

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

CORRELAÇÕES ENTRE DESCRITORES DA QUALIDADE DE GRÃOS DO CAFEIEIRO ARÁBICA CULTIVADO EM SEQUEIRO OU IRRIGADO

Wagner Nunes Rodrigues¹, Tafarel Victor Colodetti², Inês Viana de Souza²,
Lucas Sartori², Daniel Soares Ferreira³, Marcelo Antonio Tomaz²

¹Centro Universitário Unifacig, Rua Darcy César de Oliveira Leite, 600, Alfa Sul - 36904-219 -
Manhuaçu-MG, Brasil, wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br.

²Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto
Universitário, s/nº, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, tafarelcoldetti@hotmail.com,
ines.viana.18@gmail.com, lucassartori@gmail.com, marcelo.tomaz@ufes.br.

³Universidade Federal de Viçosa/Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Av. Peter Henry Rolfs,
s/nº, Campus Universitário - 36570-900 - Viçosa-MG, Brasil, danielccaufes@gmail.com.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo estudar as possíveis associações entre descritores físico-químicos da qualidade de grãos do cafeeiro arábica cultivado em sequeiro ou irrigado, empregando análise de correlação para esse fim. O experimento foi dividido em dois ensaios, um com as plantas cultivadas em sequeiro e outro irrigado. Na segunda safra produtiva após a recepa e implementação do manejo de poda programada de ciclo, foram quantificados os descritores de qualidade do grão: proporção de grãos moca, proporção de grãos chato, proporção de fundagem, pH, teor de sólidos solúveis totais, condutividade elétrica e total de defeitos. Observou-se que há diferenças na significância, na direção e na força das associações entre descritores físico-químicos da qualidade de grãos do cafeeiro arábica em função da alteração do sistema de cultivo. Assim, algumas relações entre descritores se tornam mais importantes no cultivado em sequeiro e outras no cultivo irrigado.

Palavras-chave: Água. Café. *Coffea arabica*. Correlograma. Manejo hídrico.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma.

Introdução

No estado do Espírito Santo, a cafeicultura é a atividade agrícola mais importante, sendo responsável por até quase 40% do PIB agrícola do estado, e englobando cerca de 131 mil famílias em sua produção (ESBRASIL, 2023). O estado é produtor de ambas as espécies comerciais de café: o café arábica (*Coffea arabica* Lineu) e o café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), mas se destaca pela elevada produção do café conilon (CONAB, 2023). Devido às condições climáticas, apenas cerca de 12% da área total do estado é considerada completamente apta para o desenvolvimento do café arábica, sendo o cultivo possível em áreas que apresentam restrição hídrica com a adoção da irrigação (PEZZOPANE *et al.*, 2009).

Além de permitir a expansão da cafeicultura de arábica para regiões de menor pluviosidade natural, e proteger as plantações de eventos climáticos extremos, a irrigação é uma prática importante para o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do café (SCALCO *et al.*, 2011).

Devido às diferenças entre suas características morfofisiológicas, alguns cultivares podem apresentar respostas diferenciadas em sistemas de cultivos irrigados. Enquanto algumas podem ser mais tolerantes à seca, outras podem responder melhor ao uso da irrigação, resultando em maiores ganhos em produtividade ou na qualidade do produto. Dessa forma, torna-se importante realizar estudos que permitam entender melhor o efeito da adoção da irrigação para permitir a exploração mais racional dos recursos naturais pela escolha adequada de cultivares para cada sistema de cultivo.

A análise de correlação é uma técnica estatística capaz de medir a força e a direção da associação entre duas ou mais variáveis, sendo uma estratégia de análise importante para identificar respostas de ganhos simultâneos, ou descritores que permitam elevar a eficiência do uso de certos descritores para a experimentação agrícola.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Alterações no ambiente de cultivo, como a adoção da irrigação, podem alterar as correlações entre as características das plantas. Por exemplo, a altura e a área foliar de uma planta podem ser correlacionadas positivamente em um ambiente quente e seco, mas negativamente em um ambiente frio e úmido (WERADUWAGE *et al.*, 2015).

Devido a importância que a qualidade do café arábica tem sobre o valor praticado pelo produto no mercado, estudos que ajudem a elucidar as possíveis associações entre variáveis relacionadas à qualidade do café, para diferentes sistemas de cultivo, são importantes para evolução do conhecimento nesse tema de pesquisa. O presente trabalho teve como objetivo estudar as possíveis associações entre descritores físico-químicos da qualidade de grãos do cafeeiro arábica, cultivado em sequeiro ou irrigado, empregando análise de correlação para esse fim.

Metodologia

O experimento foi conduzido em campo na localidade de Lagoa Seca, zona rural do município de Alegre-ES, numa altitude de 647 m. As plantas de café arábica (*Coffea arabica* L.) foram implantadas no espaçamento de 2,5 × 0,8 m, com parcelas experimentais compostas por seis plantas. Quando apresentaram seis anos de idade, foram submetidas à poda do tipo receita baixa, com o intuito de formar um novo dossel, onde as brotações provenientes dessa intervenção foram submetidas ao manejo da poda programada de ciclo para o café arábica (VERDIN FILHO *et al.*, 2016). Após a receita, as brotações provenientes foram conduzidas de modo a manter três ramos ortotrópicos por planta. O experimento seguiu as tecnologias apropriadas ao manejo do cafeeiro arábica, sempre de acordo com a necessidade, e com a atual recomendação para a cultura (PREZOTTI *et al.*, 2007; REIS; CUNHA, 2010). O clima no local do estudo (2011 a 2021) tem apresentado precipitação acumulada média anual de 1.231 mm e temperatura média anual de 21,64 °C.

O experimento foi dividido em dois ensaios, irrigado e sequeiro (não irrigado), onde cada um desses ensaios foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Os seis tratamentos corresponderam a diferentes genótipos de cafeeiro arábica, sendo eles: Paraíso MG/H419-1, Catuaí 24-137, Sacramento MG1, Catuaí 144, Catuaí 2-SL e Oeiras MG-6851.

No ensaio irrigado, a irrigação ocorreu nos momentos em que a tensão de retenção de água no solo (medida por conjunto de três tensiômetros instalados a 30 cm de distância da base das plantas e a 25 cm de profundidade no solo) correspondeu aquela referente à 60-70% da água disponível (46 e 34 kPa, respectivamente), realizada por sistema de gotejamento autocompensante. Para o ensaio em sequeiro, a disponibilização de água às plantas de café ocorreu apenas pelas precipitações naturais ocorridas durante o período experimental.

Na segunda safra produtiva após a receita e implementação do manejo de poda programada de ciclo (safra de 2021), procedeu-se a colheita dos frutos quando os mesmos atingiram o ponto de maturação (mais de 80% dos frutos no estágio “cereja”). Em cada parcela experimental foi coletada uma amostra de 3 L de café cereja, conduzindo-a imediatamente para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C ± 2 °C até atingir umidade de 11,5% (b.u.). Após a secagem dos frutos, retirou-se uma amostra de 300 g de café beneficiado para classificação por peneiras, baseando-se na forma dos grãos de café. Para isto, os grãos de café foram passados por um jogo de peneiras (PNAP, Pinhalense), de modo a quantificar a proporção de grãos moca (%) e de grãos chato (%), estabelecidos conforme instrução normativa vigente (BRASIL, 2003), assim como a proporção residual de grãos não classificados pelo jogo de peneiras (fundagem).

Para análise de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), amostras de 50 grãos uniformes de cada parcela foram pesadas e imersas em 75 mL de água deionizada, e colocadas em estufa ventilada a 25 °C. Após o período de embebição de 5 horas, as soluções sem os grãos de café foram vertidas para outro recipiente, onde foi realizada a quantificação do parâmetro (PRETE, 1992).

O pH foi determinado com uso de pHmetro digital, e os sólidos solúveis totais foram determinados por meio de refratômetro portátil, com resultado expresso em °Brix, segundo a metodologia da AOAC (2005). O extrato necessário foi preparado a partir de 1 g de amostra moída e diluída em 10 mL de água destilada e filtrado em papel filtro. O cálculo para a leitura corrigida foi feito multiplicando a leitura do refratômetro em °Brix por 10, pois o volume final foi 10 vezes maior que a massa inicial pesada.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

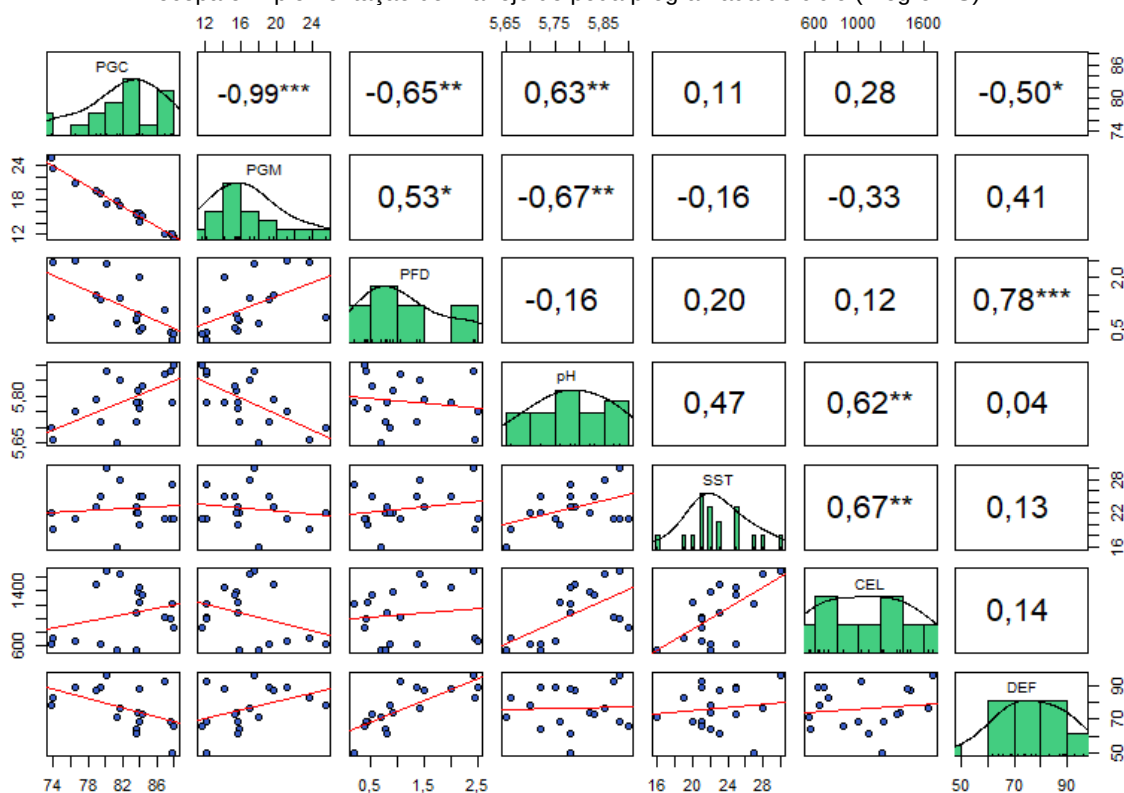
Após estes procedimentos, a amostra de 300 g de grãos foi utilizada para a contabilização dos defeitos. O total de defeitos foi estabelecido pelo somatório dos valores ponderados de cada defeito, baseados na “Tabela Oficial Brasileira de Classificação”, conforme a legislação vigente (BRASIL, 2003).

Os coeficientes de correlação de Pearson (ρ) foram estimados entre a proporção de grãos moca (PGM), a proporção de grãos chato (PGC), a proporção de fundagem (PFD), o potencial hidrogeniônico (pH), o teor de sólidos solúveis totais (SST), a condutividade elétrica (CEL) e total de defeitos (DEF). Os coeficientes foram submetidos a análise estatística para verificação de sua significância, pelo test t , e empregados para gerar os correlogramas que expressam as associações entre os descritores para cada um dos sistemas de cultivo. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico *R*, *build* 524 (R CORE TEAM, 2023) e *psych*, versão 2.3.6 (REVELLE, 2023).

Resultados

Foram observadas nove correlações significativas entre os parâmetros e magnitudes absolutas variando entre $|\rho|=0,04$ a $|\rho|=0,99$. Apenas cerca de 33% das associações foram negativas, demonstrando a elevação simultânea dos valores para dois parâmetros (Figura 1).

Figura 1 - Correlograma obtido pela análise de correlação entre sete descritores físico-químicas de grãos de seis genótipos de café arábica, conduzidos em regime de sequeiro, durante a segunda safra produtiva após a recepa e implementação do manejo de poda programada de ciclo (Alegre-ES).



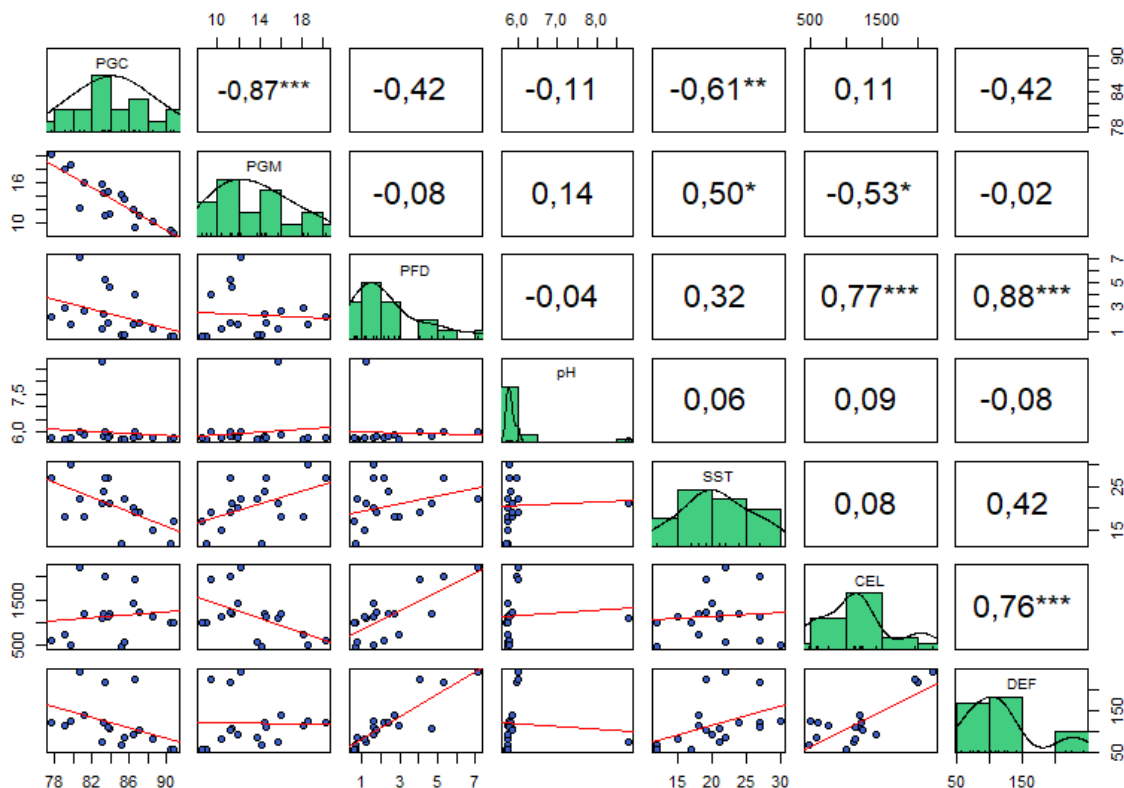
Proporção de grãos moca (PGM, %), proporção de grãos chato (PGC, %), proporção de fundagem (PFD, %), potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix), condutividade elétrica (CEL, $\mu\text{S cm}^{-1}$), total de defeitos (DEF, unidade). *Significativo a 5%, **significativo a 1%, ***significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t . Fonte: os autores.

Para o cultivo irrigado, apenas sete correlações entre os parâmetros foram significativas e as magnitudes absolutas variaram de $|\rho|=0,02$ a $|\rho|=0,88$. Houve uma alteração da proporção de correlações positivas e negativas, com cerca de 47% das associações se demonstrando negativas nesse caso. A alteração na direção da correlação entre os mesmos parâmetros (de positiva para negativo ou o contrário) indica que a alteração do ambiente do sistema de cultivo pela irrigação pode ser suficiente para alterar a natureza da associação entre alguns parâmetros da qualidade de grãos.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Entretanto, no presente estudo, as alterações de direção ocorreram para correlações relativamente fracas, evidenciado que essas alterações podem ser resultado de uma simples casualidade (Figura 2).

Figura 2 - Correlograma obtido pela análise de correlação entre sete descritores físico-químicos de grãos de seis genótipos de café arábica, conduzidos com irrigação, durante a segunda safra produtiva após a recepa e implementação do manejo de poda programada de ciclo (Alegre-ES, 2021).



Proporção de grãos moca (PGM, %), proporção de grãos chato (PGC, %), proporção de fundagem (PFD, %), potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix), condutividade elétrica (CEL, $\mu\text{S cm}^{-1}$), total de defeitos (DEF, unidade). *Significativo a 5%, **significativo a 1%, ***significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste *t*. **Fonte:** os autores.

Discussão

Em ambos os sistemas de cultivo, as correlações significativas mais fortes foram observadas entre a proporção de grãos chatos e de moca. A baixa proporção de grãos não classificados (fundagem) pelo jogo de peneiras para classificação granulométrica do café evidencia a baixa contribuição dessa variável para o total das amostras, o que consequentemente, fortaleceu a relação entre as demais duas classificações, que se tornaram mais complementares.

Apesar dos baixos valores para a proporção de fundagem, foi possível observar que as amostras com maior proporção desses grãos também apresentaram maiores valores para condutividade elétrica no cultivo irrigado ($\rho=0,77$) e para o total de defeitos do café em ambos os sistemas ($\rho=0,88$ e $\rho=0,78$). Essas correlações significativas demonstram a associação entre a maior ocorrência de grãos danificados ou mal formados e a perda na classificação de qualidade do café baseada na presença de defeitos nas amostras. De modo semelhante, a correlação significativa com a condutividade elétrica corrobora os resultados de Prete (1992), que afirma que existe uma relação inversa entre a qualidade do café (considerando o padrão de bebida) e a condutividade elétrica dos exsudados de grãos crus.

No cultivo em sequeiro, houve um fortalecimento da associação direta entre a proporção de grãos moca e de fundagem, e indireta entre a proporção de grãos chato e de fundagem. Esse fato indica que, nessa condição, as plantas que apresentaram maiores proporções de grãos mal formados tenderam a apresentar maior proporção de grãos moca e menor proporção de grãos chatos.

O pH não se correlacionou significativamente com nenhum outro descritor de qualidade para o

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

cultivo irrigado, entretanto, na condição de sequeiro houve uma tendência de amostras com menor proporção de grãos chatos, maior de grãos moca ou menor condutividade elétrica se apresentassem mais ácidas. Esses resultados para descritores físico-químicos corroboram com estudos envolvendo a qualidade da bebida do café, que afirmam que o aumento do pH pode comprometer a qualidade do café (BROLLO *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2008).

O teor de sólidos solúveis totais se correlacionou significativamente com a condutividade elétrica no cultivo em sequeiro, indicando que esse descritor pode estar relacionado indiretamente com a qualidade do café produzido nessas condições. Para o cultivo irrigado, esse descritor se correlacionou moderadamente com a proporção de grãos chatos e moca, sendo as correlações positivas para a proporção de grãos moca ($\rho=0,50$) e negativa para grãos chatos ($\rho=-0,61$).

A condutividade elétrica se correlacionou positivamente com o pH e sólidos solúveis totais no cultivo em sequeiro, assim como com a proporção de fundagem e o total de defeitos do café, corroborando os resultados de Malta, Pereira e Chagas (2005), que afirmam que a presença de grãos defeituosos tem efeito significativo sobre a determinação da condutividade elétrica de exsudados de grãos.

A variação entre os padrões de associação entre descritores que foram observados entre os mesmos genótipos cultivados simultaneamente, com irrigação e em sequeiro, demonstra que as respostas das cultivares a irrigação podem influenciar não só os parâmetros de qualidade do café, como também, na força e a direção da associação entre os descritores de qualidade.

O uso de parâmetros de determinação mais fácil, eficiente ou de menor custo em detrimento daqueles mais onerosos para estudo da qualidade do café, deve ser pautado no conhecimento a respeito das associações entre os descritores, levando em consideração, além dos demais fatores, o sistema de cultivo, já que ele pode influenciar na magnitude e na significância das correlações.

Conclusão

Há diferenças na significância, na direção e na força das associações entre descritores físico-químicos da qualidade de grãos do cafeeiro arábica em função da alteração do sistema de cultivo. Assim, algumas relações entre os descritores se tornam mais importantes no cultivado em sequeiro e outras no cultivo irrigado.

No cultivo em sequeiro, ocorreram correlações mais proeminentes entre a proporção de grãos chato, moca e fundagem; e entre a condutividade elétrica e o pH e o teor de sólidos solúveis totais. No cultivo irrigado, as correlações que mais se destacaram foram entre a proporção de grãos chato e moca; e entre a condutividade elétrica e a proporção de fundagem e o total de defeitos do café.

Em ambos os sistemas de cultivo, o total de defeitos se correlacionou positivamente com a proporção de grãos não classificados (fundagem).

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Maryland: Gaithersburg, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8:** regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Brasília: MAPA, 2003. 10p.

BROLLO, G.; CAPPUCI, R.; NAVARINI, L. Acidity in coffee: bridging the gap between chemistry and psychophysics. *In: COLLOQUIUM: COFFEE AROMA AND FLAVOUR CHEMISTRY*, 22., 2009, Campinas. **Anais [...]**. Paris: Association for Science and Information on Coffee, 2009.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília-DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2023. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ESBRASIL. Café, o ouro em grãos do Espírito Santo-ES Brasil. *In: 3 jul. 2023*. Disponível em: <https://esbrasil.com.br/cafe-o-ouro-em-graos-do-espirito-santo/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

LIMA, M. V.; VIEIRA, H. D.; MARTINS, M. L. L.; PEREIRA, S. M. F. Preparo do café despulpado, cereja descascado e natural na região sudoeste da Bahia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 124-130, 2008.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que pode influenciar essas avaliações. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p.1015-1020, 2005.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. Tese de Doutorado (Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 1992.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S. de; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; FERRARI, W. R.; MARIN, F. R. Zoneamento agroclimático do café para o Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2009, Vitória. **Anais**. Vitória: Embrapa Café, 2009.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5. ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO, 2007. 305p.

R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 9 ago. 2023.

REIS, P.R.; CUNHA, R.L. **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. 896p.

REVELLE, W. **Psych: procedures for psychological, psychometric, and personality research**. Evanston, Illinois: Northwestern University, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=psych>. Acesso em: 9 ago. 2023.

SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 193-202, 2011.

VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G.; MAURI, A.L.; FONSECA, A.F.A.; TRISTÃO, F.A.; ANDRADE JÚNIOR, S. New management technology for arabica coffee: the cyclic pruning program for Arabica coffee. **Coffee Science**, v.11, p.475-483, 2016.

WERADUWAGE, S. M.; CHEN, J.; ANOZIE, F. C.; MORALES, A.; WEISE, S. E.; SHARKEY, T. D. The relationship between leaf area growth and biomass accumulation in *Arabidopsis thaliana*. **Frontiers in Plant Science**, Switzerland, v. 9, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00167>. Acesso em: 10 ago. 2023.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de desenvolvimento científico regional (processo 300971/2021-4) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio financeiro do projeto (nº FAPES 535/2020) do segundo autor. À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo fornecimento das instalações e equipamentos necessários. À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela parceria na execução experimental. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Financiamento 001, concedido ao quinto autor. Ao cafeicultor José Augusto Demartini Landi e sua família pela concessão, manutenção e zelo com as áreas experimentais. À FAPES, CNPq e CAPES pela concessão de bolsas e auxílios financeiros.