

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 21/08/2025.

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

2025

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 Cazuzza;

Ao meu esposo, Ancelmo Cazuzza 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 agrônômico 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 Estimção 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.

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.org/10.47621/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, Lumbreras JF, Coelho MR, Cunha TJJ (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.