

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

RODRIGO AMARO DE SALLES

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE CAFEEIRO CONILON
CULTIVADOS EM ALTITUDE DE TRANSIÇÃO SOB MANEJOS DE ÁGUA NO
SOLO**

ALEGRE – ES

2020

RODRIGO AMARO DE SALLES

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO CONILON
CULTIVADOS EM ALTITUDE DE TRANSIÇÃO SOB MANEJOS DE ÁGUA NO
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração em Fitotecnia.

Orientador: D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientador: D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral

ALEGRE – ES

2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S168a Salles, Rodrigo Amaro de, 1996-
Aspectos nutricionais de genótipos de cafeeiro Conilon
cultivados em altitude de transição sob manejos de água no solo /
Rodrigo Amaro de Salles. - 2020.
52 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias.

1. Cafeicultura. 2. Plantas - Nutrição. 3. Água na agricultura. 4.
Influência de altitude. I. Tomaz, Marcelo Antonio. II. Amaral,
José Francisco Teixeira do. III. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

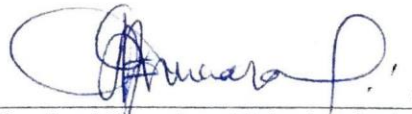
RODRIGO AMARO DE SALLES

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO CONILON
CULTIVADOS EM ALTITUDE DE TRANSIÇÃO SOB MANEJOS DE ÁGUA NO
SOLO**

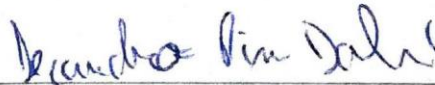
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 15 de julho de 2020.

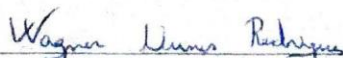
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral
CCAUE-UFES (Coorientador)



Prof. D. Sc. Leandro Pin Dalvi
CCAUE-UFES (Representante de linha)



D. Sc. Wagner Nunes Rodrigues
Centro Universitário UNIFACIG (Membro externo)

À minha família

Roberto Amaro de Salles

Cleonice Krüger Salles

Emily Amaro de Salles

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar presente em cada momento da minha vida.

Ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro ao projeto T.O. 699/16 PPE Agropecuária Edital FAPES 006/2015.

Aos meus mestres, em especial ao meu orientador Prof. D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz e ao meu coorientador Prof. D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral, pelas orientações, pelo apoio, pela amizade e confiança.

A todos meus amigos e colegas de estudo e de pesquisa, especialmente à equipe do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do CCAUE-UFES: Larissa Ataíde Siqueira, Renan Baptista Jordaim, Diogo Ribeiro de Araújo e Tafarel Victor Colodetti.

Ao produtor José Augusto Demartini Landi por ter aberto as portas de sua propriedade, permitindo o desenvolvimento da pesquisa.

A toda minha família, principalmente ao meu pai Roberto Amaro de Salles, e minha mãe Cleonice Krüger Salles, pelos esforços que permitiram a conclusão de mais esta etapa em minha vida.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para esta conquista.

Portanto, não se preocupem, dizendo: 'Que vamos comer? ou 'Que vamos beber?' ou 'Que vamos vestir?'. Busquem, pois, em primeiro lugar o Reino de Deus e a sua justiça, e todas essas coisas vos serão acrescentadas.

Mateus 6: 31, 33

BIOGRAFIA

Rodrigo Amaro de Salles, filho de Roberto Amaro de Salles e Cleonice Krüger Salles, nascido em São Gabriel da Palha, Noroeste do Espírito Santo, em 04 de fevereiro de 1996. Coursou o ensino fundamental e médio no município de Vila Valério, nas escolas EMEF VIVA “Kaio Fredy Dare Grigoletto”, e EEEFM “Atilio Vivacqua”, respectivamente. No segundo semestre de 2013, ingressou no curso de graduação em Agronomia do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) Campus Itapina. Durante a graduação, participou como bolsista de projetos de extensão (ProEx) e de iniciação científica (PIBIC). Em julho de 2018, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo e ingressou em agosto do mesmo ano no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal Do Espírito Santo (CCA-E-UFES), onde iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal.

RESUMO

A caracterização nutricional de genótipos de cafeeiro conilon é uma importante ferramenta que pode ser aplicada na nutrição da cultura ou mesmo em programa de melhoramento genético. Entretanto, a disponibilidade hídrica do solo pode afetar gravemente a absorção e o acúmulo de nutrientes ao longo do tempo. Tendo em vista o crescente interesse pelo cultivo do cafeeiro Conilon em altitudes marginais, objetivou-se com esse estudo avaliar os aspectos nutricionais de 27 genótipos melhorados de *Coffea canephora* submetidos a dois manejos de água no solo, cultivados em altitude de transição. O experimento foi realizado numa lavoura produtiva com quatro anos de idade, localizada na região do Caparaó do Estado do Espírito Santo. O experimento seguiu em esquema de parcelas subdividida 27×2 , em delineamento de blocos casualizados com três repetições. O primeiro fator (parcelas) foi constituído por 27 genótipos de cafeeiro Conilon, enquanto que o segundo fator (subparcelas) foi composto por dois manejos de água no solo. No primeiro manejo (Irrigação + Fertirrigação), realizou-se a irrigação manejada de acordo com a umidade do solo, juntamente com a fertirrigação. Enquanto isso, o segundo manejo (Fertirrigação) foi constituído apenas das fertirrigação. Durante a fase de maturação dos frutos, coletou-se um ramo plagiotrópico intermediário à copa e dele foram avaliados os teores nutricionais foliares, o conteúdo nutricional exportado pelos frutos e o conteúdo nutricional total do ramo (caule + folhas + frutos) dos nutrientes nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio e magnésio. Os dados climáticos coletados no período em que se procedeu o experimento revelaram indícios de impedimento térmico para o cultivo de cafeeiro Conilon no local estudado. Verificou-se interação significativa entre os fatores para a maior parte das características avaliadas. O manejo Irrigação + Fertirrigação promoveu maiores médias nos teores nutricionais foliares, nos conteúdos nutricionais exportado pelos frutos e nos conteúdos nutricionais totais do ramo plagiotrópico. O teor foliar de magnésio e o conteúdo de cálcio exportado pelos frutos apresentaram comportamento distinto dos demais nutrientes avaliados. Houve grande variação entre os genótipos com relação às características nutricionais estudadas. De modo geral, os genótipos 302 e 108 se destacaram com a maior exportação de nutrientes, independente do manejo de água no solo.

Palavras chave: *Coffea canephora*. Altitude marginal. Nutrição mineral. Disponibilidade hídrica.

SUMMARY

The nutritional characterization of conilon coffee genotypes is an important tool that can be applied in crop nutrition or even in a breeding program. However, soil water availability can severely affect nutrient absorption and accumulation over time. In view of the growing interest in the cultivation of Conilon coffee at marginal altitudes, the objective of this study was to evaluate the nutritional aspects of 27 improved genotypes of *Coffea canephora* submitted to two soil water management, cultivated at transition altitude. The experiment was carried out in a productive field with four years of age, located in the Caparaó region of the State of Espírito Santo. The experiment was carried out in a 27×2 split plot schemes, in a randomized block design with three replications. The first factor (plots) consisted of 27 genotypes of Conilon coffee, while the second factor (subplots) was composed of two water managements in the soil. In the first management (Irrigation + Fertigation), the irrigation was carried out according to the soil moisture, together with the fertigation. Meanwhile, the second management (Fertigation), was made up only of fertigation. During the ripening phase of the fruits, a plagiotropic branch intermediate to the canopy was collected, and the leaf nutritional contents, the nutritional content exported by the fruits and the total nutritional content of the branch (leaf + fruit + stem) of the nutrient's nitrogen were evaluated. phosphorus, potassium, calcium and magnesium. The climatic data collected in the period in which the experiment was carried out revealed evidence of thermal impediment for the cultivation of Conilon coffee in the studied location. There was a significant interaction between the factors for most of the evaluated characteristics. The Irrigation + Fertigation management promoted higher averages in the foliar nutritional contents, in the nutritional contents exported by the fruits and in the total nutritional contents of the plagiotropic branch. The foliar magnesium content and the calcium content exported by the fruits presented a different behavior from the other characteristics evaluated. There was great variation between the genotypes regarding the studied nutritional characteristics. In general, genotypes 302 and 108 stood out with the highest export of nutrients regardless of soil water management.

Key words: *Coffea canephora*. Marginal altitude. Mineral nutrition. Water availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produtividade média (sc ha ⁻¹) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon nas safras 2017-2018 (a) e 2018-2019 (b), cultivados sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT) em altitude de transição.....	24
Figura 2. Precipitação acumulada e temperatura média mensal no período de julho de 2018 a junho de 2019 (Lagoa Seca, Alegre – ES).....	25
Figura 3. Teores nutricionais foliares de N (a), P (b) e K (c) em 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição.....	28
Figura 4. Teores nutricionais foliares de Ca (a) e Mg (b) em 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição.	31
Figura 5. Conteúdo nutricional de N (a), P (b) e K (c) exportados pelos frutos maduros de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição.	34
Figura 6. Conteúdo nutricional de Ca (a) e Mg (b) exportados pelos frutos maduros de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição.	36
Figura 7. Conteúdo nutricional de N (a), P (b) e K (c) em ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição.....	40
Figura 8. Conteúdo nutricional de Ca (a) e Mg (b) em ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físico-químicos do perfil de solo na profundidade 0 a 20 cm, no início do ciclo produtivo 2018-2019, na área em que se procedeu o experimento.	21
Tabela 2. Resumo da análise de variância para os teores nutricionais foliares, conteúdos nutricionais exportados pelos frutos e conteúdos nutricionais total dos ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), de 27 genótipos de cafeeiro Conilon cultivados em altitude de transição e submetidos a dois manejos de água no solo	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 <i>Coffea canephora</i> NO BRASIL E NO ESPÍRITO SANTO	15
2.2 VARIABILIDADE GENÉTICA E NUTRIÇÃO DO CAFEEIRO CONILON	16
2.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ASPECTOS NUTRICIONAIS DO CONILON	18
2.4 CULTIVO DO CAFEEIRO CONILON EM ALTITUDES MARGINAIS.....	19
3. METODOLOGIA	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL	20
3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	20
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	21
3.3.1 Genótipos avaliados (parcelas)	21
3.3.2 Manejos de água no solo (subparcelas)	22
3.4 CARACTERÍSTICAS ANALISADAS	22
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, produzindo em 2019 mais de 49 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg, sendo que cerca de 30% deste total é representada pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) (CONAB, 2020). De acordo com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER (2019), o Espírito Santo é o maior produtor de café Conilon do Brasil, responsável por cerca de 76% de toda produção nacional e 20% da produção mundial.

O cafeeiro Conilon possui uma alta variabilidade genética, pois trata-se de uma espécie diploide e de fecundação cruzada (CENCI; COMBES; LASHERMES, 2012), portanto apresenta grande tendência em originar descendentes com elevado grau de heterogeneidade quanto à diversas características, incluindo os aspectos nutricionais. Estudos indicam que os fatores genéticos são os principais responsáveis por alterar o conteúdo nutricional absorvido e acumulado nos diferentes órgãos e tecidos vegetais do cafeeiro Conilon, como observado por Martins et al. (2013) e Machado et al. (2016).

A água também desempenha um importante papel na aquisição de nutrientes pois é um componente fundamental em todos os processos metabólicos, capaz de regular a absorção e a translocação dos minerais para as diferentes partes das plantas (TAIZ et al., 2017). Portanto, a baixa disponibilidade hídrica presente no solo pode afetar o conteúdo nutricional acumulado no cafeeiro Conilon (COVRE et al., 2018a; STARLING et al., 2018). Isso torna a irrigação uma tecnologia indispensável para a cafeicultura do Estado, visto que grande parte da área ocupada pela cultura sofre restrição hídrica em algum momento do ano (PEZZOPANE et al., 2010).

Com base nas mudanças climáticas, estima-se que até o final do século ocorra um aumento na temperatura global, que no pior dos cenários pode chegar a 4,8 °C (IPCC, 2014). Tendo em vista que temperaturas médias superiores a 31 °C podem reduzir o desenvolvimento e a produção do cafeeiro Conilon (PARTELLI et al., 2013), é possível que haja bom desempenho dessa espécie em áreas com altitudes marginais ou altitude de transição (> 500 m). Para isso, é preciso monitorar o desenvolvimento morfológico e fisiológico de genótipos nessas condições, a fim de identificar quais materiais genéticos melhor se adaptam nessas áreas.

Dessa forma, é de grande importância o levantamento de informações quanto às respostas nutricionais de genótipos melhorados ao serem cultivados em altitude de transição, sobretudo

quando submetidos a diferentes manejos de água no solo. Isso se deve ao fato de que os aspectos nutricionais são um dos principais fatores a serem considerados para que o cafeeiro Conilon alcance o seu potencial produtivo.

Portanto, objetivou-se com esse estudo avaliar os aspectos nutricionais de 27 genótipos melhorados de *Coffea canephora* submetidos a dois manejos de água no solo, cultivados em altitude de transição.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Coffea canephora* NO BRASIL E NO ESPÍRITO SANTO

A espécie *Coffea canephora* é de origem africana, especificamente da região equatorial da bacia do Congo, local caracterizado pelas planícies de florestas de clima tropical (FERRÃO et al., 2012; HERRERA; LAMBOT, 2017). Esta espécie apresenta um desenvolvimento vegetativo e produtividade explorável quando cultivada em regiões sem grandes variações de temperatura, com médias anuais entre 22 e 26 °C, e precipitação anual de 1200 mm (MATIELLO 1991; PARTELLI et al., 2013).

O cafeeiro Conilon possui porte elevado e arbustivo, multicaules lenhosos, folhas grandes e flores brancas em grande número por inflorescência e por axila foliar. Os frutos apresentam formato e número variável de acordo com o material genético. Apresenta maior resistência às condições ambientais e maior teor de cafeína e sólidos solúveis nos grãos quando comparado ao *Coffea arabica* (FERRÃO et al., 2017). A espécie também abrange uma grande variabilidade quanto à época de maturação dos frutos, o que possibilita o escalonamento da colheita, otimizando a mão de obra e aumentando a uniformidade dos grãos (SOUZA et al., 2004).

No Brasil, a espécie *Coffea canephora* foi inicialmente introduzida no Sudeste brasileiro por volta do ano de 1912 (FERRÃO et al., 2017) e atualmente está presente em quase todas as regiões brasileiras. De acordo com a CONAB (2020), em 2019 o país possuía uma área cultivada de aproximadamente 411,9 mil hectares e safra total estimada em 15,01 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg, na qual se destaca o estado do Espírito Santo, seguido por Rondônia e Bahia.

A cafeicultura é de grande importância econômica no Espírito Santo, que possui uma área aproximada de 265,2 mil hectares de lavoura de café (CONAB, 2020). O Estado apresenta

cerca de 60 mil propriedades que têm a cultura como principal atividade econômica, o que confere o título de maior produtor de café Conilon do Brasil. Graças à geração e adoção de novas tecnologias, a cafeicultura da região tem apresentado aumento considerável na produtividade nos últimos anos, sendo cada vez mais comum encontrar propriedades com produtividade próxima a 100 sacas por hectare (INCAPER, 2019).

Os maiores produtores de café Conilon do Espírito Santo são os municípios situados ao norte do Estado, que são responsáveis por cerca de 40% da produção. Dentre eles, destacam-se os municípios de Jaguaré, Vila Valério, Nova Venécia, Sooretama, Linhares, Rio Bananal, São Mateus, Pinheiros, Governador Lindenberg, Boa Esperança, Vila Pavão, São Gabriel da Palha, Colatina e Marilândia, com produção mais expressiva (INCAPER, 2019).

2.2 VARIABILIDADE GENÉTICA E NUTRIÇÃO DO CAFEEIRO CONILON

O cafeeiro Conilon é uma espécie diploide altamente heterozigótica ($2n = 2x = 22$ cromossomos) que se reproduz por alogamia, produzindo sementes por fertilização cruzada, que durante todo o período da evolução possibilitou inúmeros cruzamentos desta espécie, resultando na ampla base genética conhecida atualmente (LASHERMES et al., 1996; DENOEUDE et al., 2014). A fertilização cruzada é garantida devido à autoincompatibilidade gametofítica, que impede uma mesma planta de gerar sementes viáveis ao serem polinizadas como o próprio pólen, mecanismo fisiológico que impede os efeitos deletérios da alogamia (SCHIFINO-WITTMANN e DALL'AGNOL, 2002).

Vários relatos na literatura evidenciam a alta variabilidade genética que existe na espécie. Giles et al. (2019) em estudos envolvendo 30 genótipos de *Coffea canephora* detectaram diferenças significativas entre todas as características avaliadas, evidenciando a heterogeneidade dessa espécie. Da mesma forma, Covre et al. (2016a) também puderam observar a divergência genética presente em 34 genótipos avaliados, onde encontraram diferença significativa para a maior parte das características morfológicas avaliadas. Estudos como estes contribuem para os programas de melhoramento genético do cafeeiro Conilon, possibilitando selecionar genótipos superiores para as características desejáveis.

Quanto maiores as variações genéticas dentro da espécie, maiores são as chances de sucesso em programas de melhoramento genético (OLIVEIRA et al., 2015). De acordo com Ferrão et al. (2017), a cadeia produtiva do café Conilon do Brasil melhorou seu perfil de produção e

qualidade na última década em virtude do desenvolvimento de várias tecnologias, onde destaca-se o melhoramento genético, trazendo como resultado a duplicação da produtividade média nos últimos 20 anos, colocando a cafeicultura brasileira de Conilon como uma das mais competitivas do mundo.

Entretanto, para outras áreas da pesquisa, que buscam melhorar o manejo de cultivo do cafeeiro Conilon, a extensa variabilidade genética resulta em um grande desafio, haja vista as dificuldades em sistematizar um manejo exclusivo para cada genótipo, sendo isso bem expressivo na nutrição mineral do cafeeiro Conilon (MARTINS et al., 2015). Além disso, a nutrição da cultura é um ponto de grande importância quando levado em consideração o aumento da dependência de insumos e o aumento dos custos de produção.

Os genótipos da espécie *C. canephora* podem expressar características e respostas completamente distintas no que se refere à nutrição mineral. A tolerância a solos de baixa fertilidade (COLODETTI et al., 2014; MARTINS et al., 2015), a eficiência na absorção e no uso dos nutrientes (TOMAZ et al., 2008; MARTINS et al., 2013) e as respostas à determinada adubação (COLODETTI et al., 2015) podem ser moduladas pelas características genéticas.

Da mesma forma, os genótipos de cafeeiro Conilon também se distinguem quanto ao acúmulo e teores de nutrientes na matéria seca de caule, folha, fruto e raiz (COVRE et al., 2016a; MARRÉ et al. 2015). Starling et al. (2018) evidenciaram diferentes teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em tecidos foliares de genótipos de cafeeiro Conilon, cultivar “Conilon BRS Ouro Preto”. Entretanto, a maior parte de estudos como estes são realizados em ambiente controlado com objetivos específicos, sendo de grande importância a expansão desses conhecimentos a nível de campo, em lavouras produtivas.

De acordo com Covre et al. (2016b), conhecer a quantidade de nutrientes alocados nos diferentes tecidos vegetais dos genótipos de cafeeiro Conilon é uma informação valiosa para auxiliar no planejamento do manejo nutricional da cultura. A importância de estudos com essa temática envolve o fato de que os nutrientes alocados nos frutos são exportados do sistema após a colheita, sendo necessária a reposição destes por meio de adubos e fertilizantes, a fim de preservar a fertilidade do solo e manter a produção. Da mesma forma, estes estudos possibilitam a previsão da quantidade de nutrientes que serão reciclados no sistema, após a poda da cultura.

2.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ASPECTOS NUTRICIONAIS DO CONILON

Frequentemente, regiões produtoras de café Conilon passam por períodos de seca ao longo do ano, resultando em baixa disponibilidade hídrica no solo e, conseqüentemente, ocasionando estresses na planta pela falta de água. De acordo com Araújo et al. (2011), o déficit hídrico pode ser considerado um dos principais fatores que limitam o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro Conilon, uma vez que grande parte das áreas cultivadas estão localizadas em regiões que apresentam restrições hídricas. DaMatta e Ramalho (2006) classificam a deficiência hídrica como um dos principais estresses ambientais responsáveis pela diminuição da produtividade do cafeeiro, tanto no Brasil quanto em outros países.

Várias são as alterações no metabolismo de uma planta quando a mesma se encontra em condições de deficiência hídrica no solo, tais como: fechamento de estômatos, queda na concentração de carbono interno, aumento das taxas de fotorrespiração e diminuição na taxa de fotossíntese líquida. Além disso, a água está presente em todos os processos metabólicos, sendo o principal veículo que regula a absorção e o transporte dos nutrientes minerais do solo para as várias partes da planta (TAIZ et al., 2017). Portanto, a redução da disponibilidade hídrica no solo limita o acesso das raízes aos nutrientes, assim como causa limitação ou a interrupção do fluxo transpiratório pelo fechamento dos estômatos (CARVALHO et al., 2011). Entretanto, estudos relacionados aos efeitos que a disponibilidade hídrica exerce sobre os teores e acúmulo de nutrientes em diferentes tecidos vegetais do cafeeiro Conilon são escassos.

Os frutos do genótipo 02 da cultivar “EMCAPA 8111” de cafeeiro Conilon apresentaram diferença significativa nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cobre, manganês e boro quando submetidos a duas condições hídricas, irrigado e não irrigado (COVRE et al., 2016b). Salamanca-Jimenez et al. (2016), avaliando os efeitos da adubação nitrogenada em mudas de cafeeiro Conilon submetidas a cinco lâminas de irrigação, puderam observar diferenças significativas nos teores foliares de nitrogênio em função da disponibilidade hídrica. Todavia, estes estudos se limitaram a apenas um genótipo, sendo de grande valia a expansão do conhecimento a um maior número de genótipos, tendo em vista a grande variabilidade genética da espécie.

2.4 CULTIVO DO CAFEEIRO CONILON EM ALTITUDES MARGINAIS

Segundo as projeções do *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (IPCC, 2014), haverá aumento na temperatura média global nos próximos anos em função das mudanças climáticas. O cafeeiro Conilon, quando submetido a temperaturas médias acima de 31 °C, apresenta expressiva diminuição de sua taxa de crescimento, causando impacto negativo sobre a produtividade (PARTELLI et al., 2013). Portanto, é possível que haja bom desempenho da cultura do cafeeiro Conilon em maiores altitudes, áreas tipicamente produtoras de café Arábica, estratégia que pode ser utilizada para mitigar os efeitos das altas temperaturas encontradas nas regiões de baixas altitudes. De acordo com Bunn et al. (2015), o Conilon pode substituir o cafeeiro arábica com o decorrer do aumento de temperatura previsto, no entanto, isso se aplica apenas em algumas regiões, nas quais o cafeeiro Conilon melhor se desenvolver.

Sendo o cafeeiro Conilon uma espécie de alta variabilidade genética, é possível verificar genótipos que melhor se adaptam às condições ambientais distintas, como baixas temperaturas encontradas em regiões de maiores altitudes nos períodos de inverno (MARTINS et al., 2019). Isso ocorre graças aos mecanismos de defesa, mais especificamente o mecanismo de aclimação, que permite ajustes às diferentes condições ambientais, incluindo as baixas temperaturas. Entretanto, a capacidade de ajuste pode variar de acordo com os genótipos (RAMALHO et al., 2014).

Atualmente, observa-se aumento considerável no interesse de produtores e pesquisadores pelo cultivo do cafeeiro Conilon em áreas com altitudes marginais ou altitude de transição. Tal fato se dá principalmente por questões como, maior resistência a pragas e doença em comparação ao cafeeiro Arábica, assim como maior facilidade no manejo (COLODETTI et al., 2016). Além disso, estudos indicam que o cafeeiro Conilon cultivado em altitudes elevadas pode ser uma alternativa viável para a obtenção de cafés especiais, devido ao aumento da qualidade da bebida nessas condições (PINHEIRO et al., 2019).

Outro aspecto importante a ser considerado é que temperaturas mais amenas, causadas por altitudes elevadas, afeta diretamente o fluxo de seiva no interior da planta, pois diminui a taxa de transpiração e, conseqüentemente, reduz a velocidade de absorção de água e nutrientes (RAMALHO et al., 2014). Neste aspecto, é necessário a realização de estudos para entender a resposta de genótipos cultivados em áreas de altitude elevada, associados ao uso da irrigação

como estratégias para driblar os efeitos das altas temperaturas e da ocorrência de secas, direcionando o foco para a nutrição mineral do cafeeiro Conilon.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL

O ensaio foi realizado em campo na localidade de Lagoa Seca, zona rural do município de Alegre – ES, região do Caparaó Capixaba. O local encontra-se a uma altitude de 647 metros, sendo esta considerada uma altitude marginal para o cultivo de cafeeiro Conilon no Estado do Espírito Santo, de acordo com o zoneamento agrícola realizado para a cultura (TAQUES E DADALTO, 2017). A área experimental é encontrada sob coordenadas geográficas 20°52'06"S de latitude e 41°28'45"W de longitude. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo com topografia ondulada-acidentada (EMBRAPA, 2013).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, possuindo verões chuvosos e invernos secos (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Dados de precipitação e temperatura foram coletados durante o ciclo fenológico avaliado, por meio de uma estação meteorológica automática (Irriplus, E5000) instalada próxima ao experimento.

3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em uma lavoura cafeeira produtiva de quatro anos idade, com espaçamento de 3 × 1 m, conduzida com três ramos ortotrópicos por planta. O manejo adotado foi de acordo com o recomendado para o cultivo de cafeeiro Conilon no Estado do Espírito Santo (PREZOTTI, et al., 2007; FERRÃO et al., 2012; FERRÃO et al., 2017). O manejo nutricional da lavoura foi realizado com base na análise química do solo (Tabela 1), em parcelas mensais via fertirrigação. Para isso, foi empregado um sistema de irrigação localizado do tipo gotejamento, com emissores autocompensantes espaçados entre si a cada 40 cm e vazão média de 3,43 L h⁻¹. Durante a fertirrigação o sistema permanecia ligado por duas horas, de modo a padronizar o manejo e a adição de nutrientes pela adubação em todos os tratamentos.

A análise de solo foi realizada em agosto de 2018 (Tabela 1) e serviu como base de cálculo para adubação e calagem da lavoura no período do estudo.

Tabela 1. Atributos físico-químicos do perfil de solo na profundidade 0 a 20 cm, no início do ciclo produtivo 2018-2019, na área em que se procedeu o experimento.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	V	MO
	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				%	dag kg ⁻¹	
4,59	7,44	53,53	0,72	0,14	0,30	1,00	6,50	31,97	1,36

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); P, K, Na: extrator Mehlich 1 e determinação por colorimetria; Ca, Mg, Al: extrator KCl 1mol L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; H+Al: extrator de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; Matéria Orgânica: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdividas 27×2, seguindo delineamento de blocos casualizados, com três repetições. O primeiro fator (parcelas) foi constituído por 27 genótipos de *Coffea canephora* e o segundo fator (subparcelas) por dois manejos de água no solo. Cada parcela experimental foi composta por três plantas úteis para avaliações.

3.3.1 Genótipos avaliados (parcelas)

Os 27 genótipos de *Coffea canephora* são componentes das cultivares clonais: “Diamante – Incaper 8112” (9 genótipos de ciclo de maturação precoce), “Jequitibá – Incaper 8122” (9 genótipos de ciclo de maturação intermediária) e “Centenária – Incaper 8132” (9 genótipos de ciclo de maturação tardia). Para referenciar os genótipos, os mesmos foram enumerados conforme as cultivares clonais: 101 a 109 para “Diamante – Incaper 8112”; 201 a 209 para “Jequitibá – Incaper 8122”; e 301 a 309 para “Centenária – Incaper 8132”.

As três cultivares são frutos de programa de melhoramento genético que se iniciou em 1985, conduzido na região norte do Espírito Santo. As cultivares se destacam pela elevada produtividade, qualidade de bebida e características agronômicas superiores, quando comparadas às demais cultivares lançadas anteriormente. A produtividade média está

estimada em 81, 89 e 82 sc ha⁻¹, para as cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária, respectivamente (FERRÃO et al., 2013a; FERRÃO et al., 2013b; FERRÃO et al., 2013c).

3.3.2 Manejos de água no solo (subparcelas)

Após a primeira safra da lavoura (2016-2017), os genótipos foram submetidos a dois manejos de água no solo. No primeiro manejo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT), a umidade do solo foi monitorada com tensiômetros instalados na linha de cultivo, a uma distância de 40 cm da base da planta e 25 cm de profundidade, sendo realizada a irrigação todas as vezes em que a tensão de água no solo correspondeu a valores próximos a 70% da água disponível (34 kPa), de modo a retornar a umidade à capacidade de campo. Além da irrigação manejada (disponibilização de água na quantidade requerida e momento adequado), houve adição de água através da fertirrigação mensal (uma única parcela mensal disponibilizou 17,15 L de água planta⁻¹). Para o segundo manejo, Fertirrigação (FERT), houve apenas a adição de água das precipitações naturais e das parcelas mensais da fertirrigação (uma vez por mês para disponibilizar os fertilizantes, adicionando 17,15 L de água por planta mês⁻¹).

3.4 CARACTERÍSTICAS ANALISADAS

O estado nutricional dos 27 genótipos foi avaliado para o ciclo reprodutivo 2018-2019, tendo início com a florada em agosto de 2018 e terminando com o final da maturação dos frutos em 2019. Para isso, realizou-se a coleta de um ramo plagiotrópico representativo de cada parcela experimental para a composição de cada amostra. Esses ramos foram colhidos na fase de maturação dos frutos, ou seja, quando pelo menos 80% dos frutos estavam maduros (cereja). Além disso, os ramos coletados foram de primeira produção e se localizavam no terço médio da copa. Em seguida, as amostras foram acomodadas em sacos de papel devidamente identificados e, posteriormente, levados para laboratório, onde foram separados os frutos, folhas e caule, e levados à estufa de circulação forçada de ar (65 °C ± 2 °C), onde permaneceram até atingir massa constante.

Em seguida, realizou-se a pesagem do material em balança analítica de precisão (0,001) para obtenção da massa de matéria seca. Posteriormente, as amostras foram trituradas em moinho de bancada (tipo Wiley) com peneira de um milímetro (malha 20 mesh), a fim de se obter um

pó homogêneo para a digestão química. Seguidamente, realizaram-se as análises químicas dos teores dos seguintes nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de cada compartimento vegetal, sendo estes os macronutrientes gastos em maior quantidade na adubação do cafeeiro Conilon. Todo o procedimento realizado em laboratório seguiu metodologia descrita pela Embrapa (2000).

Cada amostra foi separada em duas subamostras, as quais foram submetidas à diferentes digestões químicas para determinação da concentração dos nutrientes. Para o nitrogênio, a subamostra foi submetida à digestão por intermédio de ácido sulfúrico, cujo princípio é a oxidação da matéria orgânica, transformando o nitrogênio orgânico em mineral. Para os demais nutrientes a subamostra foi digerida por meio de ácido nítrico e perclórico, performando a oxidação da matéria orgânica, mineralização dos metais e solubilização de compostos inorgânicos insolúveis como os fosfatos (EMBRAPA, 2000).

Para a leitura dos teores nutricionais, primeiramente realizou-se a curva de calibração para cada um dos nutrientes, utilizando padrões de concentrações conhecidas de cada um dos nutrientes analisados. A leitura dos nutrientes N e P foi realizada em espectrofotômetro UV – visível, nos comprimentos de onda 480 e 725 nm, respectivamente. E para os nutrientes K, Ca e Mg, a leitura seguiu em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 2000).

Os teores nutricionais foliares foram analisados a fim de determinar a concentração de nutrientes disponível para uso no aparato fotossintético das plantas. Com base na matéria seca dos frutos, foi também determinado o conteúdo nutricional exportado do sistema pelos frutos maduros após a colheita. Por fim, calculou-se o conteúdo nutricional total presente no ramo plagiotrópico (caule + folhas + frutos).

Para auxiliar a interpretação dos resultados, realizou-se também um levantamento da produtividade média (sc ha^{-1}) de cada genótipo nos ciclos produtivos 2017-2018 (Figura 1a) e 2018-2019 (Figura 1b), quando operados sob dois manejos de água no solo, sendo eles: Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT).

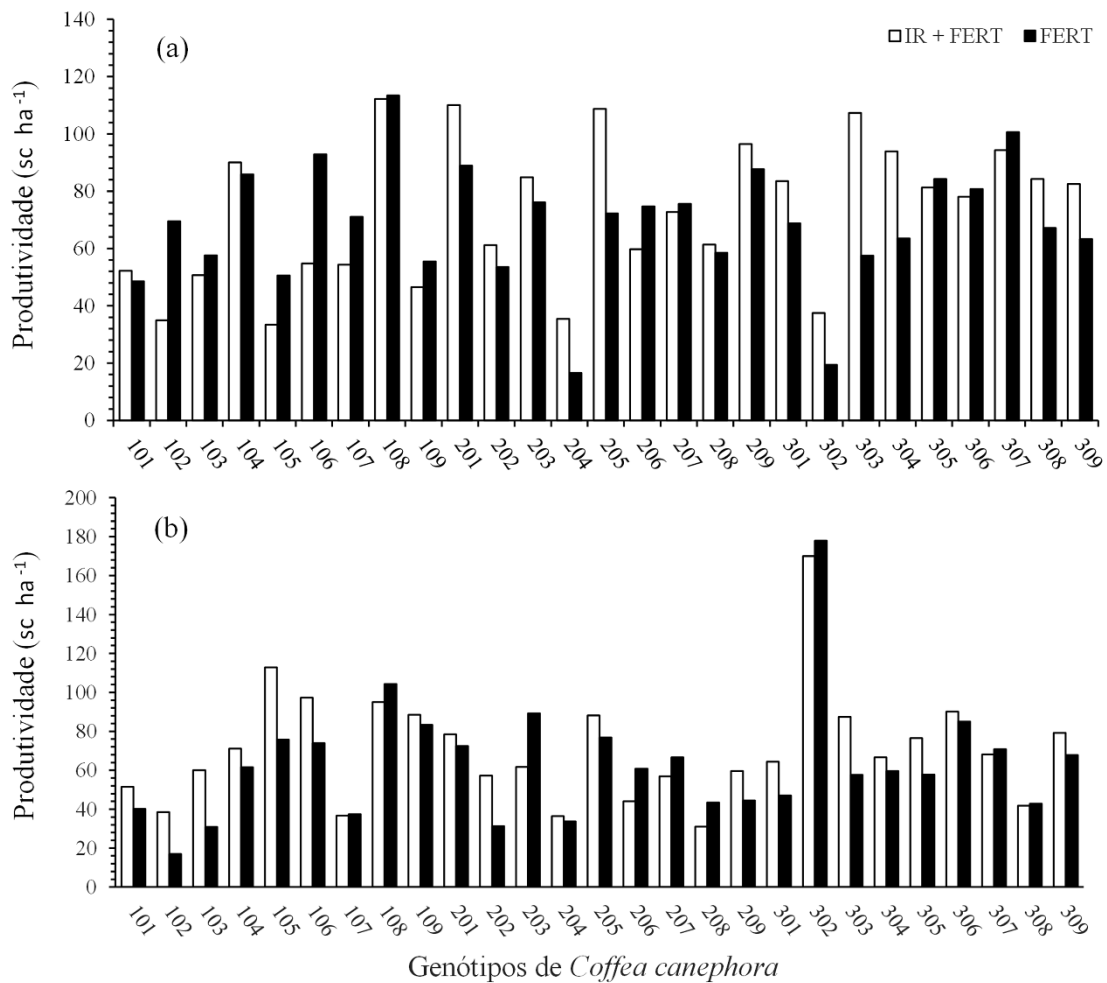


Figura 1. Produtividade média (sc ha⁻¹) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon nas safras 2017-2018 (a) e 2018-2019 (b), cultivados sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT) em altitude de transição.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, quando observada significância das fontes de variação, aplicou-se o critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade, para agrupamento das médias dos genótipos e o Teste F para discriminação das médias entre os manejos hídricos. A análise estatística foi realizada com o auxílio do software de código aberto R (R Core Team, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ciclo produtivo do presente estudo, a precipitação acumulada atingiu valor consideravelmente alto para a região, chegando a 1433 mm (Figura 2). É possível que esse fato tenha reduzido a expressão de variação entre os sistemas de manejo de água no solo em alguns casos. Entretanto, é importante mencionar que a entrada de água no manejo FERT se apresentou irregular ao longo do tempo, podendo não ser aproveitada pelas plantas e não se refletir em ganhos nutricionais devido à ocorrência de períodos intercalados de excesso e escassez hídrica.

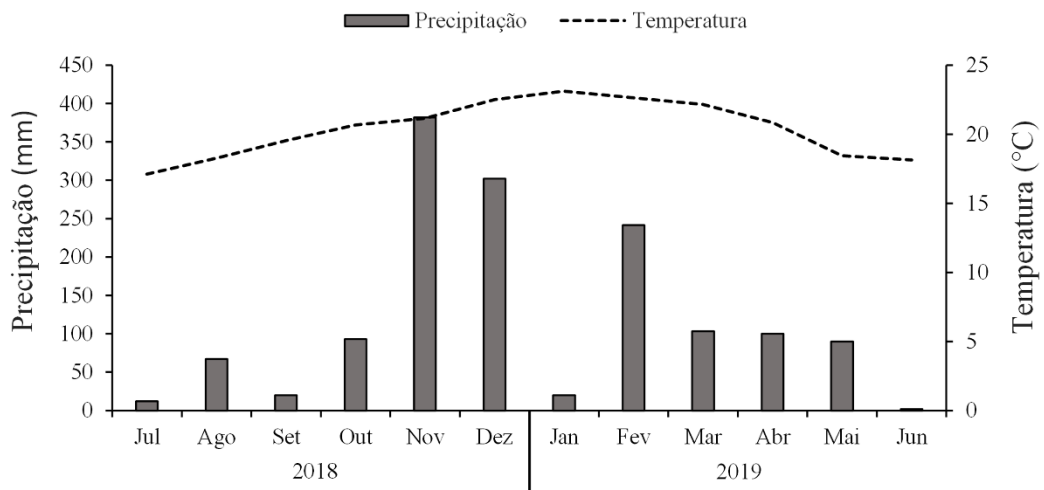


Figura 2. Precipitação acumulada e temperatura média mensal no período de julho de 2018 a junho de 2019 (Lagoa Seca, Alegre – ES).

O maior volume acumulado mensal de precipitação foi verificado no mês de novembro de 2018, ultrapassando os 350 mm de chuva, seguido dos meses de dezembro e fevereiro (Figura 2). Estes períodos são de grande importância para o desenvolvimento do grão, pois é nessa época que se compreendem as fases de expansão e enchimento dos grãos, onde há maior requerimento por água (PARTELLI et al., 2014). Em contrapartida, os menores volumes acumulados de precipitação ocorreram nos meses de junho, julho, setembro e janeiro (Figura 2).

A temperatura média anual no ciclo produtivo foi de 20,4 °C, sendo que as menores temperaturas foram registradas nos meses de junho e julho com 17,1 e 18,1 °C, respectivamente. Deste modo, estes dados demonstram indícios de impedimento térmico no

local de cultivo, causado principalmente pela altitude, já que a temperatura média anual ideal para o desenvolvimento do cafeeiro Conilon fica compreendida entre 22 a 26°C (TAQUES; DADALTO, 2017).

Temperaturas baixas podem afetar diretamente os processos metabólicos da planta, reduzindo a velocidade das reações enzimáticas, promovendo restrições nas taxas fotossintéticas e respiratórias (LARCHER, 2004). Desta forma, o cafeeiro Conilon nessas condições pode atrasar o ciclo, sendo este um reflexo da redução do metabolismo e da velocidade com que ocorrem as reações enzimáticas (COLODETTI et al., 2016).

Temperaturas amenas também são responsáveis por influenciar as taxas de evapotranspiração das culturas que, por sua vez, regulam a entrada de água e de nutrientes que estejam na solução do solo. Deste modo, além dos fatores genéticos e das condições hídricas do solo, a composição mineral dos tecidos vegetais também pode ser alterada pelas baixas temperaturas, conforme observado em café arábica por Laviola et al. (2007). No entanto, com base nas produtividades médias de dois ciclo reprodutivos (Figura 1a e 1b), observou-se que, para alguns genótipos, a restrição térmica não atuou como fator determinante para a produção, visto que vários genótipos apresentaram médias superiores a 80 sacas de café beneficiado por hectare (*e.g.* 105, 106, 108, 109, 203, 205, 302, 303 e 306).

Houve ainda interação significativa entre os fatores (genótipos e manejos de água no solo) para todas as características analisadas, exceto para os teores foliares de N, P e K, conforme demonstrado no resumo da análise variância (Tabela 2). Na ausência de interação, analisou-se o efeito isolado de cada fator. No presente estudo, os coeficientes de variação experimental se encontraram dentro das faixas adequadas para a experimentação agrícola, observando-se valores ligeiramente maiores relacionados ao efeito da parcela (genótipos) do que da subparcela (manejos de água no solo) na maior parte dos casos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os teores nutricionais foliares, conteúdos nutricionais exportados pelos frutos e conteúdos nutricionais total dos ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), de 27 genótipos de cafeeiro Conilon cultivados em altitude de transição e submetidos a dois manejos de água no solo

FV	GL	Quadrados Médios dos Teores Nutricionais Foliares				
		N	P	K	Ca	Mg
Genótipos (G)	26	15,26**	0,17**	104,93**	83,09**	1,39**
Manejo de água (M)	1	118,64**	0,24*	1006,61**	205,57**	0,01 ^{ns}
G × M	26	3,75 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	16,18**	0,24**
CV _{parcela} (%)		10,22	15,76	16,82	14,66	14,57
CV _{subparcela} (%)		8,56	14,64	15,76	11,40	13,61
Média geral (g Kg ⁻¹)		19,49	1,30	22,51	21,22	1,45
FV	GL	Quadrados Médios dos Conteúdos Nutricionais Exportados pelos Frutos				
		N	P	K	Ca	Mg
Genótipos (G)	26	0,28**	0,0021**	0,74**	0,04**	0,001**
Manejo de água (M)	1	1,24**	0,0004 ^{ns}	5,09**	0,12**	0,002**
G × M	26	0,06**	0,0005**	0,15**	0,01**	0,001**
CV _{parcela} (%)		21,39	24,72	21,60	19,25	24,50
CV _{subparcela} (%)		20,95	18,70	19,11	14,73	22,10
Média geral (mg)		754,13	78,53	1203,95	294,86	45,38
FV	GL	Quadrados Médios dos Conteúdos Nutricionais por Ramo Plagiotrópico				
		N	P	K	Ca	Mg
Genótipos (G)	26	0,36**	0,00312**	0,69**	0,241**	0,0025**
Manejo de água (M)	1	2,67**	0,00006 ^{ns}	11,82**	0,017 ^{ns}	0,0041**
G × M	26	0,07**	0,00081**	0,19**	0,043**	0,0005**
CV _{parcela} (%)		13,83	19,63	16,12	12,71	15,32
CV _{subparcela} (%)		14,36	16,45	14,95	12,14	15,59
Média geral (mg)		1255,24	115,92	1753,65	902,72	87,59

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo.

Ao analisar o efeito isolado dos fatores (genótipos ou manejos de água) sobre os teores foliares de N, P e K, notou-se que houve diferenciação significativa entre os manejos de água no solo e os genótipos para as variáveis em questão (Figura 3). Maiores teores foliares de N e K foram observados para o manejo IR+FERT, onde este promoveu acréscimos de 10 e 20% nos teores de N e K, respectivamente, em relação ao manejo FERT (Figura 3a e 3c).

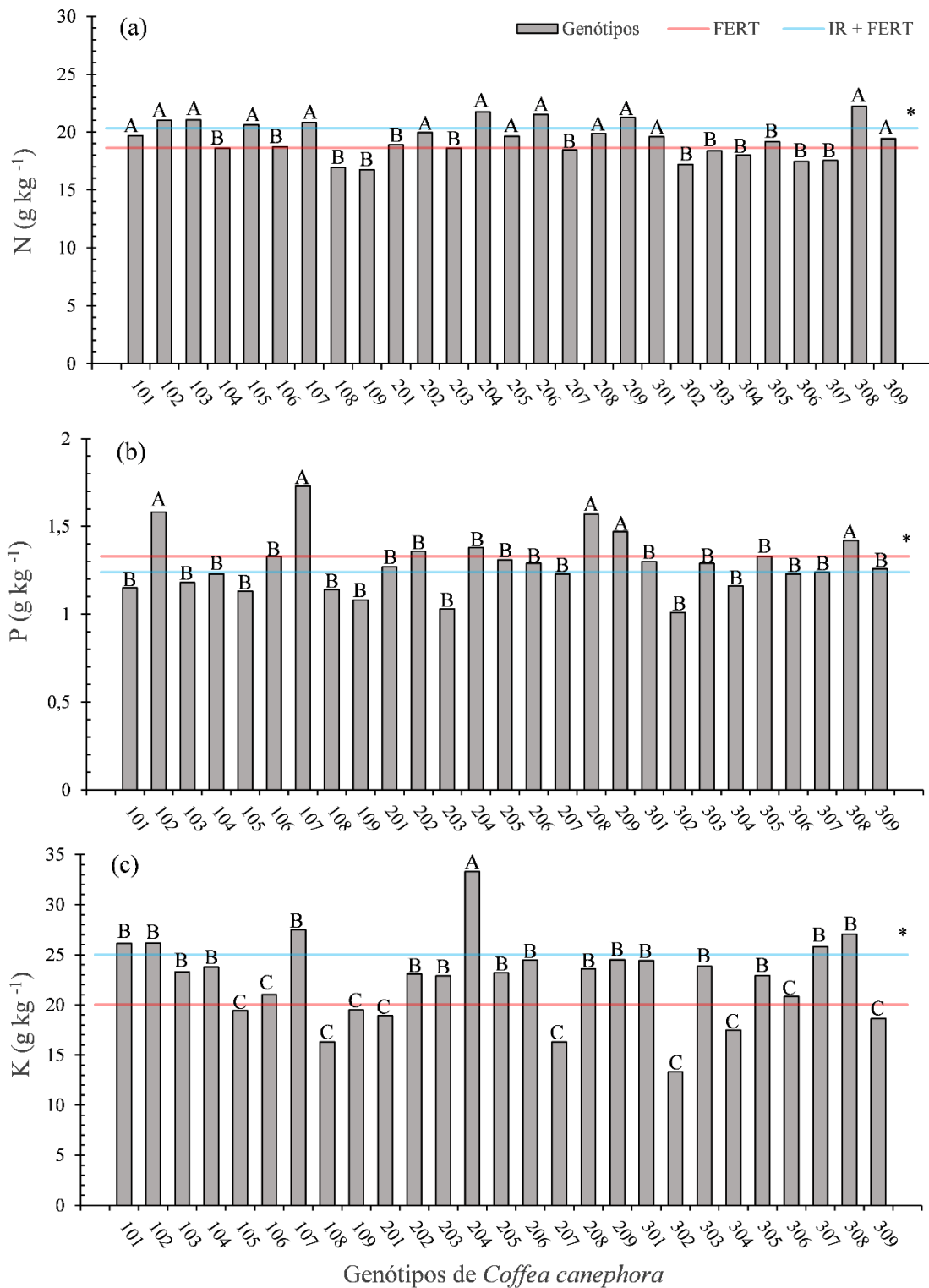


Figura 3. Teores nutricionais foliares de N (a), P (b) e K (c) em 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação entre os genótipos não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott

a 5% de probabilidade. *Diferença significativa entre os manejos de água no solo pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Destaca-se que o teor foliar de N pode estar fortemente associado à capacidade fotossintética das plantas, visto que grande parte desse elemento nas folhas exerce função estrutural de moléculas de clorofila e proteínas envolvidas na etapa de fixação do carbono (TAIZ et al., 2017). Deste modo, o manejo hídrico da irrigação associado à fertirrigação (IR+FERT) proporcionou maior teor foliar de N e, possivelmente, pode elevar o potencial fotossintético da lavoura, como observado por Bote et al. (2018) em café Arábica. Além disso, esse manejo pode reduzir os danos causados pelo excesso de luz, uma vez que o adequado suprimento de N reduz os fotodanos no cafeeiro (POMPELLI et al 2010).

Maiores teores foliares de P foram observados em plantas de cafeeiro Conilon sob o manejo FERT (1,33 g kg⁻¹ de P) do que no manejo IR+FERT (1,24 g kg⁻¹) (Figura 3b). É importante destacar que estas plantas foram submetidas ao manejo FERT desde a primeira safra (2016-2017) e que os efeitos da menor disponibilidade hídrica no solo podem ser cumulativos nas plantas (SILVA et al., 2010). Um desses efeitos é a maior destinação de fotoassimilados para o aprofundamento e expansão do sistema radicular, na estratégia de explorar maior volume de solo em busca por água (FATHI; TARI, 2016). Conseqüentemente, essa estratégia também pode permitir uma maior interceptação de P pelas raízes, justificando os maiores teores foliares deste elemento, uma vez que o movimento do P no solo é limitado e ocorre de forma lenta, por meio do processo de difusão (DU et al., 2013).

Sabe-se que a água é de fundamental importância para a difusão do P no solo (MARSCHNER, 2011). Porém, como observado na Figura 2, o fornecimento de água por meio das precipitações não foi o fator mais limitante no período do estudo. Assim, os níveis satisfatórios de precipitação associados a um possível sistema radicular mais aprofundado possibilitaram os maiores teores foliares de P nas plantas de cafeeiro Conilon cultivadas em altitude de transição.

Ao analisar o fator genótipo em relação ao teor foliar de N, verificou-se a formação de dois grupos de médias (Figura 3a). O grupo com as menores médias foi composto pelos genótipos 104, 106, 108, 109, 201, 203, 207, 302, 303 304, 305, 306 e 307. Possivelmente, essa resposta foi alcançada devido à maior demanda nutricional na formação dos frutos, visto que, todos estes genótipos apresentaram produtividade média superior à 60 sc ha⁻¹ na safra 2018-2019 (Figura 1b). De acordo com Rena e Maestri (1985), os frutos do cafeeiro são considerados os

drenos preferenciais na partição de nutrientes durante a fase reprodutiva, fundamentando esta hipótese.

Para os teores foliares de P, também se observou a formação de dois grupos de médias (Figura 3b). O grupo de maiores médias foi formado pelos genótipos 102, 107, 208, 209 e 308, enquanto os demais genótipos apresentaram as menores médias. Em relação aos teores foliares de K, foi verificada a formação três grupos, com destaque para o genótipo 204, compondo o grupo de maior média. Em contrapartida, os genótipos 105, 106, 108, 109, 201, 207, 302, 304, 306 e 309 integraram o grupo de menores médias (Figura 3c). Os menores teores foliares de K para a maioria destes genótipos podem estar associados à mobilização do nutriente das folhas para os frutos. Além disso, notou-se que os genótipos com os maiores teores de P e K apresentaram produtividade relativamente baixa na safra de 2018-2019, não ultrapassando 45 sc ha^{-1} (Figura 1b), corroborando a hipótese de que houve menor mobilização destes nutrientes (P e K) para os frutos, ocasionando nos maiores teores foliares.

Ao analisar o fator manejo de água no solo dentro dos níveis do fator genótipo, observou-se que o manejo IR+FERT possibilitou ganhos significativos nos teores foliares de Ca dos genótipos 101, 102, 105, 106, 107, 108, 205, 207, 303 e 304, enquanto não houve diferenciação significativa para os demais genótipos (Figura 4a). Em relação aos teores foliares de Mg, os genótipos 101, 105, 106, 108, 205, 207 e 301 apresentaram maiores teores foliares no manejo IR+FERT, enquanto os genótipos 202, 206, 302, 304, 305 e 307 apresentaram os maiores teores no manejo FERT. Para os demais genótipos não houve diferenciação significativa em função do manejo de água no solo (Figura 4b).

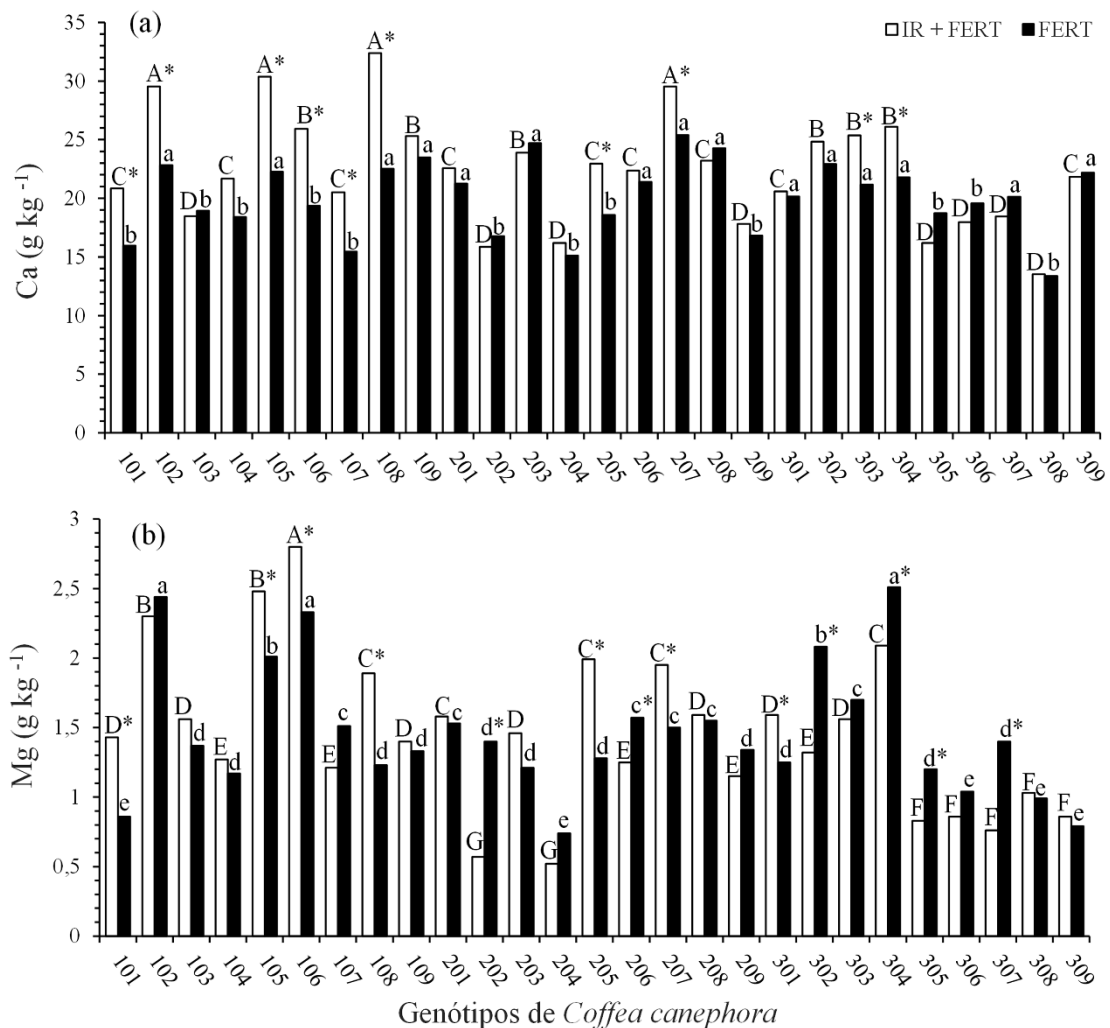


Figura 4. Teores nutricionais foliares de Ca (a) e Mg (b) em 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação entre as médias dos genótipos no manejo IR+FERT ou pela mesma letra minúscula na comparação entre os genótipos no manejo FERT, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * Diferença significativa entre os manejos de água no solo para o mesmo genótipo pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Ao analisar o fator genótipo dentro de cada nível do fator manejo de água no solo, notou-se a ocorrência de maior quantidade de grupos de genótipos para o teor foliar de Ca (quatro grupos de médias) e Mg (sete grupos de médias) no manejo IR+FERT, enquanto houve a formação, respectivamente, de dois e cinco grupos para os teores de Ca e Mg no manejo FERT (Figura 4a e 4b). Estes resultados possibilitaram identificar maior diferenciação entre os genótipos quando manejados com IR+FERT para os respectivos nutrientes. Tal constatação pode ser um

indício de que o ambiente fornecido pelo manejo IR+FERT pode promover a expressão de variabilidade para os parâmetros nutricionais de Ca e Mg e dessa forma contribuir para programas de melhoramento genético do cafeeiro Conilon com base em aspectos nutricionais (FERRÃO et al., 2008)

No manejo IR+FERT, os genótipos 102, 105, 108 e 207 integraram o grupo de maiores médias para o teor foliar de Ca, enquanto os genótipos 103, 202, 204, 209, 305, 306, 307 e 308 formaram o grupo de menores médias (Figura 4a). No manejo FERT, os genótipos 102, 105, 108, 109, 201, 203, 206, 207, 208, 301, 302, 303, 304, 307, 309 e os genótipos 101, 103, 104, 106, 107, 202, 204, 205, 209, 305, 306 e 308, compuseram os grupos de maiores e menores médias dos teores de Ca nas folhas, respectivamente. Para os teores foliares de Mg no manejo IR+FERT, o genótipo 106 formou o grupo de maior média, enquanto os genótipos 202 e 204 o grupo de menores médias. No manejo FERT, os genótipos 102, 106 e 304 integraram o grupo com as maiores médias, e os genótipos 101, 204, 306, 308 e 309 compuseram o grupo de menores médias do teor foliar de Mg (Figura 4b).

Por meio desses resultados percebe-se que a imposição dos manejos de água no solo influenciou o teor foliar de todos os nutrientes (Figuras 3 e 4), sendo que o manejo FERT afetou negativamente o teor foliar nutricional da maior parte dos nutrientes estudados. Estes resultados podem ser melhor compreendidos, uma vez que a água é o principal veículo de entrada de nutrientes nas plantas (MARSCHNER, 2011; TAIZ et al., 2017). Sendo assim, o manejo que teve menor disponibilidade de hídrica (FERT) teve como consequência o menor teor nutricional nas folhas, com exceção apenas dos teores de P e os teores de Mg de alguns genótipos.

Observou-se que os teores nutricionais foliares encontrados no presente estudo (Figuras 3 e 4), encontram-se dentro da faixa de suficiência determinada para o cafeeiro Conilon: N (23,1 - 28,7 g kg⁻¹), P (1,01 - 1,44 g kg⁻¹), K (9,90 - 14,9 g kg⁻¹), Ca (15,2 - 26,5 g kg⁻¹) e Mg (2,57 - 4,65 g kg⁻¹) (PARTELLI et al., 2016), com exceção do N e do Mg. Entretanto, vale ressaltar que a classificação quanto à faixa suficiência dos teores nutricionais foliares descrita na literatura é referente ao período do ano em que o cafeeiro se encontra na fase de pré-florada e não na maturação, como foi realizado neste experimento. De acordo com Prezotti e Bragança (2013), os teores de macronutrientes sofrem diminuições em vários tecidos da planta após a floração, devido à remobilização desses nutrientes. O baixo teor foliar de N e Mg (Figura 3a e Figura 4b), pode ter sido ocasionado em função da alta demanda nutricional exigida para o crescimento e desenvolvimento dos frutos, sobretudo nas fases de expansão e enchimento

(PARTELLI et al., 2014). Covre et al. (2018b) observaram decréscimo acentuado nos teores desses nutrientes em folhas de café Conilon, conforme os frutos se desenvolviam, atribuindo esse fato a translocação desses nutrientes das folhas para os frutos.

Ao analisar o fator manejo de água no solo dentro dos níveis do fator genótipo, quanto ao conteúdo nutricional exportados pelos frutos contidos em um ramo plagiotrópico (Figura 5), notou-se que o manejo IR+FERT favoreceu significativamente tanto o conteúdo de N nos genótipos 102, 103, 104, 107, 108, 202, 209, 301, 302, 303, 307 e 309 (Figura 5a), quanto de P nos genótipos 102, 104 e 209 (Figura 5b), bem como de K nos genótipos 102, 104, 105, 106, 108, 201, 209, 302, 303, 304, 307, 308, e 309 (Figura 5c).

Desta forma, foi possível observar que o manejo IR+FERT possibilitou o aumento do conteúdo nutricional de N, P e K dos frutos nos genótipos de cafeeiro Conilon. É importante destacar que os genótipos 102, 104 e 209 apresentaram maior conteúdo nutricional para os três nutrientes simultaneamente (Figura 5). Estes resultados revelam que houve maior exportação desses nutrientes por ramo plagiotrópico quando as plantas foram cultivadas no manejo IR+FERT, visto que os nutrientes presentes nos frutos não retornam à área de cultivo. Diante desse conhecimento, destaca-se a relevância de separar áreas com diferentes manejos de água no solo no momento de coleta do solo para análises nutricionais, visto que a exportação de nutrientes da área pode ser influenciada por esse fator.

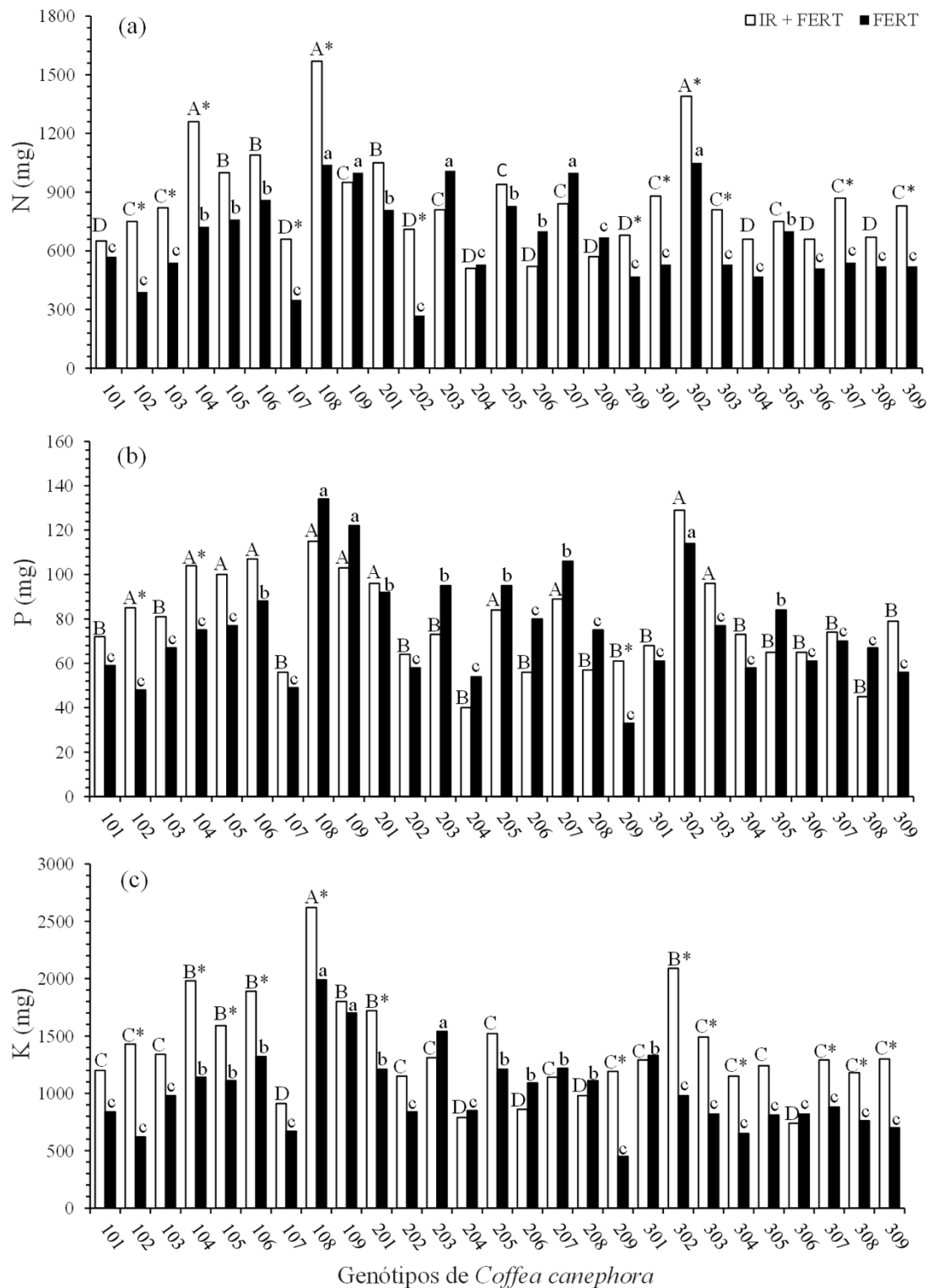


Figura 5. Conteúdo nutricional de N (a), P (b) e K (c) exportados pelos frutos maduros de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação entre médias dos genótipos no manejo IR+FERT ou pela mesma letra minúscula na comparação entre genótipos no manejo FERT,

não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * Diferença significativa entre os manejos de água no solo para o mesmo genótipo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Analisando o fator genótipo dentro dos níveis do fator manejo de água no solo para o conteúdo nutricional exportado pelos frutos (Figura 5), observou-se que no manejo IR+FERT houve formação de quatro grupos de médias quanto ao conteúdo de N, enquanto que no manejo FERT os genótipos se agruparam em apenas três grupos (Figura 5a). Os genótipos 104, 108 e 302 foram os que mais se destacaram formando o grupo de maiores médias no manejo IR+FERT, enquanto que as menores médias ficaram com os genótipos 101, 107, 202, 204, 206, 208, 209, 304, 306 e 308. No manejo FERT, o grupo de maiores e menores média foram compostos pelos genótipos 108, 109, 203, 207, 302 e pelos genótipos 101, 102, 103, 107, 202, 204, 208, 209, 301, 303, 304, 306, 307, 308 e 309, respectivamente (Figura 5a). Tais resultados enfatizam a diferença do comportamento nutricional e produtivo entre os materiais por conta dos diferentes manejos de água no solo.

Em relação ao conteúdo de P nos frutos no manejo IR+FERT (Figura 5b), verificou-se formação de apenas dois grupos, sendo o grupo de maiores médias formado pelos genótipos 102, 104, 105, 106, 108, 109, 201, 205, 207, 302 e 303, variando entre 96 a 129 mg de P. O grupo de menores médias para esses mesmo manejo foi formado pelos demais genótipos, variando entre 40 e 81 mg de P. No manejo FERT os genótipos formaram três grupos, sendo que os genótipos 108, 109, 302, e os genótipos 101, 102, 103, 104, 105, 107, 202, 204, 206, 208, 209, 301, 303, 304, 306, 307 308 e 309 os que compuseram os grupos de maiores e menores médias, respectivamente.

No que se refere ao conteúdo de K exportado pelos frutos, no manejo IR+FERT a maior média foi encontrada no genótipo 108 (Figura 5c). Este apresentou conteúdo de 2620 mg de K acumulado nos frutos. As menores médias encontradas neste manejo foram nos genótipos 107, 204, 206, 208 e 306. Para o manejo FERT os genótipos se agruparam em três grupos, sendo as maiores médias encontradas nos genótipos 108, 109 e 203 e as menores nos genótipos 101, 102, 103, 107, 202, 204, 209, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309, com médias entre 1540 e 2000 mg de K.

Sabe-se que o K desempenha papel fundamental na ativação enzimática nas células, induzindo alterações na conformação enzimática (MARSCHNER, 2011). Entretanto, de acordo com Clemente et al. (2015), a adubação potássica tem um efeito positivo no aumento

da produção de cafeína, fenóis totais, açúcares redutores e açúcares totais de frutos de cafeeiro arábica. Além disso, também pode atuar diminuindo a acidez total titulável. Isto gera a hipótese de que o maior conteúdo de K nos frutos resulta em maior produção destes compostos também em cafeeiro Conilon.

Estudando o fator manejo água no solo dentro dos níveis do fator genótipo, para o conteúdo nutricional de Ca dos frutos (Figura 6a), verificou-se que o manejo FERT influenciou positivamente o acúmulo desse nutriente nos genótipos 106, 109, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 302, 305 e 308, enquanto que os genótipos 209 e 309 obtiveram ganhos significativos no manejo IR+FERT. O comportamento deste nutriente se mostrou contrário a todos os demais, pois houve aumento na exportação sob condições de menor disponibilidade hídrica (FERT).

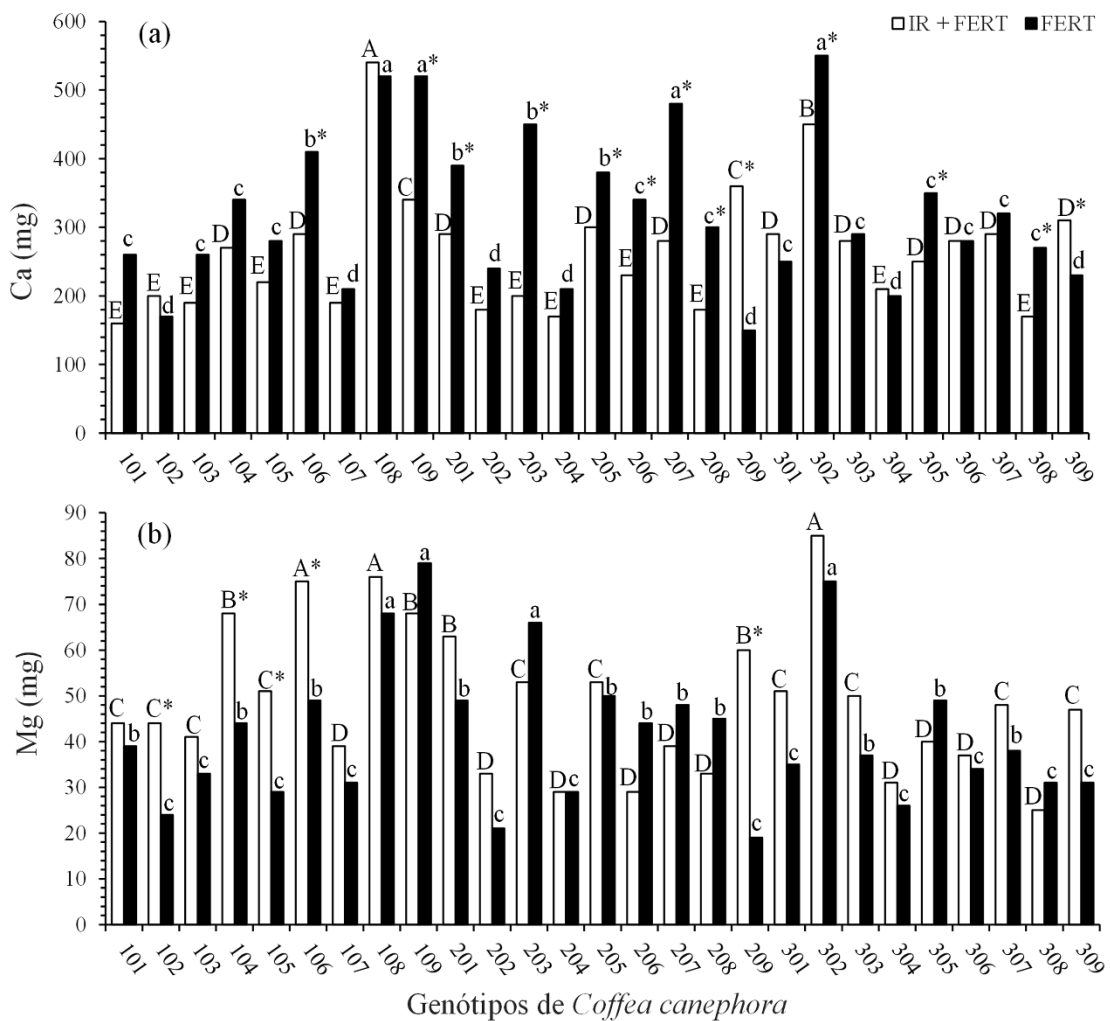


Figura 6. Conteúdo nutricional de Ca (a) e Mg (b) exportados pelos frutos maduros de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação

(IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação entre médias dos genótipos no manejo IR+FERT ou pela mesma letra minúscula na comparação entre genótipos no manejo FERT, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * Diferença significativa entre os manejos de água no solo para o mesmo genótipo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Ainda sobre o fator manejo de água no solo, dentro dos níveis do fator genótipos, observa-se que o manejo IR+FERT favoreceu o acúmulo de Mg nos frutos (Figura 6b), nos genótipos 102, 104, 106 e 209. Todos os demais genótipos não alcançaram diferença estatística em função do manejo de água no solo.

Avaliando o fator genótipos dentro dos níveis do fator manejo de água no solo, notou-se formação de cinco grupos em relação ao conteúdo de Ca nos frutos no manejo IR+FERT (Figura 6a). O genótipo 108 e os genótipos 101, 102, 103, 105, 107, 202, 203, 204, 206, 208, 304 e 308 foram os grupos de maior e menores médias, respectivamente. No manejo FERT, houve formação de apenas quatro grupos e os maiores conteúdos de Ca exportado pelos frutos foram encontrados nos genótipos 108, 109, 207 e 302 e os menores nos genótipos 102, 107, 202, 204, 209, 304 e 309. Foi possível verificar que, independentemente do manejo de água, a maior parte dos genótipos se localizou nos dois últimos grupos de menores médias.

Para o conteúdo de Mg nos frutos, verificou-se formação de três e quatro grupos de médias para os manejos FERT e IR+FERT, respectivamente (Figura 6b). No manejo IR+FERT os genótipos 106, 108 e 302 compuseram o grupo de maior média, e os genótipos 107, 202, 204, 206, 207, 208, 304, 305, 306 e 308 formaram o grupo de menores médias. No manejo FERT, foram os genótipos 108, 109, 203, e 302 que apresentaram as melhores médias e os genótipos 102, 103, 105, 107, 202, 204, 209, 301, 304, 306, 308 e 309 que apresentaram as menores médias.

No presente trabalho, o genótipo 108 foi o material que mais se destacou em virtude da enorme capacidade de exportação de nutrientes pelos frutos, visto que, em ambos os manejos de água no solo utilizados, esse genótipo foi o único que integrou o primeiro grupo de médias para todos os nutrientes estudados (Figura 5 e Figura 6), indicando ser um material com maior potencial de extração e acumulação de nutrientes nos frutos, nas condições de altitude de transição. Isso pode ser explicado pela alta produtividade que este genótipo apresentou nas safras de 2017-2018 e 2018-2019, com produtividades médias superior a 100 sc ha^{-1} nas condições de altitude de transição (Figura 1). Este genótipo se destaca pela alta capacidade de

produção, como observado por Colodetti 2019, apresentando produtividade média de quatros anos de 103 sc ha^{-1} , indicando grande potencial de exportação de nutrientes.

Outro genótipo que merece ênfase é o 302, pois também fez parte do grupo de maiores médias na exportação de N, P, e Mg, em ambos os manejos de água no solo, e segundo grupo de médias na exportação de K e Ca no manejo IR+FERT, evidenciando também grande capacidade de acumulação de nutrientes no órgão de interesse econômico (Figura 5 e Figura 6). Também é relevante destacar o genótipo 109, que se encontra no primeiro grupo quanto à extração de todos os nutrientes, porém, especificamente no manejo FERT, esse genótipo se destacou dos demais quando submetido ao manejo de água no solo de menor disponibilidade hídrica.

Nesse sentido, os genótipos 108, 109 e 302 demonstraram grande capacidade de alocar nutrientes nos frutos, sendo este fato de grande importância, já que o conteúdo nutricional dos frutos interfere na qualidade do produto final. De acordo com Martinez et al. (2014), os nutrientes no fruto exercem papel fundamental na qualidade final do café, por duas principais razões: a primeira delas é a função direta no metabolismo da planta, que ocasiona o acúmulo de compostos químicos desejáveis, que atua melhorando o aroma e o sabor; a segunda é a atuação de forma indireta, visto que favorece a produção de compostos que inibem o desenvolvimento microbiano nos grãos.

Também é importante destacar que o conteúdo nutricional dos frutos está diretamente relacionado com a biomassa total dos mesmos. Desta forma, na Figura 1b, observa-se que a produção do genótipo 302 foi superior 34%, no mínimo, em relação a qualquer outro genótipo na safra 2018-2019. Isso indica que o maior conteúdo nutricional foi alcançado pela maior produção de biomassa e não pela maior concentração nutricional nos frutos.

Outro ponto que deve ser cuidadosamente analisado é a necessidade nutricional dos genótipos. De acordo com Christo (2017), a partir do momento em que se identifica genótipos com maior potencial de exportação de nutrientes, eleva-se a atenção para as necessidades nutricionais deste genótipo, visto que quanto maior a exportação de nutriente, maior a demanda nutricional do genótipo. Caso a demanda nutricional de determinado genótipo não seja completamente suprida, poderá haver perdas de produtividade e depauperamento da lavoura pela falta de nutrientes para suprir o metabolismo que sustenta o crescimento vegetativo e reprodutivo (MESQUITA et al. 2016).

Além disso, o conhecimento destas características apresenta grande relevância para os programas de melhoramento genético da espécie, o que viabiliza o agrupamento de genótipos segundo a capacidade de exportação de nutrientes para compor novas cultivares, permitindo no futuro especificar adaptações para o manejo nutricional para cada cultivar de cafeeiro Conilon, com base em suas exigências nutricionais.

Verificando os efeitos do fator manejo de água no solo, dentro dos níveis do fator genótipos, para o conteúdo nutricional dos ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos), notou-se que novamente o manejo IR+FERT garantiu ganhos significativos no conteúdo nutricional de N, P e K (Figura 7). Maior acúmulo de N nos ramos plagiotrópicos foi detectado nos genótipos 102, 104, 106, 107, 108, 201, 209, 301, 302, 303, 304, 307 e 309, sendo que todos os demais genótipos não alcançaram diferença estatística para esse nutriente em função do manejo de água (Figura 7a).

O manejo IR+FERT promoveu ganhos significativos no conteúdo de P dos ramos plagiotrópicos dos genótipos 102, 104, 106, 209, 302, 303, 304 (Figura 7b) e no conteúdo de K nos genótipos 101, 102, 104, 106, 108, 201, 202, 209, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307 e 309 (Figura 7c), e os demais genótipos não apresentaram diferença estatística. Vale destacar que os genótipos 102, 104, 106, 209, 302, 303 e 304 apresentaram acúmulo significativamente maior para N, P e K simultaneamente (Figura 7a, 7b e 7c) no manejo IR+FERT. De posse desses resultados, pode-se inferir que os genótipos supracitados ganharam maior destaque quando submetidos a uma maior disponibilidade hídrica (IR+FERT) na altitude de transição.

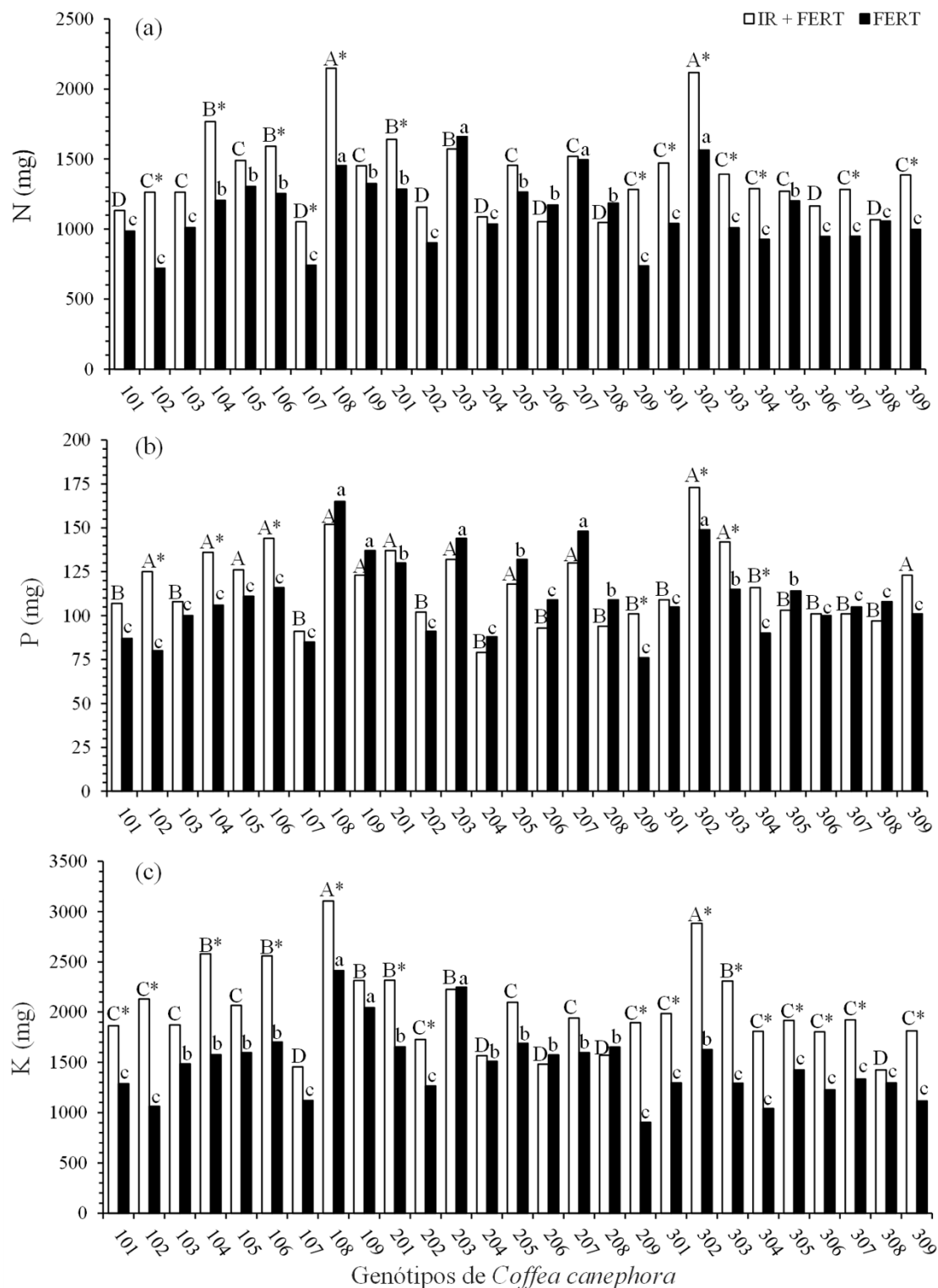


Figura 7. Conteúdo nutricional de N (a), P (b) e K (c) em ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação entre médias dos genótipos no manejo IR+FERT ou pela mesma letra minúscula na comparação entre

genótipos no manejo FERT, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * Diferença significativa entre os manejos de água no solo para o mesmo genótipo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Ao analisar o fator genótipo dentro dos níveis do fator manejo de água no solo, para o conteúdo nutricional dos ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos), observou-se que o manejo IR+FERT promoveu agrupamento dos genótipos em quatro grupos quanto ao conteúdo de N, sendo que o grupo de maior destaque foi formado pelos genótipos 108 e 302 apenas, com acúmulo variando de 2118 a 2148 mg de N por ramo (Figura 7a). Em contrapartida, o grupo de genótipos com menor conteúdo de N acumulado nos ramos plagiotrópicos foi constituído pelos genótipos 101, 107, 202, 204, 206, 208, 306 e 308, com acúmulo entre 1046 a 1164 mg de N por ramo. Já no manejo FERT, houve formação de três grupos, no qual os genótipos 108, 203, 207 e 302, e os genótipos 101, 102, 103, 107, 202, 204, 209, 301, 303, 304, 306, 307, 308 e 309 compuseram os grupos de maiores e menores médias, respectivamente (Figura 7a).

No tocante ao conteúdo de P dos ramos plagiotrópicos, houve formação de três grupos no manejo FERT, e destacaram-se os genótipos 108, 109, 203, 207 e 302 como grupo de maiores médias, entre 137 e 165 mg de P por ramo (Figura 7b). No manejo IR+FERT, verificou-se ocorrência de apenas dois grupos, sendo os genótipos 102, 104, 105, 106, 108, 109, 201, 203, 205, 207, 302, 303 e 309 os que mais se destacaram, formando o primeiro grupo (Figura 7b). Vale ressaltar que esta é uma importante característica a ser considerada, uma vez que o P é um dos elementos minerais com grande capacidade de limitar a produção de biomassa das plantas, sobretudo em regiões tropicais (NOVAIS et al., 2007).

O manejo IR+FERT promoveu a formação de quatro grupos de médias quanto ao conteúdo de K dos ramos plagiotrópicos, sendo que os genótipos 108 e 302, e os genótipos 107, 204, 206, 208 e 308 compuseram o primeiro e o último grupo de médias, respectivamente (Figura 7c). Já no manejo FERT, os genótipos de destaque foram 108 e 109, formando o grupo de maior média, e os genótipos 101, 102, 107, 202, 209, 301, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309 compondo o grupo de menores médias.

Estudando os efeitos do fator manejo água no solo dentro dos níveis do fator genótipo para o conteúdo nutricional dos ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos), detectou-se que o manejo IR+FERT também possibilitou ganhos significativos para Ca e Mg em alguns dos genótipos (Figura 8). Os genótipos 102, 108, 303 e 304 foram os únicos que obtiveram

aumentos significativos no conteúdo de Ca neste manejo (Figura 8a). Já para o conteúdo de Mg, os genótipos 102, 105, 106, 108 e 209 foram os de maior destaque, com médias significativamente maiores no manejo IR+FERT (Figura 8b). Todos os demais genótipos não exibiram diferença significativa.

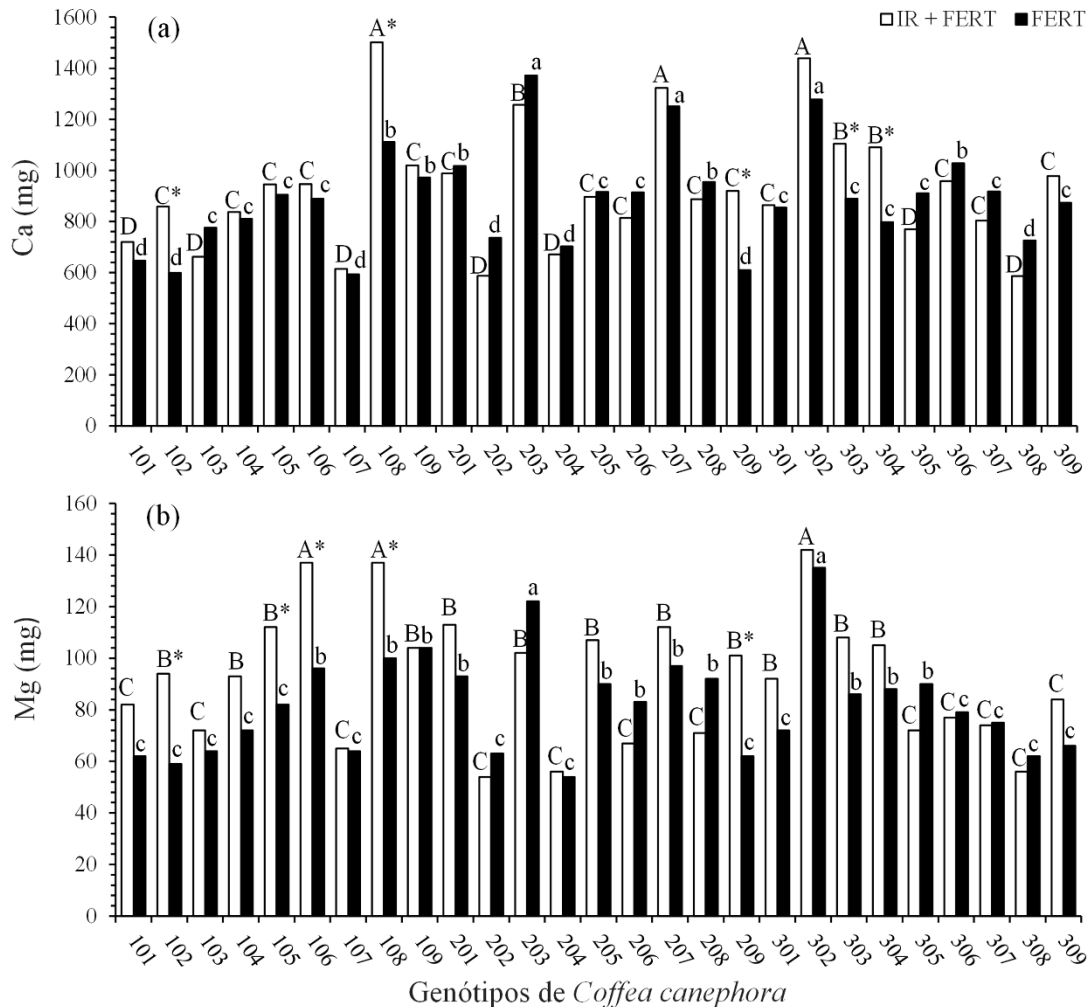


Figura 8. Conteúdo nutricional de Ca (a) e Mg (b) em ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon sob dois manejos de água no solo, Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) e apenas Fertirrigação (FERT), cultivados em altitude de transição. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na comparação entre médias dos genótipos no manejo IR+FERT ou pela mesma letra minúscula na comparação entre genótipos no manejo FERT, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * Diferença significativa entre os manejos de água no solo para o mesmo genótipo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Examinando os efeitos do fator genótipo dentro dos níveis do fator manejo de água no solo para o conteúdo nutricional de Ca e Mg nos ramos plagiotrópicos (Figura 8), também se observou diferença estatística entre os genótipos, possibilitando o agrupamento destes. Para o conteúdo de Ca dos ramos, verificou-se formação de quatro grupos em ambos os manejos (Figura 8a). No manejo IR+FERT as maiores médias foram encontradas nos genótipos 108, 207 e 302, enquanto as menores médias ficaram com os genótipos 101, 103, 107, 202, 204, 305 e 308. Ao mesmo tempo, no manejo FERT as maiores e as menores médias foram detectadas nos genótipos 203, 207, 303 e os genótipos 101, 102, 107, 202, 204, 209 e 308, respectivamente. Note que, apesar do mesmo número de grupos para os dois manejos, a composição dos grupos não procedeu com os mesmos genótipos, enfatizado a influência dos manejos de água no solo e das características genéticas no acúmulo de nutrientes nos ramos plagiotrópicos em cafeeiro Conilon.

De acordo com Fageria (1998), a variação genética é um dos principais fatores que promove diferenças na nutrição mineral de genótipos da mesma espécie vegetal. Entretanto, resultados encontrados por Starling et al. (2018) também indicam que a disponibilidade hídrica no solo pode afetar a composição nutricional de cafeeiro Conilon.

No que diz respeito ao conteúdo de Mg dos ramos, também se observou mesmo número de grupos para os dois manejos de água no solo, com destaque principal para os 106, 108 e 302 no manejo IR+FERT, e os genótipos 203 e 302 no manejo FERT, alcançando as maiores médias. As menores médias foram encontradas nos genótipos 101, 103, 107, 202, 204, 206, 208, 305, 306, 307, 308, 309, e os genótipos 101, 102, 103, 104, 105, 107, 202, 204, 209, 301, 306, 307, 308 e 309 nos manejos IR+FERT e FERT, respectivamente.

Notou-se que, novamente, os genótipos 108 e 302 se destacam dos demais, apresentando maior acúmulo de nutrientes em seus ramos plagiotrópicos (Figuras 7 e 8). O genótipo 203 também ganhou destaque, porém foi exclusivamente no manejo FERT, obtendo as maiores médias para todos os nutrientes estudados (Figuras 7 e 8). Possivelmente esse genótipo possui características genéticas que lhe permitem um maior acúmulo nutricional em seus ramos sob manejo apenas fertirrigado (FERT). Particularmente, foi o único a alcançar maior conteúdo nutricional de N, P, K, Ca e Mg neste manejo, nas condições de altitude marginal.

Outros genótipos que também merecem destaque, porém com capacidade intermediária de acumular nutrientes em seus ramos plagiotrópicos, são os 104, 106 e 201 para os nutrientes N, P e K (Figura 7), e o genótipo 207 para os nutrientes Ca e Mg (Figura 8). De modo geral, houve grande diferença entre o comportamento nutricional dos genótipos, independente do

fator analisado (manejo de água no solo ou genótipos). Starling et al. (2018) também observaram grande variabilidade no comportamento nutricional do café sob duas disponibilidades hídricas no qual também atribuíram este fato principalmente a grande diversidade genética presente na espécie *C. canephora*.

De posse desses resultados, ainda é possível especular a quantidade de nutrientes que serão reciclados após a colheita, com a poda dos ramos plagiotrópicos que ultrapassaram 70% da sua capacidade produtiva. Para isso, basta retirar o conteúdo nutricional exportado pelos frutos do conteúdo nutricional total do ramo plagiotrópico, obtendo assim o conteúdo potencial de nutrientes que poderão ser reciclados.

Neste estudo foi possível notar comportamento diferenciado entre os genótipos de cafeeiro Conilon tanto em relação ao teor nutricional foliar quanto no conteúdo nutricional exportado pelos frutos e conteúdo nutricional dos ramos plagiotrópicos (caule + folhas + frutos), evidenciando características intrínsecas dos genótipos. Da mesma forma, também observou-se grande variação dos genótipos de uma mesma cultivar, não havendo nenhuma tendência de comportamento em comum dentro dos genótipos de um mesmo ciclo de maturação.

Tendo em vista que as características genéticas são os principais fatores que promovem alteração na composição mineral dos tecidos vegetais e que o manejo de água no solo também pode exercer grandes influências nesse quesito, devido as interações que ocorrem entre genótipo e ambiente, é de grande importância o conhecimento do comportamento nutricional dos genótipos de cafeeiro Conilon nestas condições, sobretudo em altitude de transição. Dessa forma, há possibilidade de se traçarem estratégias de melhorias e adequações nos temas referentes ao manejo nutricional desta cultura e, além disso, expandir o cultivo para regiões de altitudes marginais, partindo de genótipos melhorados que já apresentam um conjunto de características de interesse agrônomo para regiões baixas.

5. CONCLUSÕES

A altitude de transição proporciona temperatura média anual abaixo do ideal para o cultivo do cafeeiro Conilon, entretanto não foi um fator limitante para a produção dos genótipos estudados.

O manejo de água no solo influencia o comportamento nutricional dos genótipos de cafeeiro Conilon cultivados em altitude de transição, sendo que o manejo Irrigação + Fertirrigação (IR+FERT) promove ganhos nos teores foliares de N, K, Ca e Mg, conteúdo nutricional

exportado pelos frutos de N, P, K e Mg e o conteúdo nutricional total do ramo plagiotrópico de N, P, K, Ca, e Mg.

Os genótipos estudados apresentam aspectos nutricionais distintos em resposta aos manejos de água no solo, não havendo nenhum comportamento em comum para os genótipos de uma mesma cultivar. Os genótipos 108 e 302 se destacam sobretudo quanto ao maior conteúdo nutricional exportado pelos frutos, independentemente do manejo de água.

Os genótipos 109 e 203 ganharam destaque no manejo Fertirrigação (FERT) quanto ao conteúdo nutricional exportados pelos frutos e conteúdo total dos ramos plagiotrópicos, respectivamente, parecendo não apresentar ganhos nutricionais com o emprego da irrigação.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.

BOTE, A. D.; ZANA, Z.; OCHO, F. L.; VOS, J. Analysis of coffee (*Coffea arabica* L.) performance in relation to radiation level and rate of nitrogen supply II. Uptake and distribution of nitrogen, leaf photosynthesis and first bean yields. **European Journal of Agronomy**, v. 92, p. 107-114, 2018.

BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 89-101, 2015.

CARVALHO, H. P.; NETO, D. D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**. v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.

CENCI, A.; COMBES, M.; LASHERMES, P. Genome evolution in diploid and tetraploid *Coffea* species as revealed by comparative analysis of orthologous genome segments. **Plant Molecular Biology**, v. 78, n. 1, p. 135-145, 2012.

CHRISTO, Bruno Fardim. **Caracterização de clones de cafeeiro conilon em sistema consorciado com coqueiro-anão**. 2017. 38f. Dissertação (Mestrado) – Programa de

Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2017.

CLEMENTE, J. M.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVES, L. C.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 297-305, 2015.

COLODETTI, T. V. **Biometria, produtividade e fotossíntese de genótipos de Coffea canephora selecionados para qualidade de bebida**. 2019. 115 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2019.

COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; ERLACHER, W. A.; STARLING, L. C. T.; TOMAZ, M. A. Aspectos gerais do cultivo de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* em altitudes marginais. In: FERREIRA, A.; LOPES, J. C.; FERREIRA, M. F. S.; SOARES, T. C. B. (Org.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI**. Alegre: CAUFES, 2016. p. 342-362.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D, TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 12, p. 1648, 2014.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; VERDIN FILHO, A. C. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal Of Agricultural Research**, v. 10, n. 32, p. 3150-3156, 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Café**. Brasília: Conab, v. 6, n. 4, 2020 48p.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GONTIJO, I. Micronutrients in the fruits and leaves of irrigated and non-irrigated coffee plants. *Journal of plant nutrition*, v. 41, n. 9, p. 1119-1129, 2018a

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L. BONOMO, R.; COCHICHO, J. Impacts of water availability on macronutrients in fruit and leaves of Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 1025-1037, 2018b.

COVRE, A. M.; CANAL, L.; PARTELLI, F. L.; ALEXANDRE, R. S.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H. D. Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 3, p. 385-392, 2016a.

COVRE, A. M.; RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; BRAUN, H.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Nutrient accumulation in bean and fruit from irrigated and non-irrigated *Coffea canephora* cv. Conilon. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 28, n. 6, p. 402-409, 2016b.

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.

DENOEUDE, F.; CARRETERO-PAULET, L.; DEREPPER, A.; DROC, G.; GUYOT, R.; PIETRELLA, M.; ZHENG, C.; ALBERTI, A.; ANTHONY, F.; APREA, G.; AURY, J. M.; BENTO, P.; BERNARD, M.; BOCS, S.; CAMPA, S.; CENCI, A.; COMBES, M. C.; CROUZILLAT, D.; SILVA, C.; DADDIEGO, L.; BELLIS, F.; DUSSERT, S.; GARSMEUR, O.; GAYRAUD, T.; GUIGNON, V.; JAHN, K.; JAMILLOUX, V.; JOËT, T.; LABADIE, K.; LAN, T.; LECLERCQ, J.; LEPELLEY, M.; LEROY, T.; LI, L. T.; LIBRADO, P.; LOPEZ, L.; MUÑOZ, A.; NOEL, B.; PALLAVICINI, A.; PERROTTA, G.; PONCET, V.; POT, D.; PRIYON, O.; RIGOREAU, M.; ROUARD, M.; ROZAS, J.; TRANCHANTDUBREUIL, C.; VANBUREN, R.; ZHANG, Q.; ANDRADE, A. C.; ARGOUT, X.; BERTRAND, B.; KOCHKO, A.; GRAZIOSI, G.; HENRY, R. J.; JAYARAM, A.; MING, R.; NAGAI, C.; ROUNSLEY, S.; SANKOFF, D.; GIULIANO, G.; ALBERT, V. A.; WINCKER, P.; LASHERMES, P. The coffee genome provides insight into the convergent evolution of caffeine biosynthesis. **Science**, v. 345, n. 1, p. 1181-1184, 2014.

DU, Z.-Y.; WANG, Q.-H.; LIU, F.-C.; MA, H.-L.; MA, B.-Y.; MALHI, S. S. Movement of Phosphorus in a Calcareous Soil as Affected by Humic Acid. **Pedosphere**, v. 23, n. 2, p. 229-235, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa**. Rio de Janeiro, 41p. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema**

brasileiro de classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FATHI, A.; TARI, D. B. Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. **International Journal Of Life Sciences**, v. 10, n. 1, p.1-6, 2016.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A; CECON, P. R; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P.C.S; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos café conilon. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G; MUNER, L. H. **Café Conilon.** 2 ed. Vitória: Incaper, 2017.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; DeMUNER, L.H.; LANI, J.A.; PREZOTTI, L.C.; VENTURA, J.A.; MARTINS, D.S.; MAURI, A.L.; MARQUES, E.M.G.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas.** 4^a ed. Vitória: Incaper, 2012.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. DA; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAVIM, A. J. B.; MORELLI, A. P. **Diamante Incaper ES8112: nova variedade clonal de café conilon de maturação precoce para o Espírito Santo.** (Incaper, documento. 220c), p. 6, 2013a.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. DA; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAVIM, A. J. B.; MORELLI, A. P. **Centenária Incaper ES8132: nova variedade clonal de café conilon de maturação tardia para o Espírito Santo.** (Incaper, documento. 220c), p. 6, 2013b.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. DA; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAVIM, A. J. B.; MORELLI, A. P. **Jequitibá Incaper ES8122: nova variedade clonal de café conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo.** (Incaper, documento. 220c), p.

6, 2013c.

GILES, J. A. D.; FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; AOYAMA, E. M.; RAMALHO, J. C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A. R. Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Scientia Horticulturae**, v. 245, n. 1, p. 231-236, 2019.

HERRERA, J. C.; LAMBOT, C. The Coffee Tree-Genetic Diversity and Origin. In. FOLMER, B (Org.). **The Craft and Science of Coffee**, ed. Academic Press., 2017, p. 1–14.

INCAPER. **Cafeicultura - Tecnologias**. 2019. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-tecnologias>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva: Switzerland, 2014.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 531p, 2004.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 1451-1462, 2007.

LASHERMES, P.; COUTURON, E.; MOREAU, N.; PAILLARD, M. Inheritance and genetic mapping of self-incompatibility in *Coffea canephora* Pierre. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 93, n. 1, p. 458-462, 1996.

MACHADO, L. S.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; FERREIRA, D. S.; CÔGO, A. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Efficiency and response of conilon coffee genotypes to nitrogen supply. **African Journal Of Biotechnology**, v. 15, n. 35, p. 1892-1898, 2016.

MARRÉ, W. B.; PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; GONTIJO, I.; VIEIRA, H. D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1456-1462, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 2011.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S.; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 838-848, 2014.

MARTINS, LD; RODRIGUES, W. N.; MACHADO, L. S.; BRINATE, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Evidências de tolerância genética à baixa disponibilidade de fósforo no solo entre genótipos de *Coffea canephora*. **Genetics Molecular Research** v. 14, n. 1, p. 10576-10587, 2015.

MARTINS, L. D; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANCA, S. M. Nutritional efficiency in clones of conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**. v. 5, n. 1, p. 130-140, 2013.

MARTINS, M. Q.; PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; PIMENTEL, N. S.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; RAMALHO, J. C. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Scientia Horticulturae**, v. 252, n. 27, p. 238-242, 2019.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo. 1991.

MESQUITA, C. M.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; FABRI JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; ARAÚJO, W. G. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2016.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Org.). **Fertilidade do solo Sociedade Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, 2007, p. 471-550.

OLIVEIRA, N. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SILVA, D. O.; PASTORIZA, R. J. G.; MELO, R. A.; SILVA, J. W.; MENEZES, D. Selection and genetic parameters of coriander progenies with heat tolerance. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 319-323, 2015.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PARTELLI, F. L.; GOMES, W. R.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro conilon na pré-florada e granação, no Espírito Santo. **Coffee Science**, v. 11, n. 4, p. 544-554, 2016.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 8, p. 108-116, 2013.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A.. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology And Earth System Sciences**, v. 11, n. 1, p.1633-1644, 2007.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.341-348, 2010.

PINHEIRO, C. A.; PEREIRA, L. L.; FIORESI, D. B.; SILVA O, D.; OSÓRIO, V. M.; SILVA, J. A.; PINHEIRO, P. F. Physico-chemical properties and sensory profile of *Coffea canephora* genotypes in high-altitudes. *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n. 12, p. 2046, 2019.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café Conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

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.

POMPELLI, M. F.; MARTINS, S. C. V.; ANTUNES, W. C.; CHAVES, A. R. M.; DAMATTA, F. M. Photosynthesis and photoprotection in coffee leaves is affected by nitrogen and light availabilities in winter conditions. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, n. 13, p. 1052-1060, 2010.

R Core Team. (2016). **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Retrieved from. in: <http://www.r-project.org>

RAMALHO, J. C.; DaMATTA, F. M.; RODRIGUES, A. P.; SCOTTI-CAMPOS P. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**.: v. 26, n. 1, p. 5-18, 2014.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informática Agropecuaria**, v. 11 p. 26-40, 1985.

SALAMANCA-JIMENEZ, A.; DOANE, T. A.; HORWATH, W. R. Performance of Coffee Seedlings as Affected by Soil Moisture and Nitrogen Application. **Advances in Agronomy**, v. 136 p. 221-244, 2016.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Autoincompatibilidade em plantas. **Ciencia Rural**, v.32, p.1083-1090, 2002.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. D. F.; FERRÃO, M. A. G.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 457-464, 2010.

SOUZA, F. de F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. **Características das principais variedades de café cultivados em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 26p. 2004.

STARLING, L.C.T.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; REINICKE, T.M.; AMARAL J.F.T.; TOMAZ. M.A.; ESPINDULA, M.C. Variability and nutritional balance among genotypes of *Coffea canephora* (Rubiaceae) in drought versus adequate water supply. **Genetics and Molecular Research**, v. 17, n. 4, p. 1-13. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetais**. 6. ed. Porto Alegre, 2017.

TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. Zoneamento Agroclimatológico para a Cultura do Café Conilon no Estado do Espírito Santo. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. 2. ed. Vitoria: Incaper, 2017. p. 69-79.

TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; FERRARI, R. B.; Zambolim, L.;

Sakiyama, N. S. Genetics differences in the efficiency of absorption, translocation and use of K, Ca and Mg in grafted seedlings of coffee. *Ciência Rural*, v. 38, n. 6, p. 1540-1546, 2008.