

IMPLICAÇÕES DO MANEJO HÍDRICO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE GRÃOS DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA

INÊS VIANA DE SOUZA¹, TAFAREL VICTOR COLODETTI², LUCAS SARTORI¹, WAGNER NUNES RODRIGUES³, LIMA DELEON MARTINS⁴, SEBASTIÃO VINÍCIUS BATISTA BRINATE³, DANIEL SOARES FERREIRA⁵, MARCELO ANTONIO TOMAZ⁶

¹ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAUE), Alegre-ES. ines.viana.18@gmail.com, lucasksartori@gmail.com.

² Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Pesquisador no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAUE), Núcleo de Pesquisas em Café (CCAUE-UFES), Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq/FAPES. tafarelcolodetti@hotmail.com.

³ Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Núcleo de Pesquisas em Café (CCAUE-UFES), Professor do Centro Universitário UNIFACIG, Manhuaçu-MG. wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br, sebastiao.vinicius@sempre.unifacig.edu.br.

⁴ Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Professor do Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro do Itapemirim-ES, Grupo Geotechnology Applied to Global Environment e Núcleo de Pesquisas em Café (CCAUE-UFES). limadeleon@saocamilo-es.br.

⁵ Doutorando em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Bolsista de doutorado do CNPq. danielccaufes@gmail.com

⁶ Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Professor Titular do Departamento de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, Núcleo de Pesquisas em Café (CCAUE-UFES). marcelo.tomaz@ufes.br.

RESUMO

Com o mercado consumidor cada vez mais exigente por cafés de qualidade superior e com as crescentes alterações ambientais que vem ocorrendo, ressalta-se a necessidade do aprofundamento nos estudos relacionados com técnicas de manejo, variabilidade genética, ambientes de cultivo, nutrição, qualidade dos grãos, entre outros. Nesse contexto, objetivou-se analisar as características físico-químicas de grãos de seis cultivares de café arábica, cultivadas sob manejo irrigado e sequeiro. O experimento seguiu o esquema de parcela subdividida, em delineamento de blocos casualizados e com três repetições. O fator parcela correspondeu a dois regimes hídricos (Irigado e Sequeiro). O fator subparcela consistiu em seis cultivares de café arábica (Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1, Catuaí 144, Catucaí 2-SL e Oeiras MG-6851). Foram colhidas amostras de 3 L de café cereja em cada parcela experimental e, após a secagem, foram destinadas para classificação por peneiras, determinação da quantidade e tipos de defeitos, determinação de sólidos solúveis totais, pH e condutividade elétrica. A porcentagem de grãos chatos graúdos possibilitou a formação de maior número de grupos de médias entre as cultivares, com cinco grupos no manejo irrigado e quatro grupos no sequeiro, indicando ser uma característica relevante para programas de melhoramento genético da espécie. O manejo irrigado ocasionou maiores números de defeitos nos grãos das cultivares Oeiras MG-6851, Catuaí 144, Sacramento MG1 e Catucaí 2-SL. O manejo hídrico foi capaz de promover alterações nos atributos físico-químicos das diferentes cultivares de café arábica, onde o manejo irrigado favoreceu a ocorrência de maiores porcentagens de grãos chatos e grãos chatos graúdos, enquanto o manejo em sequeiro favoreceu menores quantidades de defeitos e maior teor de sólidos solúveis totais.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; Irrigação; Qualidade do café; Variabilidade genética.

IMPLICATIONS OF THE WATER MANAGEMENT ON THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF GRAINS OF CULTIVARS OF ARABICA COFFEE

ABSTRACT

With the consumer market increasingly demanding for superior quality coffees and with the increasing

environmental changes that have been taking place, there is a need for more studies related to management techniques, genetic variability, cultivation environments, nutrition, grains quality, among others. In this context, the objective was to analyze the physicochemical characteristics of grains of six cultivars of arabica coffee, cultivated under irrigated and rainfed management. The experiment followed the split-plot scheme, in a randomized block design with three replications. The plot factor corresponded to two water regimes (Irrigated and Rainfed). The subplot factor consisted of six cultivars of arabica coffee (Paraíso MG/H419-1, Catuaí 24-137, Sacramento MG1, Catuaí 144, Catuaí 2-SL and Oeiras MG-6851). Samples of 3 L of cherry coffee were collected in each experimental plot and, after drying, they were destined for classification by sieves, determination of the quantity and types of defects, determination of total soluble solids, pH and electrical conductivity. The percentage of large flat grains was the variable that allowed the formation of a greater number of groups of averages between the cultivars, with five groups in the irrigated management and four groups in the rainfed, indicating that it may be a relevant characteristic for genetic improvement programs of the species. The Irrigated management led to the observation of a greater number of defects in the grains of the cultivars Oeiras MG-6851, Catuaí 144, Sacramento MG1 and Catuaí 2-SL. In general, it is evident that water management was able to change the physicochemical attributes of different cultivars of arabica coffee, where the irrigated management favored the occurrence of higher percentages of flat grains and large flat grains, while the rainfed management favored smaller amounts of defects and greater content of total soluble solids in the grains.

Key-words: *Coffea arabica*; Irrigation; Coffee quality; Genetic variability.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo e o segundo maior consumidor. Em 2021, a área plantada de café ocupou um total de 2,20 milhões de hectares, distribuídos majoritariamente entre os estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará. A área total plantada de café arábica no país correspondeu a 81,3% da área existente com lavouras de café, representando, aproximadamente, 65,8% da produção total de café no país para a safra de 2021 (CONAB, 2022). O estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de café, sendo de grande importância para o cenário nacional, com uma produção de café arábica de 2,94 milhões de sacas na safra 2021, sendo este um ano de bienalidade negativa (CONAB, 2022).

Para que o cafeeiro arábica apresente um desenvolvimento adequado, é ideal que seja cultivado em regiões com altitudes maiores que 500 m, temperatura média anual entre 19 °C e 22 °C e precipitação acumulada anual mínima de 1.200 mm (SANTINATO *et al.*, 2008). Temperaturas elevadas e déficit hídrico podem promover uma diminuição acentuada da produção do café arábica, ocasionada, por exemplo, pelo abortamento floral (DaMATTA; RAMALHO, 2006). Destaca-se ainda que, além de proporcionar uma menor produção do cafeeiro, a combinação entre temperaturas elevadas e déficit hídrico pode influenciar também a formação do endocarpo durante a fase de granação dos grãos, afetando diretamente a qualidade do café (MARSETTI *et al.*, 2013). O emprego adequado da irrigação (fornecimento de água no momento e na quantidade requerida) evita os estresses causados pela diminuição da

disponibilidade de água às plantas (BURMAN, 1983), auxiliando no aumento da produtividade e da qualidade dos grãos (VENANCIO *et al.*, 2016).

Frequentemente a agricultura passa por estresses abióticos e bióticos, o que influencia negativamente na morfologia e metabolismo da planta (PINTO *et al.*, 2008). Dentre esses estresses, as perdas causadas pelo déficit hídrico são uns dos principais desafios na cafeicultura, visto que o fornecimento hídrico adequado é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CAVATTE *et al.*, 2011). Segundo Mantovani (2003), mesmo em regiões nas quais as condições hídricas se mostram favoráveis, ocorre um ganho de produtividade com a cafeicultura irrigada. Além de garantir uma maior eficiência na aplicação de insumos, proporciona uma florada mais uniforme e melhora a qualidade do produto (MANTOVANI, 2000).

A qualidade do café está diretamente associada com as propriedades físico-químicas dos grãos (PIMENTA, 2003). As características físicas são determinadas pela classificação por tipo, cor e peneira (SILVA, 2005). Características químicas estão relacionadas com atributos sensoriais e com a composição dos grãos. Variáveis químicas como o pH, sólidos solúveis, condutividade elétrica, entre outras, são comumente relacionadas com a qualidade do café (MALTA; CHAGAS, 2009). O pH pode indicar reações indesejadas que tenham ocorrido nos grãos (SIQUIERA; ABREU, 2006). Os sólidos solúveis conferem corpo à bebida do café, ou seja, aumenta as sensações táteis na boca (SCAA, 2014). A condutividade elétrica detecta a ocorrência de danos presentes no sistema de membranas dos grãos que podem causar a perda da permeabilidade, influenciando diretamente na qualidade do café (LIMA *et al.*, 2003). Com isso, o estudo das propriedades físico-químicas dos grãos pode contribuir para a melhoria de características relacionadas com a qualidade do produto (CARVALHO *et al.*, 1994).

Nesse contexto e com a crescente demanda por cafés de qualidade superior, se torna imprescindível a realização de trabalhos que buscam quantificar os efeitos de diversos fatores sobre os aspectos físicos e químicos dos grãos de café, com destaque para regimes hídricos contrastantes e diferentes cultivares de cafeeiro arábica. Dessa forma, objetivou-se analisar as características físico-químicas de grãos de seis cultivares de cafeeiro arábica cultivadas sob manejo irrigado e em sequeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na localidade de Lagoa Seca, zona rural do município de Alegre-ES, região do Caparaó Capixaba, encontrando-se a uma altitude de 647 m.

As plantas de café arábica (*Coffea arabica* L.) foram implantadas no espaçamento de $2,5 \times 0,8$ m, com parcelas experimentais compostas por seis plantas. Quando apresentaram seis anos de idade, foram submetidas à poda do tipo recepa 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 recepa, 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 1231 mm e temperatura média anual de 21,64 °C.

O experimento seguiu esquema de parcela subdividida, em delineamento de blocos casualizados e três repetições. O fator parcela correspondeu a dois níveis de manejo hídrico (irrigado e sequeiro), enquanto o fator subparcela consistiu em seis cultivares de cafeeiro arábica. As seis cultivares utilizadas apresentam como características fundamentais a elevada produtividade e maior qualidade de bebida, sendo elas: Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1, Catucaí 144, Catucaí 2-SL e Oeiras MG-6851. Para o tratamento irrigado, a irrigação ocorreu todas as vezes 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 àquela referente a 60-70% da água disponível (46 e 34 kPa, respectivamente), realizada por sistema de gotejamento autocompensante. Para o tratamento 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 recepa (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 $45\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ 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 e tamanho dos grãos de café. Para isto, os grãos de café foram passados por um jogo de peneiras (PNAP, Pinhalense), de modo a quantificar a porcentagem de grãos moca (Grãos Moca; %) e de grãos chato (Grãos Chato; %). Além disso, quantificou-se a porcentagem de grãos graúdos, sendo moca retidos nas peneiras 13/12 e 11 (Moca graúdo; %) e chato retidos nas peneiras 19/18 e 17 (Chato graúdo; %), estabelecidos conforme instrução normativa vigente (BRASIL, 2003).

Após estes procedimentos, a amostra de 300 g de grãos foi utilizada para contabilização

dos defeitos, sendo eles: grãos pretos, grãos verdes e grãos ardidos (PVA; unidades), grãos brocados (Brocados; unidades), conchas, mal granados, chochos e quebrados (CMQ; unidades), coco, marinho, casca pequena e casca grande (CMC; unidades). O total de defeitos (Total de defeitos; unidades) foi estabelecido pelo somatório dos valores ponderados de cada defeito, baseados na “Tabela Oficial Brasileira de Classificação”, conforme a legislação vigente (BRASIL, 2003).

Para análise de condutividade elétrica (CE; $\mu\text{S cm}^{-1}$), amostras de 50 grãos uniformes de cada parcela foram pesadas e imergidas 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 leitura. Os sólidos solúveis totais (SST; °Brix) foram determinados segundo a metodologia da AOAC (2005), utilizando-se refratômetro portátil com resultados expressos em °Brix. 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 determinação do pH foi realizada em pHmetro digital, de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (2005), utilizando o mesmo filtrado para as análises de sólidos solúveis totais.

Os dados foram submetidos à análise de variância onde, na presença de efeito significativo para as fontes de variação, empregou-se o critério de Scott-Knott para agrupamento das médias das cultivares e o teste de Tukey para a comparação das médias entre os regimes hídricos, ambos em nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o software de análises estatísticas “Sisvar” (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar interação significativa entre os fatores estudados (cultivares e manejos hídricos) para a maioria das variáveis analisadas, com exceção da proporção de grãos moca graúdos e do pH.

Para a porcentagem de grãos chato, houve a formação de quatro grupos entre as cultivares no manejo irrigado e três grupos no manejo sequeiro (Figura 1A). As cultivares Sacramento MG1 e Catucaí 24-137 apresentaram maiores médias para a proporção de grãos chato no manejo irrigado, enquanto no manejo sequeiro as maiores médias foram observadas para o Catucaí 144 (Figura 1A). As maiores porcentagens de grãos chato, com quase 90%, foram obtidas pelas cultivares Catucaí 24-137 em regime irrigado e Catucaí 144 no manejo sequeiro.

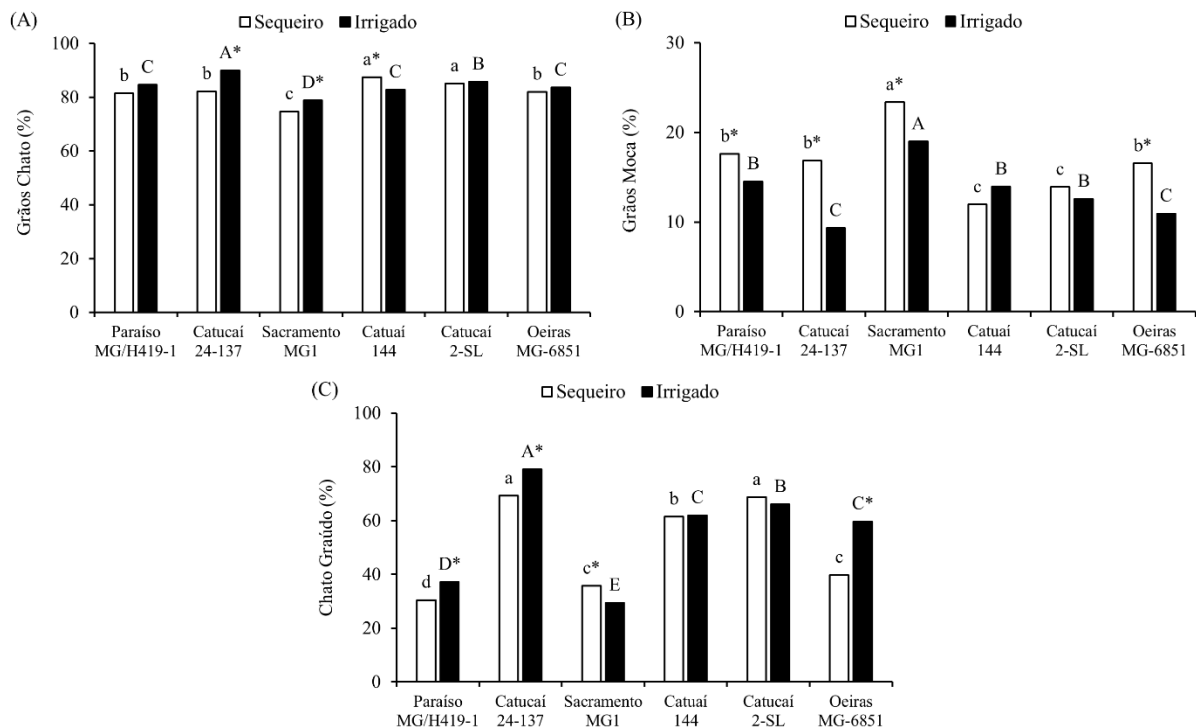


FIGURA 1 - Proporção de grãos chato (A), grãos moca (B) e grãos chato graúdos (C) de seis cultivares de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos (Irrigado e Sequeiro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (comparação entre as cultivares no manejo Irrigado) e minúscula (comparação entre as cultivares no manejo Sequeiro), não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por asterisco (*) demonstram diferença significativa entre os manejos hídricos (irrigado e não irrigado) para aquela cultivar, de acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para a porcentagem de grãos moca, notou-se a formação de três grupos de médias para os dois manejos hídricos, onde a cultivar Sacramento MG1 integrou, isoladamente, o grupo de maiores médias em ambos os manejos (Figura 1B). As cultivares Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1 e Oeiras MG-6851 apresentaram as maiores médias em função do manejo em sequeiro. Esses resultados corroboram com o estudo feito por Custódio *et al.* (2015), no qual os cafeeiros não irrigados obtiveram maiores porcentagens de grãos moca quando comparados com os cafeeiros irrigados. Os grãos moca surgem em decorrência de problemas com a fecundação dos ovários das flores, que podem ser contribuídos por fatores nutricionais, alterações climáticas adversas e déficit hídrico (MATIELLO *et al.*, 2010).

Com relação às proporções de grãos chato graúdo, houve a formação de cinco grupos entre as cultivares no manejo irrigado (grupo de maior média composto pela cultivar Catucaí 24-137) e quatro grupos no manejo sequeiro (grupo de maiores médias composto pelas cultivares Catucaí 24-137 e Catucaí 2-SL) (Figura 1C). As cultivares Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137 e Oeiras MG-6851 apresentaram maiores médias em função do manejo irrigado

quando comparado com o manejo em sequeiro. Já para a cultivar Sacramento MG1, as maiores médias ocorreram em função do manejo sequeiro (Figura 1C). No estudo realizado por Vilella (2001), também houve uma maior porcentagem de grãos chatos e peneiras 16 acima nos tratamentos utilizando o manejo irrigado, demonstrando que nesses tratamentos ocorreu uma melhor granação quando comparado aos tratamentos não irrigados. Segundo Rena e Maestri (2000), o período que determina o tamanho do grão de café fica entre a 15ª e 18ª semana após a florada, sendo a água responsável pelo aumento dos grãos.

A desuniformidade dos grãos de café pode contribuir na perda da qualidade final da bebida, principalmente no contexto da torra dos grãos. Ressalta-se que grãos de diferentes tamanhos torram em diferentes tempos, o que ocasiona diferentes perfis de torra na bebida final (MATIELLO *et al.*, 2002; DEBONA *et al.*, 2020). A separação dos grãos de café por peneiras possibilita uma torração mais uniforme (MATIELLO *et al.*, 2010), minimização de problemas na torra (MATIELLO *et al.*, 2002), valorização do produto e ganhos de preços no mercado (LAVIOLA *et al.*, 2006).

Como não se observou interação entre os fatores para a proporção de grãos moca graúdos (Figura 2A) e pH dos grãos (Figura 2B), foi realizada a análise individual dos fatores. Não houve diferença estatística entre os manejos hídricos para as duas variáveis analisadas (Figura 2A e 2B). Para a proporção de grãos moca graúdos, apenas a cultivar Catucaí 24-137 integrou o grupo de maiores médias, sendo observados apenas dois grupos de médias (Figura 2A). Já para o pH dos grãos não se observou diferenciação significativa entre as cultivares (Figura 2B).

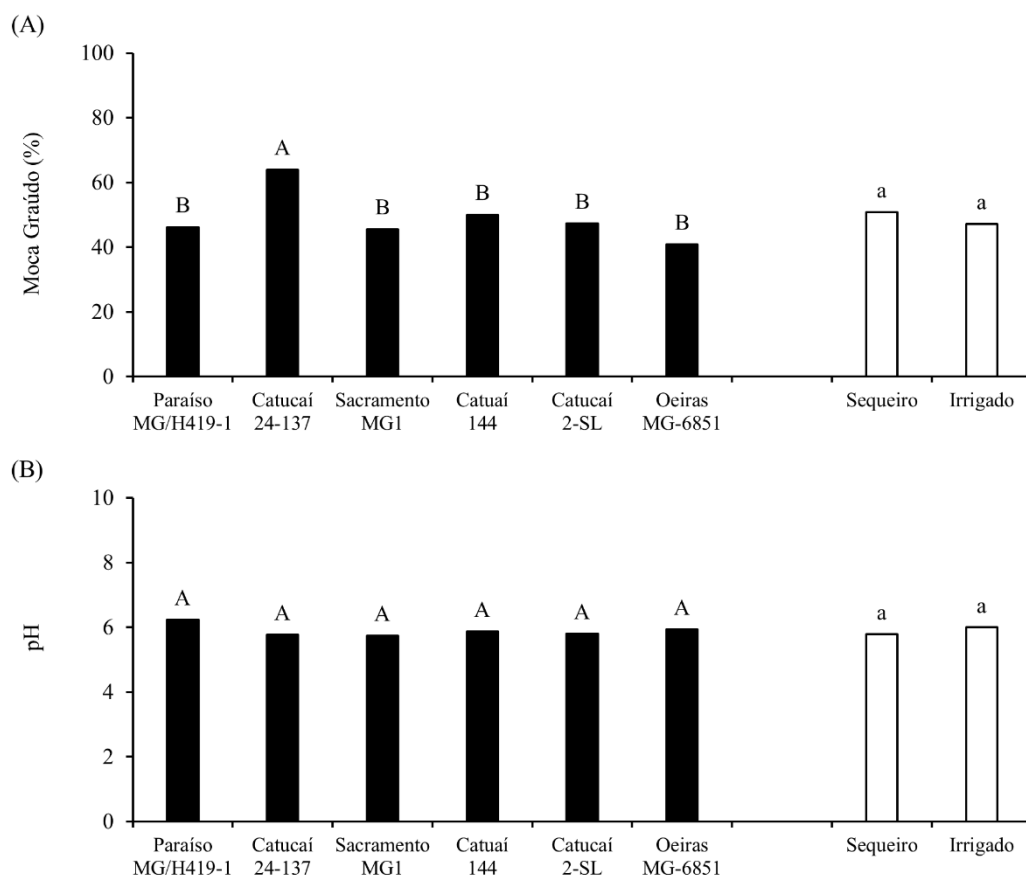


FIGURA 2 - Proporção de grãos moca grãos (A) e pH dos grãos (B) de seis cultivares de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos (Irrigado e Sequeiro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (comparação entre as cultivares) não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparação entre os manejos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para o teor de sólidos solúveis totais (SST) ocorreu a formação de dois grupos de médias entre as cultivares em ambos os manejos hídricos (Figura 3A). Apenas as cultivares Catucaí 24-137 e Oeiras MG-6851 apresentaram diferenças significativas para SST em função dos manejos hídricos, com as maiores médias em função do manejo sequeiro (Figura 3A). Segundo Prete (1992), os teores médios de sólidos solúveis dos grãos crus de *Coffea arabica* L. variam de 24 a 31%. É desejável uma maior quantidade de sólidos solúveis nos grãos de café, tanto por promover o rendimento industrial, como por assegurar corpo à bebida, contribuindo para o incremento da qualidade (LOPES *et al.*, 2000).

Para a condutividade elétrica (CE), notou-se a formação de três grupos de médias entre as cultivares em ambos os regimes hídricos, onde a cultivar Oeiras MG-6851 integrou o grupo de maiores médias no manejo irrigado, enquanto Catucaí 24-137, Catucaí 2-SL e Oeiras MG-6851 formaram o grupo de maiores médias no manejo em sequeiro (Figura 3B). Para o Oeiras MG-6851 a maior média de CE ocorreu em função do manejo irrigado, enquanto para o Catucaí 24-137 a maior CE foi em função do cultivo em sequeiro (Figura 3B). A análise da

condutividade elétrica detecta a deterioração inicial da qualidade dos grãos de café (NOBRE *et al.*, 2011), que pode ocorrer devido a presença de grãos defeituosos, umidade e tamanho dos grãos (PRETE, 1992).

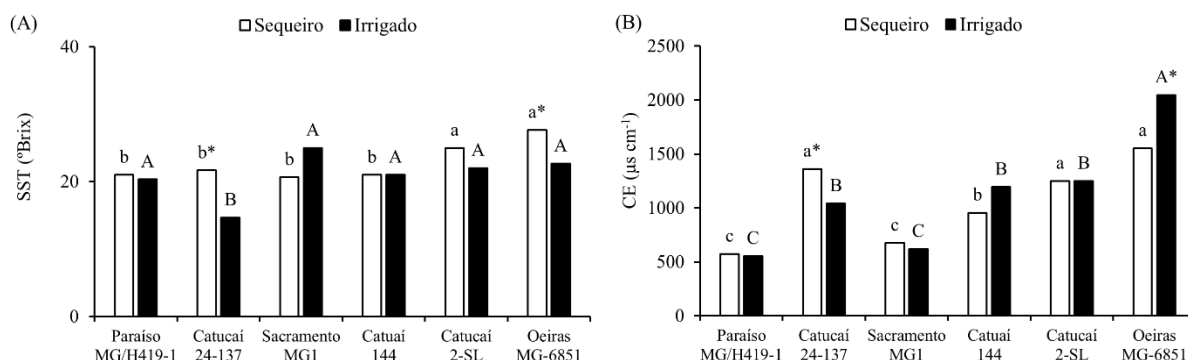


FIGURA 3 - Teor de sólidos solúveis totais (A) e condutividades elétrica (B) de grãos de seis cultivares de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos (Irrigado e Sequeiro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (comparação entre as cultivares no manejo Irrigado) e minúscula (comparação entre as cultivares no manejo Sequeiro), não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por asterisco (*) demonstram diferença significativa entre os manejos hídricos (irrigado e não irrigado) para aquela cultivar, de acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Ao analisar o número total equivalentes de defeitos, foi possível observar a formação de três grupos de médias entre as cultivares no manejo irrigado, enquanto não houve diferenciação significativa no manejo em sequeiro (Figura 4A). Ao comparar o efeito do manejo hídrico em cada cultivar, observou-se que houve maior quantidade de defeitos para as cultivares Sacramento MG1, Catuaí 144, Catuaí 2-SL e Oeiras MG-6851 no manejo irrigado (Figura 4A). O menor número de defeitos no manejo sequeiro talvez seja em decorrência de uma maturação mais homogênea dos frutos, como relatado por Caldas *et al.* (2018), que observou maior uniformidade na florada e na maturação dos frutos do cafeeiro arábica em sequeiro quando comparado com cafeeiro irrigado.

De acordo com o número total equivalente de defeitos (Figura 4A) e tendo como base a tabela de pontos e equivalência de defeitos da Classificação Oficial Brasileira para café (BRASIL, 2003), as cultivares Paraíso MG/H419-1 (74,8 defeitos), Catuaí 24-137 (76,8 defeitos), Catuaí 144 (75,7 defeitos) e Catuaí 2-SL (66,4 defeitos), no manejo sequeiro, podem ser classificadas como tipo 5, enquanto as cultivares Sacramento MG1 (83,5 defeitos) e Oeiras (82,0 defeitos) como tipo 5/6. Já no manejo irrigado, as cultivares Paraíso MG/H419-1 (76,2 defeitos) e Catuaí 24-137 (64,2 defeitos) podem ser classificadas como tipo 5; as cultivares Sacramento MG1 (120,3 defeitos), Catuaí 144 (122,9 defeitos) e Catuaí 2-SL (102,4 defeitos) como tipo 6 e a cultivar Oeiras MG-6851 (226,8 defeitos) como 7.

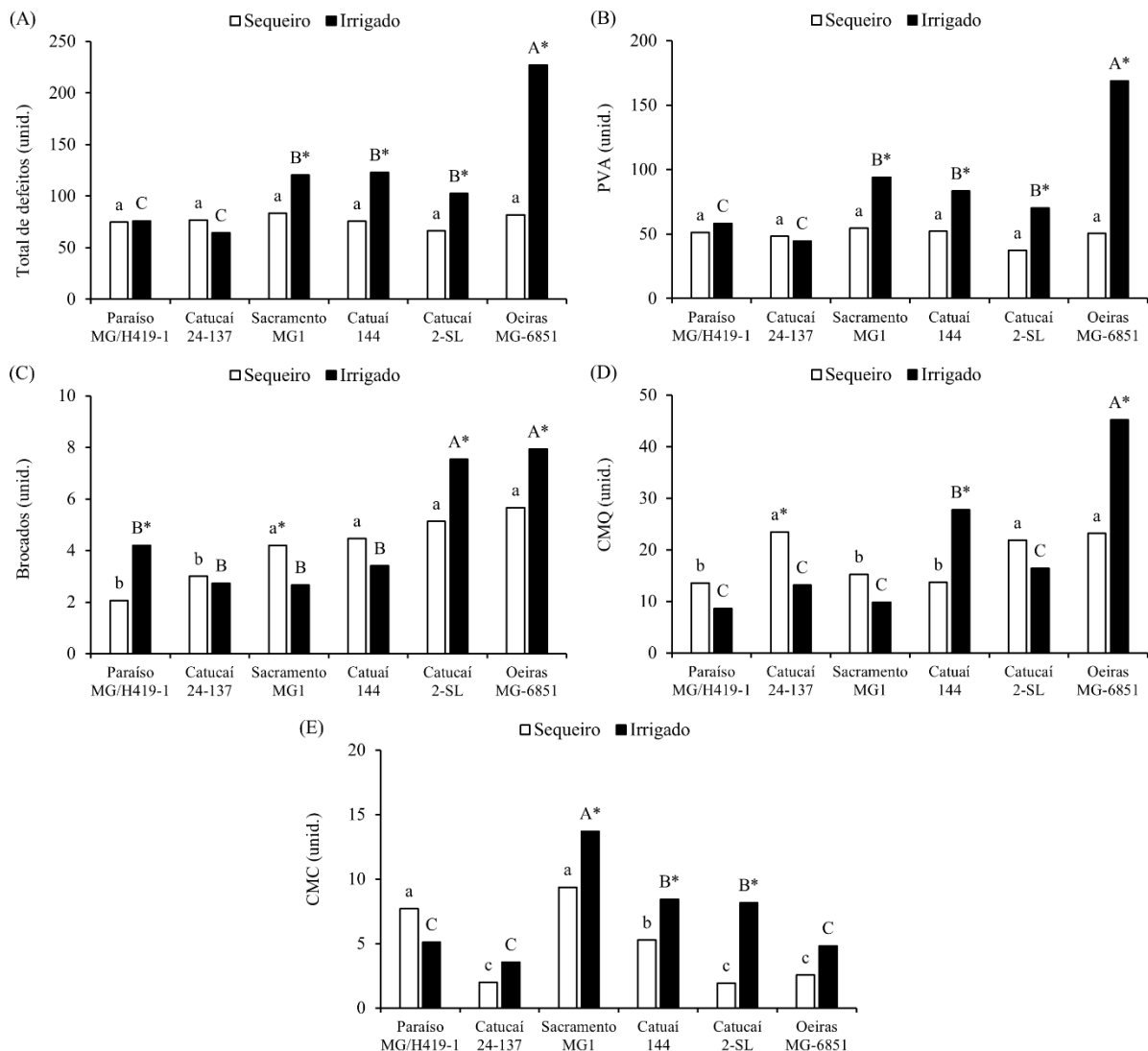


FIGURA 4 - Número total equivalente de defeitos (A), número equivalente de grãos pretos, verdes e ardidos (B), número equivalente de grãos brocados (C), número equivalente de grãos concha, chochos, mal granados e quebrados (D) e número equivalente de grãos em coco, marinheiros, cascas pequenas e cascas grandes (E) de seis cultivares de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos (Irrigado e Sequeiro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (comparação entre as cultivares no manejo Irrigado) e minúscula (comparação entre as cultivares no manejo Sequeiro), não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por asterisco (*) demonstram diferença significativa entre os manejos hídricos (irrigado e não irrigado) para aquela cultivar, de acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Estudos demonstram que a quantidade e intensidade de defeitos em uma amostra de café estritamente mole causam a diminuição da qualidade da bebida (PEREIRA, 1997; COELHO, 2002), além de prejudicar o aspecto físico do café e desvalorização do produto no mercado (LAVIOLA *et al.*, 2006). Os defeitos dos grãos de café podem ser classificados como de natureza intrínseca, compreendidos pelos grãos pretos, verdes, ardidos, chochos, mal granados, conchas, quebrados e brocados; e de natureza extrínseca, que são representados por materiais estranhos no café como os coco, marinheiro, paus, pedras e cascas (BRASIL, 2003).

Para o número de grãos pretos, verdes e ardidos (PVA), ocorreu a formação de três grupos de médias para as cultivares no manejo irrigado, enquanto não houve diferenciação no manejo em sequeiro (Figura 4B); dois grupos para os grãos brocados nos dois manejos hídricos (Figura 4C); três grupos para os grãos conchas, mal granados e quebrados no manejo irrigado e dois grupos no manejo sequeiro (Figura 4D); e três grupos para grãos coco, marinho, casca grande e casca pequena nos dois manejos hídricos (Figura 4E).

A maior quantidade de defeitos presentes nas amostras de todas as cultivares, tanto do manejo irrigado quanto do manejo sequeiro, foi devida, principalmente, à presença de maiores quantidades de grãos pretos, verdes e ardidos (Figura 4B). Para as cultivares Sacramento MG1, Catuaí 144, Catuaí 2-SL e Oeiras MG-6851 houve diferenciação em função dos regimes hídricos, onde as maiores médias de defeitos PVA ocorreram em função do manejo irrigado (Figura 4B). Para os grãos brocados, as cultivares Paraíso MG/H419-1, Catuaí 2-SL e Oeiras MG-6851 apresentaram as maiores quantidades desse defeito em função do manejo irrigado, enquanto a cultivar Sacramento MG1 apresentou maior quantidade de grãos brocados no manejo sequeiro (Figura 4C). As cultivares Catuaí 144 e Oeiras MG-6851 apresentaram maior quantidade de defeitos CMQ em função do manejo irrigado, enquanto o Catuaí 24-137 apresentou maior CMQ no manejo em sequeiro (Figura 4D). Por fim, as cultivares Sacramento MG1, Catuaí 144 e Catuaí 2-SL foram as únicas que apresentaram diferenças significativas na comparação entre os manejos hídricos para as quantidades de defeitos do tipo CMC, com as maiores médias observadas no manejo irrigado (Figura 4E).

A presença de grãos defeituosos, como pretos, verdes e ardidos, afetam significativamente a qualidade da bebida do café (COELHO; PEREIRA, 2002). No trabalho realizado por Pereira (1997), é demonstrado que a inclusão desses grãos defeituosos reduziu a qualidade do café, destacando que os grãos pretos, verdes e ardidos podem influenciar nas características sensoriais após a torração. Os grãos pretos são geralmente originados pela colheita de grãos que passaram do ponto de maturação ou que caíram no chão (FRANCA *et al.*, 2005), sendo classificado como a base dos defeitos encontrados nas amostras de café (MARTINEZ *et al.*, 2007). Os grãos verdes ocorrem em função da colheita dos frutos imaturos e são responsáveis pelo aumento da adstringência da bebida (BEE *et al.*, 2005), e os grãos ardidos podem surgir devido a fermentações inadequadas dos grãos verdes ou mesmo maduros, podendo ocasionar o surgimento de grãos pretos (PIMENTA, 2003).

É possível que a irrigação tenha contribuído para o surgimento de mais defeitos pretos, verdes e ardidos nas cultivares, possivelmente devido à maior desuniformidade na maturação dos frutos. Segundo Carvalho e Chalfoun (1985), a irrigação pode provocar várias floradas,

influenciando na uniformidade da maturação, podendo propiciar um alto percentual de frutos verdes. Custódio *et al.* (2007) avaliando o efeito da irrigação sobre a classificação do café, também observou um maior número de defeitos nos grãos de café irrigado, principalmente grãos verdes e ardidos. Souza *et al.* (2022) verificaram a ocorrência de diferenças significativas para a quantidade e tipo de defeitos de nove genótipos de cafeeiro conilon em cultivo irrigado, demonstrando também como o fator genotípico pode influenciar nesses aspectos.

4 CONCLUSÕES

Há diferenças significativas entre as seis cultivares de café arábica sob os manejos hídricos, irrigado e sequeiro, para a classificação por peneiras, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica e quantidade e tipos de defeitos.

A porcentagem de grãos chato graúdo possibilitou a formação de maior número de grupos de médias entre as cultivares, indicando que essa característica pode ser relevante nos programas de melhoramento genético da espécie por permitir uma maior distinção entre os genótipos.

O manejo irrigado ocasionou a observação de maiores números de defeitos nos grãos das cultivares Oeiras MG-6851, Catuaí 144, Sacramento MG1 e Catuaí 2SL.

O manejo hídrico foi capaz de promover alterações nos atributos físico-químicos das diferentes cultivares de café arábica. O manejo irrigado favoreceu a ocorrência de maiores porcentagens de grãos chato e grãos chato graúdos, enquanto o manejo em sequeiro favoreceu a menor observação do total de defeitos e maior teor de sólidos solúveis totais.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo fornecimento das instalações e equipamentos necessários para realização das análises e pela concessão de bolsa de iniciação científica da primeira autora. À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo apoio na execução experimental. 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. Ao CNPq pela bolsa de excelência acadêmica do sétimo autor (processo 141352/2020-5).

6 REFERÊNCIAS

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

BEE, S.; BRANDO, C.H.J.; BRUMEN, G.; CARVALHAES, N.; KOLLING-SPEER, I.; SPEER, K.; LIVERANI, F.S.; TEIXEIRA, A.A.; TEIXEIRA, R.; THOMAZIELLO, R.A.; VIANI, R.; VITZTHUM, O.G. In: ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee, The Science of Quality**. 2nd ed. Italy: Elsevier Academic Press, 2005. cap.3.

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.

BURMAN, R.F. Water requirements. In: JENSEN, M.E. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1983. p.189-231.

CALDAS, A.L.D.; LIMA, E.M.C.; REZENDE, F.C.; FARIA, M.A.; DIOTTO, A.V.; LEITE JUNIOR, M.C.R. Produtividade e qualidade de café cv. Travessia em resposta à irrigação e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.12, n.1, p.2357-2365, 2018.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.3, p.449-454, 1994.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, v.11, n.126, p.79-92, 1985.

CAVATTE, P.C.; MARTINS, S.C.V.; MORAIS, L.E.; SILVA, P.E.M.; SOUZA, L.T.; DaMATTA, F.M. A fisiologia dos estresses abióticos. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p.39-79.

COELHO, K.F.; PEREIRA, R.G.F.A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.2, p.375-384, 2002.

COELHO, M.J.H. **Café do Brasil: O sabor amargo da crise**. Florianópolis: Oxfarm, 2002. 58p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento safra brasileira: café**. Brasília: Conab, v.2, 2022.

CUSTÓDIO, A.A.P.; GOMES, N.M.; LIMA, L.A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.691-701, 2007.

CUSTÓDIO, A.A.P.; LEMOS, L.B.; MINGOTTE, F.L.C.; POLLO, G.Z.; FIORENTIN, F.; ALVES, G.S.P. Qualidade do café sob manejos de irrigação, faces de exposição solar e posições da planta. **Revista Irriga**, v.20, p.177-192, 2015.

DaMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DEBONA, D.G.; PINHEIRO, P.F.; PINHEIRO, C.A.; GOMES, W.S.; ABREU, R.O.; MORELI, A.P.; SIQUEIRA, E.A.; PEREIRA, L. L. Avaliação da composição química de café arabica submetido a diferentes perfis de torra. **Revista IFES Ciência**, v.6, p.124-133, 2020.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A Computer statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; MENDONÇA, J.C.F.; SILVA X.A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v.90, n.1, p.89-94, 2005.

LAVIOLA, B.G.; MAURI, A.L.; MARTINEZ, H.E.P.; ARAÚJO, E.F.; NEVES, Y.P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v.1, n.1, p.36-42, 2006.

LIMA, D.M.; CARVALHO, M.L.M.; RODRIGUES, A.B.; SOUZA, L.A. Teste de condutividade elétrica de massa na avaliação da qualidade de sementes de café submetidas a diferentes métodos de secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p.184-185.

LOPES, L.M.V.; PEREIRA, G.F.A.; MENDES, A.N.G. Teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH de grãos crus e torrados de sete cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e suas variações com o processo de torração. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.748-751.

MALTA, M.R.; CHAGAS, S.J.R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.57-61, 2009.

MANTOVANI, E.C. Cafeicultura irrigada: produtividade, rentabilidade com sustentabilidade. In: MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.R. **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletânea de trabalhos. Viçosa: UFV, DEA, 2003. p.9-45.

MANTOVANI, E.C. **Fertirrigação em café**. In: Cafeicultura Irrigada. Belo Horizonte, 2000 p.45-50.

MARSETTI, M.M.S.; BONOMO, R.; PARTELLI, F.L.; SARAIVA, G.S. Déficit hídrico e fatores climáticos na uniformidade da florada do cafeeiro Conilon irrigado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, p.371-380, 2013.

MARTINEZ, H.E.P.; TOMAZ, M.A.; SAKIYAMA, N.S. **Guia de Acompanhamento das Aulas de cafeicultura**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007. 152p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2002. 387p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.; ALMEIRA, S.R.; FERNADES, D.R.

Cultura do café no Brasil manual de recomendações. Varginha: Gráfica Santo Antônio, 2010. 542p.

NOBRE, G.W.; BORÉM, F.M.; ISQUIERDO, E.P.; PEREIRA, R.G.F.A.; OLIVEIRA, P.D. Composição química de frutos imaturos de café arábica (*Coffea arabica* L.) processados por via seca e via úmida. **Coffee Science**, v.6, n.2, p.107-113, 2011.

PEREIRA, R.G.F.A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “estritamente mole”.** 1997. 96f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PIMENTA, C.J. **Qualidade de Café.** 3ª ed. Lavras: Editora UFLA, p.147-161, 2003.

PINTO, C.M.; TÁVORA, F.J.F.A.; BEZERRA, M.A.; CORRÊA, M.C.M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista de Ciências Agronômicas**, v.39, p.429-436, 2008.

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 135f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

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.** 5ª ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO, 2007. 305p.

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

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. In: **Irrigação & tecnologia moderna.** Brasília: ABID, 2000. p.34-41.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café.** 2.ed. Campinas: O Lutador, 2008. 476p.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA – SCAA. **SCAA Protocols**, janeiro 2014. Disponível em:<<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>> Acesso em: 18 de agosto de 2022.

SILVA, V.A. **Influência dos grãos defeituosos na qualidade do café orgânico.** 2005. Dissertação (Mestre em Ciência dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005.

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

SOUZA, I.V.; COLODETTI, T.V.; JORDAIM, R.B.; SALLES, R.A.; SARTORI, L.; RODRIGUES, W.N.; TOMAZ, M.A. Caracterização físico-química de grãos de genótipos de cafeeiro conilon em altitude de transição. **Pensar Acadêmico**, v.20, p.16-31, 2022.

VENANCIO, L.P.; CUNHA, F.F.; MANTOVANI, E.C. Demanda hídrica do cafeeiro conilon irrigado por diferentes sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p.767-776, 2016.

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.

VILELLA, W.M.C. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamento de adubação no crescimento, produtividade e qualidades dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2001. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.