ouro Amarelo	44,85 aB	37,50 aB	35,95 bB	77,10 aA	34,25 bB	77,63 bA	51,21
Obatã IAC 1669-20	51,90 aB	26,43 bC	56,48 aB	61,65 bB	30,48 bC	76,08 bA	50,50
IAC Obatã 4739	24,13 bD	48,40 aC	45,93 aC	69,55 aB	13,50 cD	129,05 aA	55,09
Tupi IAC 1669-33	42,05 aC	45,55 aC	50,33 aC	62,78 bB	55,50 aC	76,85 bA	55,51
IAC 125 RN	44,58 aB	28,23 bC	46,18 aB	68,20 aA	51,03 aB	43,80 dB	47,00
Catiguá MG1	13,60 bD	24,73 bC	29,50 bC	48,50 cB	15,10 cD	88,28 bA	36,62
Oeiras MG 6851	38,88 aB	17,90 bC	45,00 aB	37,00 dB	49,93 aA	60,20 cA	41,49
Pau-Brasil MG1	41,38 aB	22,10 bC	59,65 aA	26,15 dC	44,55 aB	65,43 bA	43,21
Sacramento MG1	16,28 bC	23,40 bC	33,25 bB	33,88 dB	30,10 bB	57,73 cA	32,44
IPR 99	41,40 aB	36,30 aB	52,80 aA	30,33 dB	48,75 aA	55,80 cA	44,23
IPR 100	45,53 aA	53,03 aA	52,35 aA	55,68 dA	45,30 aA	41,55 dA	48,91
IPR 103	32,80 aA	44,00 aA	44,13 aA	45,58 cA	49,05 aA	56,43 cA	45,33
Sabiá Tardio	39,03 aB	32,28 bB	36,90 bA	38,65 dB	50,98 aA	56,15 cA	42,33
Média	38,07	34,16	44,99	52,90	38,80	69,59	46,43

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O índice ambiental (I_j) indica que as safras 1, 2, 3 e 5 estão abaixo (valores negativos) da média geral das seis safras, ou seja, são consideradas como desfavoráveis (ou ambientes desfavoráveis), ao passo que as safras 4 e 6 estão acima (valores positivos) da média geral e, portanto, são consideradas favoráveis (ou ambientes favoráveis), Tabela 5. Esse índice ambiental (I) é usado nos métodos de Eberhart e Russel e de Annichiarico para o estudo da adaptabilidade e estabilidade.

Tabela 5. Classificação das safras de café arábica, a partir do índice ambiental Ij.

Safras (ambientes)	Média	Índice (Ij)	Classe
Safra 1	38.07	-8.34	Desfavorável
Safra 2	34.16	-12.26	Desfavorável
Safra 3	44.99	-1.45	Desfavorável
Safra 4	52.90	6.48	Favorável
Safra 5	38.80	-7.61	Desfavorável
Safra 6	69.59	23.17	Favorável

A classificação das cultivares de cafeeiro variou conforme os métodos de adaptabilidade e estabilidade avaliados

O método de Eberhart e Russel (Tabela 6) é fundamentado no coeficiente de inclinação da reta e da média como uma medida de adaptabilidade e nos desvios da regressão como medida de estabilidade. Nesse método, valores de b_{1i} iguais a 1 indicam adaptabilidade geral, b_{1i} maiores que 1 indicam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e b_{1i} menores que 1 indicam adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Para os desvios da regressão como estimativa da estabilidade, genótipos com desvios iguais a 0 possuem estabilidade alta (não significativos) e genótipos com desvios maiores que 0 possuem estabilidade baixa (significativos) (Cruz et al., 2014).

Tabela 6. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de 17 cultivares de café arábica a partir de 6 safras, segundo o método de Eberhart e Russel. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Eberhart e Russel		
	Equação	R ²	S ² d
IAC Catuaí SH3	49.7583 + 1.1873 ^{ns} X	89.78	10.82 ^{ns}
Catuaí Amarelo IAC 62	47.4167 + 1.1682 ^{ns} X	79.01	54.20*
Catuaí Vermelho IAC 99	50.0750 + 1.1981 ^{ns} X	77.65	65.11**
IAC Ouro Verde	48.1250 + 1.1149 ^{ns} X	81.55	36.77*
IAC Ouro Amarelo	51.212 5+ 1.3412**X	72.99	119.33**
Obatã IAC 1669-20	50.5000 + 1.2718 ^{ns} X	77.32	78.24**
IAC Obatã 4739	55.0917 + 2.8847**X	84.12	313.53**
Tupi IAC 1669-33	55.5083 + 0.9121 ^{ns} X	87.63	1.58 ^{ns}
IAC 125 RN	47.0000 + 0.3309**X	11.26	161.61**

Catiguá MG1	$36.6167 + 2.0792^{**}X$	92.96	46.67*
Oeiras MG 6851	$41.4833 + 0.7523^{**}X$	47.79	109.11**
Pau-Brasil MG1	$43.2083 + 0.7504^{**}X$	32.12	231.86**
Sacramento MG1	$32.4375 + 0.9984^{ns}X$	86.43	9.97 ^{ns}
IPR 99	$44.2292 + 0.2935^{**}X$	15.04	80.88**
IPR 100	$48.9042 - 0.1470^{**}X$	12.12	10.04 ^{ns}
IPR 103	$45.3292 + 0.4109^{**}X$	48.78	14.44 ^{ns}
Sabiá Tardio	$42.3292 + 0.4530^{**}X$	41.89	37.51*

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; R²: coeficiente de determinação da regressão; S²d: desvio da regressão

De acordo com o método Eberhart e Russel, os genótipos que se destacaram com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ($b_{1i} > 1$) foram IAC Ouro Amarelo, IAC Obatã 4739 e Catiguá MG1 (Tabela 6). Para a adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis ($b_{1i} < 1$), encontram-se as cultivares IAC 125 RN, IPR99, IPR100, IPR103, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1 e Sabiá Tardio. As cultivares Sacramento MG1, IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33 apresentaram adaptabilidade ampla. Moura et al. (2014), trabalhando com genótipos de café arábica para cultivo orgânico, encontraram classificação da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 para adaptação específica a ambientes desfavoráveis, ou seja, tal cultivar se adapta melhor a cultivos convencionais. Quanto à estabilidade, os resultados desses autores corroboram com o encontrado nesse estudo, em que a cultivar foi classificada com baixa estabilidade.

Quanto à estabilidade, observou-se que os desvios da regressão foram significativos ($P < 0,05$) para 12 das 17 cultivares, indicando que esses são genótipos de baixa previsibilidade (Tabela 6). Entretanto, considerando-se o R² como medida auxiliar para estimar a confiança nos dados (Cruz et al., 2014), as cultivares IAC Ouro Verde (R²=81,55), IAC Obatã 4739 (R²=84,12) e Catiguá MG1 (R²=92,96) também podem ser consideradas com alta estabilidade produtiva. Para os genótipos cujos desvios da regressão foram não significativos ($P > 0,05$), as cultivares Tupi IAC 1669-33, Catuaí SH3 e Sacramento MG1, apresentam adaptabilidade geral ou ampla enquanto IPR100 e IPR103 são de adaptabilidade específica a ambientes

desfavoráveis. Moura et al. (2014) classificaram a cultivar Tupi IAC 1669-33 com baixa estabilidade, resultado que difere do encontrado no presente estudo.

O método de Lin e Binns utiliza como parâmetro uma planta ideal (a de maior produtividade local) para mensurar a diferença entre os genótipos, assim, eles são ordenados a partir das menores estimativas de P_i no conjunto dos locais (safras) estudados (Tabela 7). Para esse método, as cultivares que ocuparam a primeira, segunda, terceira e quarta posição, respectivamente, na adaptabilidade e estabilidade para ambientes gerais, foram IAC Obatã IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Catuaí SH3, IAC Ouro Amarelo. Para ambientes favoráveis, as cultivares IAC Obatã 4739, Catiguá MG1, IAC Ouro Amarelo e Catuaí SH3 se destacaram dentre as demais. Os melhores desempenhos para ambientes desfavoráveis, respectivamente, foram das cultivares IPR100, Tupi 1669-33, IPR99 e IPR103. Destaca-se que a cultivar IAC Obatã 4739 obteve melhor desempenho, em relação às demais, tanto para ambientes gerais quanto para ambientes favoráveis. A cultivar Tupi IAC 1669-3 teve boa adaptabilidade e estabilidade em ambientes gerais e desfavoráveis, ficando na segunda posição em ambos os ambientes.

Tabela 7. Ordenamento das 17 cultivares de café arábica para produtividade, a partir de 6 safras, segundo o método de Lin e Binns. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Lin e Binns					
	Pi (G)	Pi (F)	Pi (D)	Posição		
				G	F	D
IAC Catuaí SH3	320.30	731.02	114.94	3º	4º	6º
Catuaí Amarelo IAC 62	426.86	920.99	179.79	8º	9º	13º
Catuaí Vermelho IAC 99	373.43	821.66	149.31	7º	8º	9º
IAC Ouro Verde	371.70	797.57	158.77	6º	7º	10º
IAC Ouro Amarelo	329.04	661.13	162.99	4º	3º	11º
Obatã IAC 1669-20	365.74	761.26	167.98	5º	6º	12º
IAC Obatã 4739	233.51	14.25	343.15	1º	1º	15º
Tupi IAC 1669-33	264.15	732.51	29.98	2º	5º	2º
IAC 125 RN	684.75	1836.69	108.78	15º	15º	5º
Catiguá MG1	607.46	620.14	601.12	10º	2º	17º
Oeiras MG 6851	666.45	1587.08	206.13	13º	11º	14º
Pau-Brasil MG1	652.58	1661.01	148.37	11º	12º	8º

Sacramento MG1	870.37	1738.91	436.11	17°	14°	16°
IPR 99	669.66	1888.36	60.30	14°	16°	3°
IPR 100	692.77	2028.82	24.74	16°	17°	1°
IPR 103	583.09	1567.05	91.11	9°	10°	4°
Sabiá Tardio	660.59	1698.2	141.79	12°	13°	7°

O método de Annicchiarico (Tabela 8), estima um índice de confiança de um genótipo em apresentar desempenho abaixo ou acima da média de anos (safras). A partir desse método, podemos verificar que as cultivares Tupi IAC 1669-33, Catuaí SH3, IAC Ouro Verde e Catuaí Vermelho IAC 99 ficaram em primeira, segunda, terceira e quarta posição, respectivamente, em relação à estabilidade em ambientes gerais. Botelho et al. (2010), trabalhando com cultivares do grupo Catuaí, também classificaram a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 com estabilidade para ambientes gerais. Nesse trabalho, além de estabilidade produtiva, essa cultivar também se destacou entre as mais produtivas, aliando estabilidade com média alta de produtividade. Tal resultado corrobora com o presente estudo, onde a cultivar também ficou entre as mais produtivas do grupo.

Tabela 8. Adaptabilidade e estabilidade de 17 cultivares de café arábica para produtividade a partir de 6 safras, segundo o método de Annicchiarico. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Annicchiarico					
	Wi (G)	Wi (F)	Wi (D)	Posição		
				G	F	D
IAC Catuaí SH3	84.43	111.48	76.66	2°	1°	4°
Catuaí Amarelo IAC 62	66.72	100.88	55.70	7°	5°	12°
Catuaí Vermelho IAC 99	75.40	82.87	72.39	4°	8°	7°
IAC Ouro Verde	76.41	104.74	67.16	3°	3°	10°
IAC Ouro Amarelo	70.52	88.86	69.66	5°	7°	8°
Obatã IAC 1669-20	67.05	104.52	53.59	6°	4°	13°
IAC Obatã 4739	19.54	95.66	8.94	16°	6°	17°
Tupi IAC 1669-33	98.61	104.96	98.14	1°	2°	2°
IAC 125 RN	59.57	19.18	74.11	10°	17°	6°
Catiguá MG1	15.58	68.34	22.65	17°	10°	16°
Oeiras MG 6851	45.97	58.94	43.58	13°	12°	14°
Pau-Brasil MG1	42.10	19.86	57.74	15°	16°	11°

Sacramento MG1	44.97	51.48	39.78	14°	13°	15°
IPR 99	57.08	42.15	99.97	12°	14°	1°
IPR 100	61.44	29.50	95.89	9°	15°	3°
IPR 103	66.09	77.71	75.16	8°	9°	5°
Sabiá Tardio	59.28	67.99	68.10	11°	11°	9°

Para ambientes favoráveis, destacaram-se as cultivares Catuaí SH3, Tupi IAC 1669-3, IAC Ouro Verde e Obatã IAC 1669-20. As cultivares que tiveram melhor estabilidade em ambientes desfavoráveis foram IPR99, Tupi IAC 1669-3, IPR100 e Catuaí SH3. Destaca-se que a cultivar Tupi 1669-3 e Catuaí SH3 teve boa estabilidade para os três tipos de ambiente e a cultivar IAC Ouro Verde para ambientes gerais e favoráveis. O método de Annicchiarico diferiu no ordenamento das cultivares em relação ao método de Lin e Binns, de modo geral, com exceção da cultivar Tupi IAC 1669-3 que foi classificada de forma semelhante nos dois métodos, ou seja, com boa adaptabilidade e estabilidade para ambientes gerais e desfavoráveis. Resultado diferente foi observado por Rocha et al. (2015), que trabalhando com adaptabilidade e estabilidade da produção de café conilon beneficiado, encontraram semelhanças no ordenamento das cultivares trabalhadas através dos métodos de Annicchiarico e Lin e Binns, sugerindo os autores, substituição de um método pelo outro.

Houve uma diferença contrastante entre os dois métodos acima citados no ordenamento da cultivar IAC Obatã 4739. No método Lin e Binns, a cultivar IAC Obatã 4739 foi classificada na primeira posição tanto para ambientes gerais quanto para ambientes favoráveis, diferindo no método Annicchiarico, em que foi classificada na 16ª posição para ambientes gerais e 6ª posição para ambientes favoráveis. Tal classificação pelo método Annicchiarico pode-se dever ao fato dessa cultivar ter apresentado diferenças relevantes de produtividade entre as safras (aproximadamente 9,6 vezes a diferença entre as produtividades obtidas nas safras 6 e 5), apresentando, portanto, maior risco em ser adotada, ou seja, tal cultivar apresentou índice de confiança baixo. Em relação ao método Lin e Binns, a classificação dessa cultivar pode estar relacionado ao fato dela ter apresentado a maior produtividade na safra 6 (favorável), superando em 85,4% a média das cultivares e em 46,2% a produtividade da cultivar Catiguá MG1, que foi a segunda mais produtiva nessa safra.

As cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Ouro Amarelo, Catuaí SH3 e Catuaí Vermelho IAC 99 foram classificadas quanto à produtividade, adaptabilidade e estabilidade nas primeiras, segunda, terceira e quarta posições, de acordo com o método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos – MHPRVG (Tabela 9). Esse método se assemelha aos anteriores na classificação da cultivar Tupi IAC 1669-33 e permitiu selecionar as cultivares que se destacaram com maior produtividade acumulada. Resultado semelhante foi encontrado por Rocha et al. (2015) que, trabalhando com adaptabilidade e estabilidade da produção de café conilon beneficiado, caracterizaram, por esse método, os clones de maior produtividade acumulada e estabilidade produtiva ao longo do tempo.

Tabela 9. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade da produção de 17 cultivares de café arábica a partir de 6 safras, segundo o método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG).

Cultivar	MHPRVG	
	(MHPRVG)	Posição
IAC Catuaí SH3	1.0472	3º
Catuaí Amarelo IAC 62	0.9804	10º
Catuaí Vermelho IAC 99	1.0398	4º
IAC Ouro Verde	1.0130	7º
IAC Ouro Amarelo	1.0475	2º
Obatã IAC 1669-20	1.0264	6º
IAC Obatã 4739	0.8794	13º
Tupi IAC 1669-33	1.1786	1º
IAC 125 RN	0.9861	8º
Catiguá MG1	0.6596	17º
Oeiras MG 6851	0.8582	15º
Pau-Brasil MG1	0.8712	14º
Sacramento MG1	0.6980	16º
IPR 99	0.9420	11º
IPR 100	1.0397	5º
IPR 103	0.9829	9º
Sabiá Tardio	0.9204	12º

3.4 Conclusões

A classificação das cultivares de café arábica diferiu em relação à adaptabilidade e estabilidade de produção a partir dos diferentes métodos utilizados;

A cultivar Tupi IAC 1669-20 se destaca quanto à adaptabilidade e estabilidade, independentemente do método usado, tanto para ambientes gerais quanto para ambientes favoráveis e desfavoráveis. Tal cultivar também se destacou quanto à produtividade, sendo a mais produtiva dentre as demais.

A cultivar IPR 100 apresentou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis em todos os métodos testados.

O método da MHPRVG permite selecionar as cultivares que se destacam com maior produtividade acumulada.

3.5 Referências

Annicchiarico P (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding** 46(3):269-278.

Botelho CE, Rezende JC, Carvalho GR, Carvalho AM, Andrade VT, Barbosa CR (2010) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.** 45(12):1404-1411p. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200010>.

Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria Nº 78, de 25 de fevereiro de 2011.

Brasil (2025). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares.** Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>

Carvalho AM, Botelho CE, Ferreira AD, Teramoto ET, Lima AE, Junior FSM, Guerreiro Filho O (2022) Initial vegetative and reproductive development of coffee cultivars in Vale do Ribeira Paulista. **Semina: Ciências Agrárias** 43:961-972. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p961>.

Carvalho CHS, Bartelega L, Sera G, Matiello J, Almeida SR, Santinato F, Hotz A (2022) Catálogo de cultivares de café arábica. 115 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2025) Acompanhamento da safra brasileira – café 4º levantamento. CONAB, Brasília. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 17 fev. 2025.

Cruz CD (2006) Programa Genes: Biometria. Viçosa: UFV, 382p.

Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ (2014) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, v. 2, 668p.

Cruz CD, Carneiro PCS, Bhering LL (2021) Biometry in plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 21(S): e380621S5. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332021v21Sa18>.

Cruz CD, Castoldi F (1991) Decomposição da interação genótipo x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres** 38:422-430.

Custódio AAP (2012) Influência de fatores bioclimáticos no desenvolvimento e produção do cafeeiro arábica e na qualidade dos grãos em Matão (SP). 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Dias FP, Souza CAS, Mendes ANG, Carvalho SP, de Razo BM, Botelho CE (2005) Caracterização de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: II - caracteres relacionados à produção. **Ceres** 52:85-100.

Eberhart S, Russell WA (1966) Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science** 6(1):36-40.

Fageria NK, Stone LF, Santos AB, Carvalho MCS (2015). Nutrição mineral do feijoeiro. Brasília: Embrapa.

OIC – Organização Internacional do Café (2023) Coffee Market Report – September 2023. Disponível em: <<https://www.icocoffee.org/documents/cy2022-23/cmr-0923-e.pdf>>.

Lin CS, Binns MR (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science** 68(1):193-198.

Martins AN, Turco PHN, Araújo HS, Firetti R (2023) Productivity and physical quality of grains from *Coffea arabica* L. in a tropical high-altitude climate in Brazil. **Coffee Science** e128167. <https://doi.org/10.25186/v18i.2167>.

Matiello J (2008) Critérios para a escolha da cultivar de café. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, v. 1, 157-226p.

Moura WM, Lima PC, Lopes VS, Carvalho CFM, Cruz CD, Oliveira ANC (2014) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de café no cultivo orgânico em Minas Gerais. **Ciência Rural** 44(11):1936-1942. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130233>.

Moura WM, Oliveira e Cruz AM, Gonçalves DR, Carvalho CFM, Oliveira RL, Cruz CD (2017) Adaptability and stability of organic-grown arabica coffee production using the modified centroid method. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 17: 359-365. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n4a54>.

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Ramalho AR, Rocha RB, Souza FF, Veneziano W, Teixeira AL (2016) Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Ciência Agronômica** 47(3):516-523.

Resende MDV (2007) Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa Florestas, 561p.

Rocha RB, Muro-Abad JI, Araújo EF, Cruz CD (2005) Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal** 15:255-266. <https://doi.org/10.5902/198050981863>.

Rocha RB, Ramalho AR, Teixeira AL, Souza FF, Cruz CD (2015) Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em *Coffea canephora*. **Ciência Rural** 45(9): 1531-1537. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141554>.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>.

Rolim GS, Oliveira Aparecido LE, Souza PS, Lamparelli RAC, Santos ER (2020) Climate and natural quality of *Coffea arabica* L. drink. **Theoretical and Applied Climatology** 141:87-98. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03117-3>.

Rosner B (1983) Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure. **Technometrics** 25:165-172. <https://doi.org/10.2307/1268549>.

Sakai E, Barbosa EAA, Carvalho Silveira JM, Matos Pires RC (2015) Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management** 148:16-23. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.020>.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbleras JF, Coelho MR, Cunha TJF (2018) Sistema brasileiro de classificação de solo, 5a ed. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.

Taiz L, Zeiger E (2017). Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed.

Teixeira AL, Souza FDF, Pereira AA, Oliveira ACBD, Rocha RB (2015) Selection of arabica coffee progenies tolerant to heat stress. **Ciência Rural** 45:1228-1234. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130317>.

CAPÍTULO 4 – Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres agronômicos e qualitativos de cultivares de café arábica em região de baixa altitude

RESUMO – O coeficiente de repetibilidade pode ser obtido a partir de medições sucessivas num mesmo indivíduo, no tempo e, ou no espaço, de determinado caráter. No melhoramento genético de espécies perenes, como o café arábica, esse coeficiente se torna uma ferramenta indispensável, pois permite a seleção precoce e acurada de indivíduos superiores. Assim, o objetivo desse trabalho foi estimar o coeficiente de repetibilidade e o número de medições necessárias que proporcionem níveis de certeza na predição do valor real para caracteres agronômicos e qualitativos de cultivares de café arábica de porte baixo cultivados em região de baixa altitude. O experimento foi realizado no nordeste do estado de São Paulo, cidade de Jaboticabal, Brasil, com altitude de 565 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas foram constituídas por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, Obatã Amarelo IAC 4739, Tupi IAC 1669-33, Tupi IAC 125, Catiguá MG1, Oeiras MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR99, IPR100, IPR103, Sabiá Tardio) e as subparcelas foram seis safras. Foi estimado o coeficiente de repetibilidade a partir do método de análise estrutural, considerando os autovalores da matriz de correlação e covariância para os seguintes caracteres: rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13, rendimento de benefício, massa de cem grãos, frutos verdes, frutos cerejas e produtividade de grãos. Foi estimado também, o número de medições necessárias para se obter 80, 90 e 95% de confiabilidade nos dados. Os resultados mostraram que o coeficiente de repetibilidade variou de 0,55 a 0,30 para a massa de cem grãos, em relação à covariância e correlação, respectivamente. Para o rendimento de benefício, a variação foi de 0,45 a 0,36 e para a variável frutos verdes, obteve-se 0,65 e 0,53. As maiores variações ocorreram para os frutos cerejas e a produtividade de grãos, com variação de 0,61 a 0,32 e 0,43 a 0,27. A variável rendimento de peneira não apresentou variação no coeficiente de repetibilidade em relação aos dois métodos analisados, sendo estimado em 0,60. O número adequado de avaliações variou de 4 para 10, em relação à análise de covariância e correlação, para a massa de cem grãos, com R^2 de 80%. Para o rendimento de benefício, essa variação foi de 5 para 7 medições, enquanto para os frutos cerejas foi de 3 para 9. A produtividade de grãos apresentou variação de 6 para 11 medições. Os caracteres rendimento de peneira 17 e rendimento de peneira 13 apresentaram o mesmo número de medições para as duas análises, que foi de 3. O caráter frutos verdes variou apenas de 3 para 4. Os resultados das estimativas de repetibilidade indicam que alguns caracteres exigem maior número de avaliações para garantir confiabilidade nas estimativas, enquanto outros mostram consistência satisfatória com menor número de medições.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; previsibilidade; seleção precoce; herdabilidade; análise estrutural.

4.1 Introdução

A repetibilidade é um coeficiente que mede a capacidade de os indivíduos repetirem a expressão do caráter, ao longo de vários períodos, no decorrer de seu ciclo de vida. As avaliações sucessivas num mesmo indivíduo, feitas no tempo e, ou no espaço, permitem a estimativa desse coeficiente, que, em última análise, representa o limite superior da herdabilidade de um determinado caráter (Ferrão, 2004; Vencovsky, 1973; Cruz et al., 2014).

O coeficiente de repetibilidade de uma característica possibilita estabelecer o número de observações que deve ser realizado em cada indivíduo, para que a seleção de genótipos seja eficiente, ou seja, use-se menos tempo e menos de mão-de-obra, reduzindo os custos da experimentação (Cruz et al., 2014). Esse coeficiente é uma fonte de informação indispensável para o melhoramento genético de plantas perenes, pois permite a seleção precoce acurada de indivíduos superiores (Dias e Kageyama, 1998).

Segundo Cruz et al. (2014), a repetibilidade representa o máximo valor que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir. Dessa forma, quando a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada, a repetibilidade aproxima-se da herdabilidade. Assim, a repetibilidade expressa a proporção da variância total do caráter que é devida ao genótipo e as alterações permanentes do ambiente.

O conhecimento do coeficiente de repetibilidade permite que a fase de avaliação e seleção seja executada com maior eficiência, uma vez que valores altos de repetibilidade em um dado caráter indicam que é possível predizer o valor real dos indivíduos com um menor número de medições, assim, um aumento do número de medidas repetidas promoverá pouco ganho em acurácia seletiva. Por outro lado, quando a repetibilidade é baixa, maior número de repetições será necessário para que se alcance um coeficiente de determinação satisfatório (Falconer, 1989; Cornacchia et al., 1995).

Diversos métodos têm sido utilizados para estimar o coeficiente de repetibilidade, sendo tradicionalmente utilizado o método da análise de variância. Porém, outros métodos, como o dos componentes principais (Abeywardena, 1972) e a análise estrutural (Mansour et al., 1981) têm sido utilizados, visando aumentar a

acurácia da referida estimativa (Cruz et al., 2014), com aplicações recomendadas para situações específicas, a exemplo do método dos componentes principais, recomendado para caracteres que apresentam sazonalidade, como a produção em café, com sazonalidade bienal.

Bonomo et al. (2004) estudaram 28 progênies de café arábica e a estimativa do coeficiente de repetibilidade na fase inicial de produção dos materiais genéticos avaliados foi de 0,48, com coeficiente de determinação de 74%. Nesse trabalho, os autores concluíram que a metodologia dos componentes principais baseada na matriz de correlações é a mais adequada para estimar o coeficiente de repetibilidade para produção de grãos de café.

Trabalhando com café conilon, Fonseca et al. (2003, 2004) calcularam o coeficiente de repetibilidade para a produtividade de grãos de diferentes clones de café conilon utilizando vários métodos, obtendo estimativas variadas. O método de componentes principais derivado da matriz de covariância foi o mais eficaz. A precisão dos valores de R^2 aumentou de 73,84% para 86,92% quando o número de colheitas passou de quatro para seis. No entanto, após a sexta colheita, o aumento na precisão foi insignificante, não justificando o tempo e os custos adicionais envolvidos.

Ferrão et al. (2003) encontraram resultados semelhantes ao estimar o coeficiente de repetibilidade de 50 genótipos de café conilon, eles verificaram que o método de componentes principais, utilizando a matriz de covariâncias, apresentou o maior coeficiente de repetibilidade ($r = 0,662$) e a maior precisão, com $R^2 = 93,19\%$. Os autores concluíram que cinco colheitas são suficientes para obter uma confiabilidade de 90% na predição do valor real do indivíduo.

Ferrão et al. (2021) estimaram o coeficiente de repetibilidade para produtividade de grãos de 40 genótipos de café conilon em dois ambientes no estado do Espírito Santo. Nesse trabalho, o método de componentes principais obtidos pela matriz de covariância apresentou os maiores coeficientes de repetibilidade nos dois locais avaliados, com R^2 de 87,56% e 84,19%. Tais resultados indicaram que o citado método é mais adequado para estimar o coeficiente de repetibilidade, pois proporciona maior acurácia na expressão do valor real do genótipo, uma vez que leva em consideração o comportamento dos genótipos no que concerne à bianualidade do caráter estudado.

Nesse sentido, a hipótese desse trabalho é que o número de medições necessárias para uma identificação confiável das cultivares de café arábica mais adequadas para região de baixa altitude é variável conforme o caráter agrônomo ou qualitativo considerado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar o coeficiente de repetibilidade e o número de medições necessárias que proporcionem níveis de certeza na predição do valor real para caracteres agrônomo e qualitativos de cultivares de café arábica de porte baixo cultivados em região de baixa altitude.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Descrição da área experimental e caracterização climatológica

O experimento de campo foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Câmpus de Jaboticabal (SP), latitude 21°14'30.23" Sul e longitude de 48°17'51.66" Oeste de Greenwich, com altitude de 565 m. O clima é classificado como Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco), segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (Santos, 2018), de textura argilosa, com teores de argila, silte e areia de 533, 193 e 274 g kg⁻¹, respectivamente.

Baseando-se nas normais climatológicas de 1971 a 2014, a temperatura média anual (Tm) do município é de 22,3 °C, a temperatura média do mês de novembro (Tn) é de 24 °C e a precipitação anual é de 1417 mm. Constata-se, pelos dados médios, uma limitação ao cultivo de café nessa região, que se refere a componente térmica. A Tm está na faixa de restrição, segundo o critério de Pinto et al. (2001), entre 22 e 23 °C. A Tn está no limite adotado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), de 24 °C (Brasil, 2011). A classificação da região passaria de "apta", de acordo com Pinto et al. (2001) para "marginal com restrição térmica". Os dados de temperatura e precipitação das seis safras de café são apresentados na Figura 1.

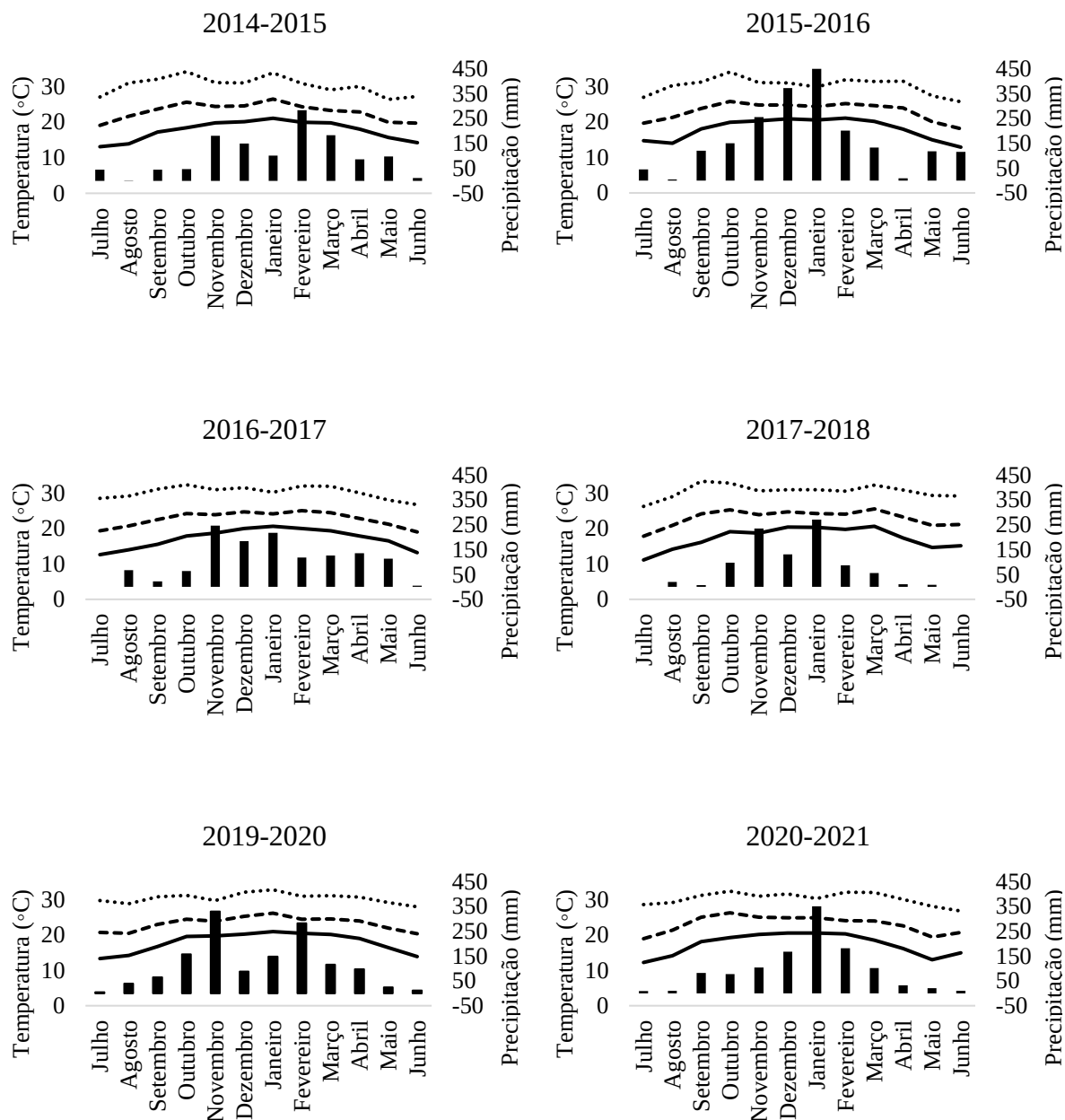


Figura 1. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (Tmax, Tmin e Tm) e precipitação. 1ª Safrinha (2014/2015), 2ª Safrinha (2015/2016), 3ª Safrinha (2016/2017), 4ª Safrinha (2017/2018), 5ª Safrinha (2019/2020) e 6ª Safrinha (2020/2021). Jaboticabal, SP.

O déficit hídrico anual médio de Jaboticabal entre 1971 e 2000 foi de 56 mm (Figura 2A), não havendo restrição hídrica para o cultivo, segundo os critérios utilizados em zoneamentos agroclimáticos do café (Pinto et al., 2001; Brasil, 2011).

Porém, durante o período experimental (2013 a 2021) o déficit hídrico no período foi de 148 mm (Figura 2B), compreendido na faixa entre 100 e 150 mm e, portanto, caracteriza-se como restrição hídrica, sendo necessário o fornecimento de água via irrigação (Matiello et al., 2008).



Figura 2. Balanço hídrico climatológico do período de 1971 a 2000 (A) e durante o período experimental, de 2013 a 2021 (B).

4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, que foram constituídas por 17 cultivares de café arábica de porte baixo (Tabela 1): IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20, IAC Obatã 4739, Tupi IAC 1669-33, IAC 125RN, Catiguá MG1, Oeiras

MG 6851, Pau-Brasil MG1, Sacramento MG1, IPR 99, IPR 100, IPR 103, Sabiá Tardio, e as subparcelas consituídas por 6 safras. As safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 correspondem às quatro primeiras safras de produção das cultivares de café arábica avaliadas. No ano de 2018 o café foi submetido à poda de esqueletamento, não havendo, portanto, produção no ano seguinte. Dessa maneira, as safras 2019/2020 e 2020/2021 representam a produção pós poda de esqueletamento.

Tabela 1. Cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) de porte baixo avaliadas. Jaboticabal, SP.

Cultivar	Instituição	Características
IAC Catuaí SH3	IAC	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, resistente à ferrugem, suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Catuaí Amarelo IAC 62		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Catuaí Vermelho IAC 99		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC Ouro Verde		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC Ouro Amarelo		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, suscetível à ferrugem e a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Obatã IAC 1669-20		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de diferenciada.
IAC Obatã 4739		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Tupi IAC 1669-33		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha-escura, maturação entre precoce e média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
IAC 125 RN		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha-escura, maturação entre precoce e média, resistente à ferrugem e a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
Catiguá MG1	EPAMIG	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.

Oeiras MG 6851		Possui diâmetro da copa pequeno, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre precoce e média, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida regular.
Pau-Brasil MG1		Possui diâmetro da copa pequeno, cor do fruto maduro vermelha, maturação entre média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
Sacramento MG1		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação média, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade média e qualidade de bebida regular.
IPR 99	IAPAR	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro amarela, maturação entre média e tardia, resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, moderada resistência à mancha-anular, médio vigor vegetativo, produtividade alta e qualidade de bebida diferenciada.
IPR 100		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, suscetível à ferrugem e resistente a nematoide, alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.
IPR 103		Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, parcialmente resistente à mancha-aureolada e à mancha de <i>Phoma</i> , alto vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.
Sabiá Tardio	PROCAFÉ	Possui diâmetro da copa médio, cor do fruto maduro vermelha, maturação tardia, parcialmente resistente à ferrugem e suscetível a nematoide, médio vigor vegetativo, produtividade muito alta e qualidade de bebida regular.

IAC: Instituto Agrônomo de Campinas; EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná; PROCAFÉ: Fundação Procafé. Fonte: Carvalho et al. (2022).

As mudas foram produzidas em tubetes com substrato artificial a base de fibra de coco, turfa e fertilizante de liberação lenta e foram plantadas quando apresentavam 5 pares de folhas. O plantio foi realizado em abril de 2013 e foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes, distanciados 0,50m entre si, com pressão de serviço de 150 kPa (15 mca) e vazão de 1,6 L h⁻¹. Foi adotado manejo de irrigação suplementar. O turno de rega foi de 7 dias, com lâmina de 15 a 20 mm por semana, durante a estação seca. O sistema também foi acionado em períodos de veranico, durante a estação chuvosa. No mês de julho até a primeira quinzena de agosto foi realizada a supressão da irrigação a fim de promover estresse hídrico controlado antes da antese, conforme Custódio (2012).

O manejo integrado de plantas daninhas foi realizado através da capina manual, controle mecânico (roçadora e desintegrador de plantas) e químico.

Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de plantio de quatro metros de comprimento, com oito plantas espaçadas a 0,50 m na linha de plantio e 3,5 m entrelinhas. A cultivar Acauã foi utilizada em toda a bordadura do experimento. No intuito de formar cobertura vegetal na superfície do solo e assim evitar a erosão, semeou-se à lanço a braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nas entrelinhas do experimento.

A caracterização dos atributos químicos do solo das seis safras é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos químicos do solo (camada de 0,00 – 0,20 m) da área experimental das seis safras de café arábica. Jaboticabal, SP.

Safras ¹	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)				(mmolc dm ⁻³)				(%)
2014/2015	5,9	15	79	4	6,1	28	19	15	53,1	68,1	78
2015/2016	5,7	17	71	4	4,7	33	15	20	53,0	73,2	72
2016/2017	5,5	13	32	5	3,0	22	10	14	34,4	48,5	71
2017/2018	5,9	26	41	9	5,6	28	13	14	47,3	61,8	77
2019/2020	6,0	21	242	14	3,6	36	16	18	55,6	74	75
2020/2021	5,9	24	224	18	7,0	50	20	18	77,0	95	81
Micronutrientes											
Safras	B		Cu		Fe		Mn		Zn		
					(mg dm ⁻³)						
2014/2015	0,19		0,5		14		9,7		2,7		
2015/2016	0,20		0,9		12		8,8		2,9		
2016/2017	0,24		1,7		17		21,9		2,4		
2017/2018	0,40		0,9		15		20,5		2,6		
2019/2020	0,81		1,8		22		21,3		9,1		
2020/2021	3,91		1,6		12		12,2		10,0		

¹ Fonte: Athenas Consultoria Agrícola e Laboratórios, Jaboticabal, SP; Ribersolo – Laboratórios de Análises Agrícolas, Ribeirão Preto, SP.

4.2.3 Variáveis analisadas

As avaliações descritas a seguir seguiram metodologia descrita por Filla (2023).

Classificação dos grãos por tamanho e formato (%) – os grãos de café de cada parcela foram despejados sobre um conjunto de peneiras dispostas na seguinte ordem: peneira redonda 17 (grão chato), peneira redonda 15 (grão chato), peneira

oblonga 10 (grão moca), peneira redonda 13 (grão chato) e fundo (paus, pedras, grãos quebrados entre outros). Após o peneiramento, quantificou-se a massa de grãos retida em cada peneira e estabeleceu-se a porcentagem de grãos por tamanho e formato contidos em cada amostra;

Massa de 100 grãos tipo chato (g) - foram selecionadas e contadas 4 amostras de 100 grãos tipo chato em cada parcela. A média das amostras foi utilizada para o estabelecimento da massa de 100 grãos;

Produtividade (sacas ha⁻¹) e renda de benefício (%) - após a colheita e homogeneização dos frutos foi medido o volume total de café derriçado em cada parcela, sendo coletados 10 L de café cru da roça para secagem ao sol em terreiro de concreto. Foram utilizadas peneiras adequadas para separar os frutos de cada parcela experimental, até que estes atingissem teor de água em base úmida (b.u.) na faixa entre 11 e 12,5%. Após a secagem, o café em coco foi beneficiado, passando-se 5 vezes cada amostra em um descascador Pinhalense®. A partir do peso do café grão cru, obtido após o beneficiamento e a correção da umidade em b.u. para 12,5%, estimou-se a produtividade (em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare) e a renda de benefício (volume de café em coco convertido em grãos de café beneficiado). As seis primeiras safras ocorreram nos anos agrícolas de 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2019/2020 e 2020/2021.

Grau de maturação dos frutos (%) - foram coletados em cada parcela 1 L de café cru da roça, utilizado para classificação e quantificação dos frutos tipo verde, verde-cana, cereja, passa e seco, conforme descrito em Pezzopane et al. (2003).

4.2.4 Análises dos dados

4.2.4.1 Análise univariada

Os dados foram submetidos à análise de outliers pelo teste generalizado ESD (Rosner, 1983). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e quando o teste foi significativo ($p < 5\%$), foi realizado teste de Scott-Knott para agrupamento de médias. As análises foram feitas utilizando o software Genes (Cruz et al., 2006).

4.2.4.2 Estimação do coeficiente de repetibilidade

As características avaliadas (rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13, massa de cem grãos, rendimento de benefício, frutos verdes, frutos cerejas e produtividade de grãos) foram submetidas à análise de repetibilidade (r) pelos métodos dos componentes principais (CP), obtidos a partir da matriz de correlação (R) e covariâncias fenotípicas (V), conforme descrito em Cruz et al. (2014). Para esses cálculos, foram utilizadas as seguintes expressões:

- 1) Coeficiente de repetibilidade com base na análise dos componentes principais a partir da matriz de correlação (R):

$$r = \frac{(\lambda_1) - 1}{\eta - 1}$$

em que:

r = coeficiente de repetibilidade.

λ_1 = autovalor obtido da matriz R , associado ao autovetor cujos elementos têm mesmo sinal e magnitude semelhantes;

η = número de avaliações do caractere.

- 2) Coeficiente de repetibilidade com base na análise dos componentes principais a partir da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas (V_y):

$$r = \frac{\lambda_1 V_y}{V_{y(n-1)}}$$

em que:

λ_1 = autovalor de V_y associado ao autovetor cujos elementos têm mesmo sinal e magnitude semelhantes.

O número de medições necessárias (η_0) para prever o valor real dos genótipos, com base em diferentes coeficientes de determinação ou níveis de previsibilidade (80, 90 e 95%), foi obtido pela expressão:

$$\eta_0 = R^2(1-r)/(1-R^2)r$$

em que:

η_0 : número de medições necessárias para a predição do valor real;

R^2 : coeficiente de determinação (80%, 90% ou 95%);

r = coeficiente de repetibilidade.

Essas análises foram realizadas com o uso do aplicativo computacional GENES (Cruz et al., 2006).

4.3 Resultados e Discussão

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas para os caracteres avaliados, com base na análise dos componentes principais, a partir das matrizes de variâncias e covariâncias e da matriz de correlação, estão detalhados na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas do coeficiente de repetibilidade (r) para rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13, massa de cem grãos, rendimento de benefício, frutos verdes, frutos cerejas e produtividade de grãos de café arábica, pelo método da análise do componente principal.

Caracteres	Componente Principal			
	Covariância		Correlação	
	r	R^2	r	R^2
Rendimento de peneira 17	0,60	90,08	0,60	89,90
Rendimento de peneira 13	0,60	90,25	0,58	89,24
Massa de cem grãos	0,55	88,03	0,30	72,03
Rendimento de benefício	0,45	83,54	0,36	77,83
Frutos verdes	0,65	92,07	0,53	87,03
Frutos cerejas	0,61	90,36	0,32	73,86
Produtividade de grãos	0,43	81,90	0,27	68,80

As estimativas de coeficiente de repetibilidade, obtidas a partir da matriz de variâncias e covariâncias ou de correlações, foram semelhantes para os caracteres rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13, rendimento de benefício e frutos verdes. Para massa de cem grãos, frutos cerejas e produtividade de grãos houve uma diferença mais acentuada nos valores estimados de repetibilidade, com maiores estimativas obtidas a partir da matriz de variâncias e covariâncias. Tal resultado indica a necessidade do emprego de vários métodos disponíveis para a obtenção da estimativa desse coeficiente, com o objetivo de se obter um intervalo preciso, no qual

se encontrará, com maior probabilidade, o valor real desse parâmetro (Fonseca, 1999).

Em culturas perenes, é comum observar divergências entre métodos na estimativa do coeficiente de repetibilidade. Além de fatores estatísticos, como a independência e a igualdade das variâncias residuais no modelo linear (Mansour et al., 1981), essas variações podem estar associadas à influência ambiental sobre a expressão do caráter, especialmente quando este apresenta comportamento bienal cíclico. Levando isso em consideração, o método dos componentes principais tem se mostrado mais adequado que os outros por minimizar o efeito da bienalidade (Mistro et al., 2008).

Resende (2001) forneceu estimativas dos coeficientes de repetibilidade para diversas espécies perenes, como eucalipto, seringueira, cacauzeiro, coqueiro, cupuaçuzeiro e guaranzeiro, considerando diferentes características. A magnitude do coeficiente varia conforme a herdabilidade do caráter analisado, a população e o método de estimativa utilizado. O autor em questão categorizou o coeficiente de repetibilidade em três classes: alta repetibilidade ($\rho > 0,60$), média repetibilidade ($0,30 < \rho < 0,60$) e baixa repetibilidade ($\rho < 0,30$).

O coeficiente de repetibilidade observado para os caracteres massa de cem grãos (0,30), rendimento de benefício (0,36), frutos cerejas (0,32) e produtividade de grãos (0,27) podem ser classificadas como média repetibilidade para os três primeiros caracteres e baixa repetibilidade para o último, segundo Resende (2001). Tais coeficientes foram obtidos a partir da matriz de correlação, com predição (R^2) de 72, 77, 73 e 68%, respectivamente. Esse resultado sugere a necessidade de aumentar o número de avaliações para obtenção de maior acurácia nas estimativas.

A maior magnitude de repetibilidade foi encontrada para o caráter frutos verdes, de 0,65, com predição de 90%. Os caracteres rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13 e frutos cerejas apresentaram coeficientes de repetibilidade de 0,60, a partir da matriz de variâncias e covariâncias. Considerando a mesma classificação de Resende (2001), esses coeficientes classificam-se como alta repetibilidade.

Segundo Cruz et al (2014) a repetibilidade varia em função da natureza do caráter, das propriedades genéticas da população e com as condições ambientais sob as quais os indivíduos são avaliados.

Quanto ao número de medições necessárias para se obter valores de previsibilidade de 80, 90 e 95%, observa-se resultados semelhantes aos obtidos para o próprio coeficiente de repetibilidade, com valores semelhantes quando se usa as matrizes de variâncias e covariâncias ou a matriz de correlação, e valores inferiores para outros caracteres a partir da matriz de variâncias e covariâncias. De modo geral, portanto, as estimativas obtidas a partir da matriz variâncias e covariâncias preconizam o uso de menor número de medições em todos os caracteres avaliados.

Para o rendimento de peneira 17, o número adequado de medições foi semelhante, independentemente de se usar a matriz de variâncias e covariâncias ou a matriz de correlação, para os três coeficientes de determinação (R^2) estabelecidos (Tabela 4). Já no rendimento de peneira 13, somente para R^2 de 80%, houve concordância do número de medições para os dois procedimentos. Para os dois outros R^2 estabelecidos, as estimativas do número de medições foram sempre superiores ao se adotar a matriz de correlações, fato que se repetiu para as demais características avaliadas.

Tabela 4. Número de medições (safras) necessárias para diferentes coeficientes de determinação (R^2 : 0,80, 0,90 e 0,95) estimado com base na repetibilidade dos caracteres rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13, massa de cem grãos, rendimento de benefício, frutos verdes, frutos cerejas e p produtividade de grãos de café arábica, pela análise dos componentes principais a partir da matriz de variâncias e covariâncias e matriz de correlação.

Caracteres	R^2	Componente Principal	
		Covariância	Correlação
		Número de medições	Número de medições
Rendimento de peneira 17	0,80	3	3
	0,90	6	6
	0,95	13	13
Rendimento de peneira 13	0,80	3	3
	0,90	6	7
	0,95	13	14
Massa de cem grãos	0,80	4	10
	0,90	8	21
	0,95	16	45

Rendimento de benefício	0,80	5	7
	0,90	11	16
	0,95	23	33
Frutos verdes	0,80	3	4
	0,90	5	8
	0,95	10	17
Frutos cerejas	0,80	3	9
	0,90	6	20
	0,95	12	40
Produtividade de grãos	0,80	6	11
	0,90	12	25
	0,95	25	52

Considerando a previsibilidade de 80%, o número de medições necessárias para os caracteres avaliados variou de 3 a 6, ao se adotar a matriz de variâncias e covariâncias. Nesse sentido, infere-se que o número de avaliações realizadas no presente trabalho é suficiente para discriminar com confiabilidade os dados. Ao usar a matriz de correlação, o número de medições necessárias para valores pré-fixados de R^2 , variou de 3 a 11, ou seja, para alguns caracteres, seriam necessárias mais avaliações além das seis realizadas. Assim, tem-se que a massa de cem grãos, o rendimento de benefício, a porcentagem de frutos cerejas e a produtividade necessitariam de 10, 7, 9 e 11 avaliações, para se ter uma confiabilidade de 80%. Segundo Resende (2002), valores de R^2 acima de 80% são considerados altos e adequados para a prática de seleção.

Em relação à determinação (R^2) de 90%, também foi possível encontrar resultados promissores e confiáveis para alguns caracteres. Considerando a matriz de variâncias e covariâncias, para o rendimento de peneira 17, rendimento de peneira 13, frutos verdes e frutos cerejas, as 6 medições realizadas no presente trabalho proporcionaram estimativas confiáveis. Para massa de cem grãos e produtividade de grãos, seriam necessárias 8 e 12 medições, respectivamente. Considerando a matriz de correlação, o número de medições realizadas foi suficiente apenas para o rendimento de peneira 17. Para o rendimento de peneira 13 e frutos verdes, o número adequado de medições aproxima-se das 6 avaliações realizadas, sendo respectivamente, 7 e 8.

Para a previsibilidade de 95%, para quaisquer caracteres avaliados, seria necessário realizar mais avaliações, independentemente de se adotar a matriz de variâncias e covariâncias ou a matriz de correlação. Por exemplo, para a produtividade de grãos, seria necessário realizar 25 medições (safras) a partir da matriz de variâncias e covariâncias, e 52 medições a partir da matriz de correlação.

4.4 Conclusões

Em geral, as estimativas de r e de R^2 foram superiores ao se adotar a matriz de variâncias e covariâncias, em detrimento do uso da matriz de correlação. Com isto, o número adequado de medições para se obter valores pré-estabelecidos de R^2 foram menores com a adoção da matriz de variâncias e covariâncias.

As avaliações das seis safras proporcionaram estimativas de r , variando de 0,43 para produtividade de grãos a 0,65 para frutos verdes, resultando em R^2 superiores a 80% para todos os caracteres, pelo método dos componentes principais a partir da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas.

Para o parâmetro produtividade de grãos, utilizando-se a matriz de variâncias e covariâncias, seriam necessárias 6 avaliações para obter-se confiabilidade nos dados de 80%.

4.5 Referências

Abeywardena V (1972) An application of principal component analysis in genetics. **Journal Genetics**, 61(1):27-51.

Bonomo P, Cruz CD, Pereira AA, Viana JMS, Oliveira VS, Carneiro PCS (2004) Seleção antecipada de progênies de café descendentes de híbrido de Timor x catuaí amarelo e catuaí vermelho. **Acta Scientiarum** 26:91-96.

Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Café. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de->

zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/sao-paulo>. Acesso em 15 jul. 2024

Cornacchia G, Cruz CD, Lobo PR, Pires IE (1995) Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguiluz , Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore** 19(3):333-345.

Cruz CD (2006) Programa Genes: Biometria. Viçosa: UFV, 382p.

Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ (2014) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v. 2, 668p.

Custódio AAP (2012) Influência de fatores bioclimáticos no desenvolvimento e produção do cafeeiro arábica e na qualidade dos grãos em Matão (SP). 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Dias LAS, Kageyama PY. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia (1998). **Euphytica** 102(1):29-35.

Falconer DR **Introduction to quantitative genetics**. 3. ed. London: Longman, 438 p.

Ferrão RG (2004) Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon. Viçosa: DFT/UFV, 256f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa.

Ferrão RG, Ferrão MAG, Volpi OS, Fonseca AFA, Verdin Filho AC, Comério M, Senra JFB (2021) Repetibilidade de produção por diferentes métodos em genótipos de café conilon no Espírito Santo. **Multi-Science Research** 4(2):17-27. <http://doi.org10.47621/M-SR.2021.v.4.n.2.27.054>

Ferrão RG, Fonseca AFA, Ferrão MAG, Carneiro PS, Cruz CD (2003) Estimativa do coeficiente de repetibilidade por diferentes métodos em *Coffea canephora*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, Porto Seguro. *Anais...*

Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ – Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, p. 236.

Fonseca AFA (1999). Análises biométricas em café conilon (*Coffea canephora*). Viçosa, MG: Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 121p.

Fonseca AFA, Sedyama T, Cruz CD, Sakiyama NS, Ferrão RG, Ferrão MAG, Bragança SM (2004). Repeatability and number of harvests required for selection in Robusta coffee. **Crop breeding and applied biotechnology** 4:298-304.

Fonseca AFA, Sedyana T, Sakayama NS, Cruz CD, Ferrão RG, Ferrão MAG (2003); Estimativa do coeficiente de repetibilidade em café Conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, Porto Seguro. *Anais...* Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ – Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, p. 214.

Mansour H, Nordheim EV, Ruedge JJ (1981) Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics** 60:151-156.

Matiello J (2008) Critérios para a escolha da cultivar de café. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 1, 157-226.

Mistro JC, Fazuoli LC, Filho OG, Silvarolla MB, Tomabraghini M (2008). Determination of the number of years in Arabic coffee progênies selection through repeatability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 8:79-84.

Pezzopane JRM, Pedro Júnior MJ, Thomaziello RA, Camargo MBP (2003) Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia** 62:499-505. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000300015>

Pinto HS, Zullo Junior J, Assad ED, Brunini O, Alfonsi RR, Coral G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:495-500.

Resende MDV (2001) Melhoramento de espécies perenes. In: Ness LL et al. (Eds.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 357-422p.

Resende MDV (2002). Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 975 p.

Rolim GS, Camargo MBPD, Lania DG, Moraes JFLD (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

Rosner B (1983) Percentage Points for a Generalized ESD Many-Outlier Procedure. **Technometrics** 25:165-172. <https://doi.org/10.2307/1268549>

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbleras JF, Coelho MR, Cunha TJF (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solo**, 5^a ed. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.

Vencovsky R (1973). **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: Esalq, 97p.

CAPÍTULO 5 – Considerações finais

O presente estudo abordou aspectos importantes sobre as 17 cultivares de café arábica avaliadas. As informações acerca do desempenho agrônômico, aliadas aos resultados de adaptabilidade, estabilidade e repetibilidade fornecem subsídios valiosos para a escolha das cultivares que podem ser recomendadas para cultivo em condições de baixa altitude e temperaturas elevadas, características consideradas marginais para o cultivo dessa espécie. Os resultados demonstraram que é possível obter elevadas produtividades (40 a 50 sacas ha^{-1}) em regiões com essas condições, destacando-se as cultivares Tupi IAC 1669-33, IAC Obatã 4739, IAC Ouro Amarelo, Obatã IAC 1669-20 e Catuaí Vermelho IAC 99, que alcançaram médias superiores a 50 sacas ha^{-1} . Esses valores são comparáveis aos obtidos em regiões tradicionalmente favoráveis ao cultivo do café, indicando o potencial de adaptação dessas cultivares.

Além da produtividade, foram avaliados outros atributos relevantes como o rendimento de benefício, massa de cem grãos, classificação por peneira e defeitos. As cultivares Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Ouro Verde, IAC Ouro Amarelo, IPR 100 e Sabiá Tardio apresentaram rendimento de benefício acima de 45%, enquanto IAC 125 RN e IPR 99 produziram grãos com maior massa de cem grãos (acima de 11 g). As cultivares IAC 125 RN, Catuaí Vermelho IAC 99, IAC Obatã 4739 e Sabiá Tardio apresentaram maior porcentagem de grãos graúdos (peneira 17), um atributo que é valorizado comercialmente. Pau-Brasil MG1, IPR 103, IAC Ouro Amarelo e IAC Ouro Verde destacaram-se pela maior porcentagem de grãos cereja, enquanto a cultivar IAC Obatã 4739 se destacou por sua maturação tardia, mesmo em condições mais quentes. Em regiões menos favoráveis ao cultivo, como a deste estudo, optar por cultivares de ciclo tardio pode ser uma boa estratégia, já que isso permite um maior acúmulo de açúcares nos grãos. Esse fator se torna ainda mais relevante em locais com temperaturas mais altas, onde o tempo de maturação dos frutos acaba sendo mais curto. Entretanto, como essas cultivares costumam apresentar floradas em diferentes momentos e maturação irregular, é essencial planejar a colheita de forma escalonada para evitar a presença excessiva de grãos imaturos.

Temperaturas mais altas no cultivo do café arábica representam um desafio, pois, embora seja possível alcançar boas produtividades, o estresse das plantas e seu desgaste ocorrem mais rapidamente. Por isso, é fundamental adotar práticas de manejo regulares, como a poda de esqueletamento ou decote, muitas vezes de forma antecipada em comparação com regiões mais aptas.

Ademais, cabe ressaltar que, apesar dos resultados promissores em termos de produtividade das cultivares, em regiões mais quentes e com elevada irradiação solar, os danos foto-oxidativos (escaldadura) nas folhas de café são relevantes, além do maior depauperamento das plantas, como destacado anteriormente. Assim, uma alternativa viável e bastante promissora é o consórcio com árvores, em sistemas agroflorestais, alternativa que vem sendo muito discutida atualmente como prática sustentável no contexto das mudanças climáticas.

A análise de adaptabilidade e estabilidade revelou que a cultivar Tupi IAC 1669-20 destacou-se por sua adaptabilidade em ambientes favoráveis, gerais e desfavoráveis, além de ser a mais produtiva entre todas as avaliadas. Essa característica é fundamental para garantir previsibilidade na produção, especialmente em regiões com variações climáticas acentuadas. Por outro lado, a cultivar IPR 100 mostrou-se adaptada a ambientes desfavoráveis em todos os métodos avaliados. Os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988), Annicchiarico (1992) e MHPRVG (2007) foram complementares, reforçando a importância de utilizar múltiplas abordagens para uma seleção mais robusta.

Os coeficientes de repetibilidade estimados para as características avaliadas indicaram que o número de medições necessárias para alcançar 80% de confiabilidade variou entre 3 e 6, dependendo do método e da característica avaliada. Para a produtividade de grãos, por exemplo, seis medições foram necessárias para atingir esse nível de confiabilidade. Esses resultados são essenciais para otimizar os processos de avaliação e seleção em programas de melhoramento genético, reduzindo custos e tempo sem comprometer a acurácia.

Em síntese, os resultados deste trabalho demonstram que o cultivo de café arábica em região de baixa altitude é viável, desde que sejam selecionadas cultivares adaptadas a essas condições. As cultivares Tupi IAC 1669-33 e IAC Ouro Amarelo

destacaram-se como as mais promissoras, combinando alta produtividade, adaptabilidade e estabilidade e demais características desejáveis.

5.1 Perspectivas futuras

Realização de estudos em outras regiões: Recomenda-se a realização de estudos semelhantes em outras regiões com condições edafoclimáticas desafiadoras, para validar os resultados obtidos e identificar as cultivares mais promissoras.

Avaliação de qualidade sensorial: Futuros trabalhos poderiam incluir análises sensoriais da bebida para correlacionar as características agronômicas com a qualidade do café produzido nessas condições, agregando valor à produção.

Integração de técnicas de manejo: Pesquisas que avaliem o efeito de práticas como irrigação, sombreamento (sistemas agroflorestais) e adensamento no desempenho das cultivares em regiões marginais podem contribuir para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis e eficientes.

Impacto econômico: Análises de viabilidade econômica do cultivo de café em regiões marginais podem incentivar a adoção dessas cultivares por produtores, promovendo a diversificação agrícola e a geração de renda em áreas menos favorecidas.

APÊNDICE

Os elementos meteorológicos utilizados neste trabalho foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – campus de Jaboticabal. As observações feitas na Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal são cotadas, digitadas em formato padronizado, realizada a consistência e controle de qualidade.

Tabela 1A. Dados climatológicos médios de Jaboticabal (SP), do período de 1971 a 2014.

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
Janeiro	30,1	19,9	24,2	79,4	268,2	188,5
Fevereiro	30,8	19,8	24,3	77,8	201,8	193,5
Março	30,5	19,3	24	77,9	160,8	214,1
Abril	29,3	17,4	22,5	75	75,1	228,6
Maio	26,9	14,4	19,9	73,4	52,8	230,5
Junho	26,4	13	18,8	71	27,2	227,3
Julho	26,8	12,7	18,9	64,8	24,2	249,5
Agosto	29	14,1	20,8	57,8	24,6	253,1
Setembro	30	16,1	22,3	61,7	63,5	211,2
Outubro	31	18,1	23,8	64,3	112	225,1
Novembro	30,6	18,9	24	69,8	160,1	217,9
Dezembro	30,1	19,7	24,1	77,1	246,2	194,7
Média	29,3	17	22,3	70,8	1.416,5	

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 2A. Dados climatológicos mensais referentes ao período experimental de 2013 a 2021. Jaboticabal, SP.

2013	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
Janeiro	30,2	19,9	24	79,4	384	189,4
Fevereiro	31	20,1	24,3	78,8	145,2	191,4
Março	30,1	19,5	23,8	80	141,6	193,5
Abril	28,5	17,1	21,8	77,5	66,3	197
Maio	28	15,3	20,6	72,9	93	230,3
Junho	27,2	15,4	20,1	79,3	31,4	193,3
Julho	26,3	12,4	18,2	72,5	33	240,1
Agosto	29	12,3	19,8	57	0	273,8
Setembro	30,3	15,9	22,3	59,5	66,5	229,7
Outubro	30,2	17,4	23	65,6	90,8	229,4
novembro	30,5	19,3	24,1	71,4	161,7	213,5
dezembro	31,5	20,1	24,7	76,2	239,9	224,5
Ano	29,4	17,1	22,2	72,5	1453,4	2605,9
2014	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
Janeiro	32,6	19,9	25,5	69,1	99,8	294,1
Fevereiro	32,5	19,9	25,5	67	83	233,9
Março	30,9	19,5	24,1	76,8	106,8	238,4
Abril	30,1	17,9	23	75,2	63,3	241,2
Maio	28	14,6	20,2	70	6,7	237,4
Junho	28,6	13,7	20	68	1,8	238,7
Julho	27,1	13,1	19,1	67,6	30	212,2
Agosto	31	13,9	21,7	52,5	0,2	292,7
Setembro	32,1	17,2	23,7	56,1	45	223,2
Outubro	34,2	18,4	25,6	49	46,8	271,5
novembro	31,1	19,8	24,4	72,4	180,9	182,2
dezembro	31	20,1	24,6	74	150,3	195,8
Ano	30,8	17,3	23,1	66,5	814,6	2861,3
2015	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	33,9	21,1	26,5	68,4	101,5	270,2
fevereiro	30,9	20	24,3	78,8	283,7	185
março	29,1	19,8	23,3	83,5	183,3	148,3
abril	30,1	18	22,9	76,9	86,4	234,5
maio	26,4	15,7	20	79,5	98	180,9
junho	27,2	14,2	19,7	73,5	11,6	239,3
julho	27	14,7	19,7	74,3	45	189,4
agosto	30,3	14	21,3	56	4,4	283,4
setembro	31,3	18,1	23,8	64,5	120,2	208,5
outubro	34,1	19,9	25,8	62,1	149,7	231,6
novembro	31,1	20,3	24,8	78	255,8	189,2
dezembro	31	20,9	24,8	78,6	372,3	155,8

ano	30,2	18	23,1	72,8	1711,9	2516,1
2016	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	29,9	20,6	24,4	82	449,4	163,5
fevereiro	31,9	21,1	25,2	78,8	201	180,3
março	31,4	20,2	24,6	79,3	132,9	209
abril	31,5	18	24	65,6	9,1	267,6
maio	27,4	15	20,1	74,9	118,2	203,1
junho	25,7	12,9	18,1	75,3	115,8	220,1
julho	28,5	12,6	19,3	61,2	0	277,7
agosto	29,1	14	20,7	61,9	67,8	246,1
setembro	31,1	15,5	22,5	58,6	21,8	251,4
outubro	32,3	17,9	24,2	63,6	64	243,6
novembro	30,9	18,7	23,9	71,7	246,5	212,2
dezembro	31,5	20	24,7	74,3	184,4	223,4
ano	30,1	17,2	22,6	70,6	1610,9	2698
2017	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	30,2	20,6	24,1	80,2	217,7	144,7
fevereiro	32	20	25	72,5	118,3	236,8
março	31,9	19,3	24,4	71,7	126,3	247,3
abril	30	17,9	22,8	74,7	135,7	217,1
maio	28	16,5	21,2	77,1	113,4	214,5
junho	26,7	13,2	19	71,3	4,7	238,1
julho	26,2	11,1	17,8	61,5	0	272,2
agosto	29	14,1	20,9	58,6	19,9	234,9
setembro	33,3	16,1	24,1	40,7	7	275,2
outubro	32,8	19,1	25,2	58,7	97,7	219,7
novembro	30,6	18,7	23,9	69,8	235,8	214
dezembro	30,9	20,4	24,7	74,2	130,7	204,1
ano	30,1	17,1	22,7	67,6	1206,5	2718,6
2018	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	30,9	20,3	24,2	78,7	270,9	168,2
fevereiro	30,5	19,7	24,0	77,4	86,8	186,4
março	32,2	20,6	25,5	73,9	55,7	246,8
abril	30,8	17,3	23,2	65,9	11,0	238,2
maio	29,3	14,6	20,9	62,9	8,0	249,9
junho	29,1	15,1	21,1	63,6	0,0	201,8
julho	29,7	13,3	20,7	52,6	4,2	272,2
agosto	28,8	14,2	20,4	62,8	39,7	233,3
setembro	30,7	16,7	22,9	60,3	64,9	200,5
outubro	31,1	19,5	24,4	70,3	157,0	202
novembro	29,7	19,7	23,8	74,8	330,1	170,7
dezembro	32,0	20,2	25,2	70,0	88,2	243,8
ano	30,4	17,6	23,0	67,7	1116,5	2613,8

2019	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	32,7	20,9	26,1	69,2	148,1	260,6
fevereiro	30,9	20,4	24,4	77,5	282,6	160,7
março	31,0	20,1	24,5	76,6	115,2	213,2
abril	30,6	19	23,9	73,4	97,6	228,2
maio	29,1	16,4	21,9	73,6	24,2	227,2
junho	27,9	13,9	20,3	65,5	11,5	255,1
julho	27,7	12,2	18,9	59,6	9,3	251,8
agosto	29,5	14,1	21,3	57,2	10,4	243,4
setembro	33,5	18,1	25,0	55,2	82,4	242,6
outubro	34,5	19,2	26,2	56,2	77	269,4
novembro	31,7	20,1	25,0	70,4	103,7	201,2
dezembro	30,6	20,5	24,8	76,7	167,7	169,1
ano	30,8	17,9	23,5	67,6	1129,7	2722,5
2020	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	31,6	20,5	24,8	79,9	350,4	208
fevereiro	29,8	20,3	24,0	82,9	181,1	123,6
março	31,4	18,5	23,9	70,6	101,9	259,1
abril	30,1	16,1	22,5	67,2	32,6	257
maio	27,2	13,0	19,4	64,4	20,9	238,7
junho	28,4	14,9	20,7	67,7	10,5	222
julho	29,6	13,9	21,2	55,7	0	279
agosto	30,2	13,8	21,3	49,8	3,6	266,5
setembro	34,9	18,0	26,1	42,8	16,3	250,7
outubro	34,5	20,2	26,3	54,5	77	190,9
novembro	33,0	18,1	24,9	56,8	49,3	257,3
dezembro	31,4	20,2	24,5	76,7	312,4	165,9
ano	31,0	17,3	23,3	64,1	1156,0	2718,7
2021	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Ins (h)
janeiro	31,8	20,7	25,2	73,6	138,8	211,8
fevereiro	31,4	19,7	24,6	73,4	91,7	190,8
março	31,5	19,8	24,8	72,2	65,2	222,9
abril	30,1	16,2	22,5	65,2	32,3	262,8
maio	29,3	14,6	21,3	62,2	6,4	227,8
junho	27,8	14,0	19,8	64,1	22,5	232,6
julho	27,3	10,2	18,3	50,6	8,9	281,4
agosto	31,1	14,7	22,3	48,9	3,2	250,4
setembro	35,5	18,7	26,5	46,0	50,6	209,5
outubro	30,6	18,5	23,6	70,5	272,5	190,6
novembro	31,5	19,0	25,0	62,4	147,9	249,2
dezembro	30,6	19,1	24,3	70,1	210,9	233,9
ano	30,7	17,1	23,2	63,3	1050,9	2763,7

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 3A. Balanço hídrico climatológico de Jaboticabal (SP), do período de 1971 a 2000.

Mês	Temp °C	ETP	P	ARM mm	ETR	DEF	EXC
Janeiro	24,3	123	240	100	123	0	117
Fevereiro	24,3	107	202	100	107	0	95
Março	23,9	109	166	100	109	0	57
Abril	22,3	83	77	94	83	0	0
Maio	20,1	63	50	82	62	1	0
Junho	18,6	49	28	66	44	5	0
Julho	18,8	52	25	50	41	11	0
Agosto	20,8	70	27	32	45	25	0
Setembro	22,2	85	66	27	71	14	0
Outubro	23,6	108	122	41	108	0	0
Novembro	23,9	112	167	96	112	0	0
Dezembro	24	120	255	100	120	0	131
Ano	22,2	1081	1425		1025	56	400

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 4A. Balanço hídrico climatológico médio de Jaboticabal (SP), do período de estudo (2013 a 2021).

Meses	ETP	P	ARM	ETR	DEF	EXC
Janeiro	133	240	91	131	3	117
Fevereiro	113	164	90	110	2	54
Março	116	114	79	110	6	15
Abril	91	58	57	71	20	5
Maio	69	54	58	47	21	9
Junho	58	23	42	32	26	7
Julho	55	14	30	27	28	0
Agosto	72	16	19	27	45	0
Setembro	103	53	14	57	47	0
Outubro	122	115	29	92	30	8
Novembro	117	190	72	107	10	41
Dezembro	129	206	88	128	1	62
Ano	1179	1248	669	939	240	318

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 5A. Herbicidas, inseticidas e fungicidas aplicados no experimento para controle de plantas daninhas, pragas e doenças durante a condução do experimento. Jaboticabal, SP.

Nome Comercial	Classe	Princípio ativo	Concentração	Dose (p.c./ha)
Goal BR	Herbicida	Oxifluorfem	240 g/L	2-6 L ha ⁻¹
Galigan 240 EC		Oxifluorfem	240 g/L	3 L ha ⁻¹
Zapp QI 620		Glifosato potássico	620 g/L	3 L ha ⁻¹
Select 240 EC		Cletodim	240 g/L	0,45 L ha ⁻¹
Heat		Saflufenacil	700 g/kg	20-200 g ha ⁻¹
Verdadero 600 WG	Inseticida	Tiametoxan + Ciproconazol	300 g/kg	0,7-1 kg ha ⁻¹
Actara 250 WG		Tiametoxan	250 g/kg	2 kg ha ⁻¹
Benevia		Ciantraniliprole	100 g/L	0,7-1,5 kg ha ⁻¹
Nomolt 150		Teflubenzurom	150 g/kg	0,25 L ha ⁻¹
Sivanto Prime 200 SL		Flupiradifurona	200 g/L	1,5 - 3 L ha ⁻¹
Rimon 100 EC		Novalurom	100 g/L	0,25-0,3 L ha ⁻¹
Mustang 350 EC		Zeta-cipermetrina	350 g/L	0,05 L ha ⁻¹
Altacor		Clorantraniliprole	350 g/kg	90 g ha ⁻¹
Vertimec 84 SC		Abamectina	84 g/L	0,085 L ha ⁻¹
Opera		Piraclostrobina + Epoxiconazol	133 g/L + 50 g/L	1,5 L ha ⁻¹
Priori Xtra	Fungicida	Azoxistrobina + Ciproconazol	200 g/L + 80 g/L	0,5 - 0,75 L ha ⁻¹
Cantus		Boscalida	500 g/kg	0,15 L ha ⁻¹
Kocide WDG		Hidróxido de cobre	538 g/kg	1,75-2,0 kg ha ⁻¹
Bioactive		Hidróxido de cobre	537,44	2-3 L ha ⁻¹
Supera				

Tabela 6A. Fertilizantes químicos utilizados no experimento de café durante o ciclo de cultivo. Jaboticabal, SP.

Fertilizantes	Garantias
Nitrato de cálcio	15% N + 18% Ca
Nitrabor	15,4% N + 18,3% Ca + 0,3% B
Kimcoat N	44% N
Kimcoat K	60% K ₂ O
Ureia	45% N
Superfosfato triplo	46% P ₂ O ₅ + 22% Ca
MAP	9% N + 44% P ₂ O ₅
Haya Phós	4% N + 28% P ₂ O ₅ + 10% K ₂ O + 4% Ca + 5% S + 0,3% B + 1,2% Zn
Cloreto de potássio	60% K ₂ O
08-28-16 + micronutrientes	8% N + 28% P ₂ O ₅ + 16% K ₂ O + 0,2% Mn + 0,5% Zn + 0,1% B
20-0-20	20% N + 20% K ₂ O
30-0-10	30% N + 10% K ₂ O
Boromag	30% Mg + 3,2% S + 2% B
MIB 245	10% Zn + 10% Mn + 5% B + 5% Cu + 3% S