

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

LINDOMAR DE SOUZA MACHADO

**DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* CULTIVADOS
SOB CONDIÇÕES CONTRASTANTES DE DISPONIBILIDADE DE
IRRADIÂNCIA E NITROGÊNIO**

**ALEGRE-ES
Fevereiro de 2019**

LINDOMAR DE SOUZA MACHADO

**DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* CULTIVADOS
SOB CONDIÇÕES CONTRASTANTES DE DISPONIBILIDADE DE
IRRADIÂNCIA E NITROGÊNIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Genética e Melhoramento, na área de concentração de Biotecnologia.

Orientador: Prof. DSc. Paulo Cezar Cavatte

**ALEGRE-ES
Fevereiro de 2019**

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

D278d De Souza Machado, Lindomar, 1988 -
Desempenho de genótipos de Coffea canephora cultivados sob
condições contrastantes de disponibilidade de irradiância e
nitrogênio / Lindomar de Souza Machado. - 2019
82 f. : il.

Orientador: Paulo Cezar Cavatte.
Coorientador: Romário Gava Ferrão.
Tese (Doutorado em Genética e Melhoramentos) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias.

Coffea canephora. 3. Melhoramento genético. 4.
Espírito Santo. 5. Fisiologia Vegetal. I. Cavatte, Paulo Cezar. II.
Gava Ferrão, Romário. III. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 631.523

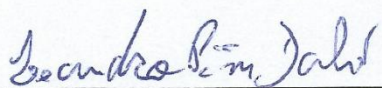
LINDOMAR DE SOUZA MACHADO

**DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* CULTIVADOS
SOB CONDIÇÕES CONTRASTANTES DE DISPONIBILIDADES DE
IRRADIÂNCIA E NITROGÊNIO**


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Genética e Melhoramento, na linha de Biotecnologia.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019.

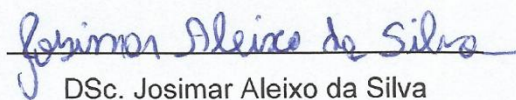
COMISSÃO EXAMINADORA



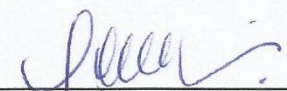
DSc. Leandro Pin Dalvi
Ufes (Membro interno)



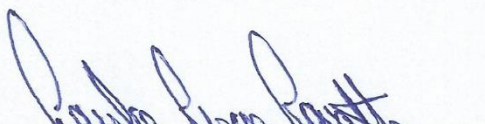
DSc. Samuel Cordeiro Vitor Martins
UFV (Membro externo)



DSc. Josimar Aleixo da Silva
Ufes (Membro interno)



DSc. Sarah Ola Moreira
Incaper (Membro externo)



DSc. Paulo Cezar Cavatte
Ufes (Orientador)

A Deus,

Pelo dom da vida, pela saúde e pela sabedoria, porque sem Ele nada somos.

AGRADEÇO

*Aos meus queridos pais e padrinhos, assim
como meus adorados irmãos e familiares!
In Memoriam Vó Teresa e Vô Machado!*

*A minha amada esposa,
Cynthia!*

*Ao meu precioso filho,
João Ricardo!*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo.

A Fapes, pelo financiamento do projeto e pela bolsa concedida, assim como pelo financiamento das análises sensoriais por meio de verba do projeto “Caracterização física, química e sensorial de materiais genéticos elites do programa de melhoramento genético de café do Incaper em fase de pré-lançamento”, edital Fapes/Seag Nº 06/2015 - PPE Agropecuária, protocolo nº 30714.449.19280.30052016, tendo como coordenador o DSc. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca. Estes dados serão divulgados em breve via artigos científicos.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper, pelo pela parceria e apoio técnico por meio a disponibilização das áreas experimentais para excursão deste trabalho.

Ao Prof. DSc. Paulo Cezar Cavatte, pela orientação segura ao decorrer da Pós-graduação, pelo respeito profissional, pelas sugestões valorosas e pela amizade.

Ao Pesq. DSc. Josimar Aleixo da Silva pela disponibilidade, muitas vezes executando etapas e pelas sugestões durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Prof. DSc. Leandro Pin Dalvi, Prof. DSc. Samuel Cordeiro Vitor Martins e a Pesq. DSc. Sarah Ola Moreira, pela contribuição neste trabalho por meio de sugestões valorosas.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pelos ensinamentos repassados.

Aos pesquisadores DSc. Romário Gava Ferrão, DSc. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca e a DSc. Maria Amélia Gava Ferrão, pela amizade, disponibilidade, e pelos ensinamentos repassados.

Ao DSc. Josimar Aleixo da Silva, o doutorando Leonardo Humberto, a DSc. Geovana Cola, ao graduando Lucas Alves e a doutoranda Jessica Pereira pela contribuição das avaliações de campo e laboratoriais desta tese.

A doutoranda Cyntia Meiry pelas valorosas sugestões e diálogos no decorrer deste processo de doutoramento.

“O que sabemos é uma gota. O que ignoramos é um oceano”

(Isaac Newton)

“Viva como se fosse morrer amanhã, aprenda como se fosse viver para sempre.”

(Mahatma Gandhi)

“Cultive a vida!”

(Lindomar de Souza Machado)

BIOGRAFIA

Lindomar de Souza Machado, filho de Elimar de Souza Machado e Maria Aparecida Rosa de Souza, nasceu em 07 de março de 1988, em Pinheiros, Estado do Espírito Santo. cursou o ensino fundamental, entre 1997 a 2003, na Escola Estadual Irmã Maria Horta e o ensino médio no colégio Núcleo de Educação Orientada - NEO ambos em Vitória, ES. Em agosto de 2007, iniciou a graduação e a finalizou em março de 2013 como Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), em Alegre, ES. Em março de 2013, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE) da Ufes, tendo defendido a dissertação em 23 de fevereiro de 2015. Em março de 2015, iniciou o Curso de Doutorado em Genética e Melhoramento, no CCAIE Ufes, concluindo na presente data.

RESUMO GERAL

MACHADO, Lindomar de Souza, DSc., Universidade Federal do Espírito Santo, fevereiro de 2019. Orientador: Paulo Cezar Cavatte; Coorientador: Romário Gava Ferrão.

O café é originário das florestas tropicais da África, onde é encontrado em estado espontâneo como vegetação de sub-bosque. No Brasil, os cafezais vêm sendo conduzidos quase exclusivamente a pleno sol, onde a produção, em muitos casos, é maior do que em plantios sombreados. Como consequência, o sombreamento como uma prática cultural regular foi praticamente abandonado. Contudo, cabe ressaltar, que cafezais a pleno sol são geralmente subsidiados às custas de grandes incrementos no uso de insumos, principalmente adubos nitrogenados além da dependência cada vez maior de sistemas de irrigação. No entanto, ressalta-se que no Brasil, os genótipos de *C. canephora* (café Conilon/robusta) atualmente plantados foram selecionados a pleno sol e, portanto, tais genótipos poderão potencialmente ter limitações adaptativas a baixas irradiâncias em maior extensão que possíveis genótipos selecionados exclusivamente para ambientes sombreados. Em função dos impactos decorrentes das mudanças climáticas, tem-se observado um interesse crescente na adoção de sistemas sombreados, particularmente em áreas marginais que apresentam grandes oscilações de temperaturas e ocorrência de déficit hídrico. Uma vez que em sistemas sombreados, observa-se, frequentemente, a preservação dos ecossistemas e melhoria das condições edafoclimáticas, além de melhorias na qualidade da bebida e atenuação do ciclo bienal de produção. Entretanto, a busca de materiais tolerantes ao sombreamento requer a avaliação de elevado número de genótipos, em condições de campo, para obterem-se, ao final de vários anos, alguns poucos materiais promissores. Objetivou-se com este trabalho (i) estudar as variações fenológicas no crescimento e morfologia dos componentes da produção dos genótipos, associando critérios de eficiência e/ou responsividade, e (ii) verificar de forma preliminar a análise de parâmetros genéticos de características morfofisiológicas para possíveis seleções indiretas bem como a diversidade dos genótipos quando cultivados sob disponibilidades contrastante de irradiâncias e nitrogênio. Para isso, foram analisados 14 genótipos de *C. canephora*, pré-melhorados na fazenda experimental de Pacotuba, no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, submetidos a duas condições de irradiância {pleno sol (PS) e sombreamento de 30% (SB)}, e duas condições de nitrogênio (N) {25 (N25) e 100% (N100) do recomendado para a cultura}. Os fatores genotípicos e irradiância são responsáveis pela maior porção da variação verificada, o fator nitrogênio não interferiu nos níveis produtivos avaliados. O genótipo 106-P tem dupla aptidão a irradiâncias. Os genótipos 2B/88-P, 108-P e 109-P são produtivos em sombreamento. Há diversidade genética entre os genótipos avaliados.

PALAVAS – CHAVE: Café Conilon, melhoramento genético de cafeeiro, melhoramento de planta para condições de estresse, fisiologia da produção, parâmetro alfa.

ABSTRACT

MACHADO, Lindomar de Souza, DSc., Federal University of Espírito Santo, February, 2019. Advisor: Paulo Cezar Cavatte; Coordination: Romário Gava Ferrão.

The coffee originates from the tropical forests of Africa, where it is found spontaneously as understory vegetation. In Brazil, coffee plantations are being conducted almost exclusively in full sunshine, where production is in many cases greater than in shaded plantations. As a consequence, shading as a regular cultural practice has been virtually abandoned. However, it should be noted that full-sun coffee plantations are usually subsidized at the expense of large increases in input use, mainly nitrogen fertilizers, as well as increasing dependence on irrigation systems. However, in Brazil, *C. canephora* (Conilon / robusta coffee) genotypes currently selected were selected in full sun and therefore, such genotypes could potentially have adaptive limitations at low irradiance to a greater extent than possible selected genotypes exclusively for shaded environments. Due to the impacts of climate change, there has been an increasing interest in the adoption of shaded systems, particularly in marginal areas with large temperature fluctuations and occurrence of water deficit. As in shaded systems, ecosystem preservation and improvement of edaphoclimatic conditions, as well as improvements in beverage quality and attenuation of the biennial production cycle, are frequently observed. However, the search for shade tolerant materials requires the evaluation of a high number of genotypes under field conditions to obtain, at the end of several years, a few promising materials. The objective of this work (i) was to study the phenological variations in the growth and morphology of genotype production components, associating efficiency and / or responsiveness criteria, and (ii) to verify in a preliminary way the analysis of genetic parameters of morphophysiological characteristics for possible indirect selections as well as the diversity of the genotypes when cultivated under contrasting availability of irradiance and nitrogen. For this, 14 *C. canephora* genotypes, pre-improved in the experimental farm of Pacotuba, in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim - ES, of the Capixaba Institute for Research, Technical Assistance and Rural Extension, were submitted to two irradiance conditions {full sun (PS) and 30% shading (SB)}, and two nitrogen (N) {25 (N25) and 100% (N100)} conditions of the recommended crop. The genotypic factors and irradiance are responsible for the greater portion of the variation verified; the nitrogen factor did not interfere in the productive levels evaluated. The 106-P genotype has dual irradiance capability. Genotypes 2B / 88-P, 108-P and 109-P are productive in shading. There is genetic diversity among the evaluated genotypes.

KEY-WORDS: Coffee Conilon, Genetic breeding of coffee, Plant breeding for stress conditions, production physiology, alpha parameter.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

- Figura 1** - Crescimento total do ramo ortotrópico {CTO (cm)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)}29
- Figura 2** - Crescimento total do ramo plagiotrópico {CTP (cm)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)}30
- Figura 3** - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico {TCO (mm dia^{-1})} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação33
- Figura 4** - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico {TCO (mm dia^{-1})} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de nitrogênio {25% de N (N25) e 100% de N (N100)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação35
- Figura 5**- Taxa de crescimento do ramo plagiotrópico {TCP (mm dia^{-1})} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação37
- Figura 6** - Taxa de crescimento do ramo plagiotrópico {TCP (mm dia^{-1})} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de nitrogênio {25% de N (N25) e 100% de N (N100)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação39
- Figura 7** - Médias dos 14 genótipos de *C. canephora* para a variável número de flores por roseta (NFL; unidade)42
- Figura 8** - Médias dos desdobramentos dos fatores nitrogênio {25% de nitrogênio (N25) e 100% de nitrogênio (N100)} x genótipos (I) e irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} x genótipos (II) para a variável número de frutos por roseta - NFR44
- Figura 9** - Médias dos desdobramentos dos fatores genótipos x irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} (I) e genótipos x nitrogênio {e 25% de nitrogênio (N25) e 100% de nitrogênio (N100)} (II), para a variável frutos boia – PFB em %...46

Figura 10 - Médias dos desdobramentos dos fatores genótipos x irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} (I) e genótipos x nitrogênio {25% de nitrogênio (N25) e 100% de nitrogênio (N100)} (II), para a variável Clorofila total (CHL).48

Figura 11 - Médias dos desdobramentos dos fatores irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} x genótipos para a produção de grãos estimados – PGE em kg planta⁻¹49

Figura 12 - Eficiência e resposta a irradiâncias {pleno sol (PS) e sombreamento (SB)} em diferentes disponibilidades de nitrogênio {100% de nitrogênio (N100) e 25% de nitrogênio (N25)} de 14 genótipos de *C. canephora*.....53

Figura 13 - Eficiência e resposta ao nitrogênio {100% de nitrogênio (N100) e 25% de nitrogênio (N25)} em diferentes disponibilidades de irradiância {pleno sol (PS) e sombreamento (SB)} de 14 genótipos de *C. canephora*54

CAPITULO 2

Figura 1 – Dendograma representativo da dissimilaridade genética entre 14 genótipos de *Coffea Canephora* do banco ativo de germoplasma do Incaper, obtidos pela técnica UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, sendo a linha vermelha indicativo de corte a 70%, de acordo como Mojena. (CCC=0,74)77

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1

Tabela 1 – Atributos químicos do solo	24
Tabela 2 - Caracterização dos genótipos utilizados.....	25
Tabela 2 - Número de rosetas (NR) e comprimento dos entrenós (CE) dos ramos plagiotrópico de 14 genótipos de <i>Coffea canephora</i> cultivados sob condições contrastantes de irradiância {pleno sol (PS) e sombreamento (SB)}, e nitrogênio {100% de N (N100) e 25% de N (N25)}, avaliados na colheita do ano safra 2017/18.....	41

CAPITULO 2

Tabela 1 – Atributos químicos do solo	69
Tabela 2 - Caracterização dos genótipos utilizados.....	70
Tabela 4 – Medidas de dissimilaridade entre pares dos 14 genótipos de <i>Coffea canephora</i> do banco ativo de germoplasma (BAG) do Incaper 14 em relação a nove variáveis avaliadas nos estratos superior, médio e inferior das plantas (DRP: diâmetro de ramo plagiotrópico; CEP: comprimento de entrenós; NTN: número total de nós, NTF: número total de folhas; AFU: área foliar unitária RAF: razão de área foliar; FMF: fração de massa seca de folha; FMC: fração de massa seca de caule; AFE: área foliar específica), com base na distância generalizada de Mahalanobis ⁽¹⁾	76
Tabela 5 - Contribuição relativa de cada variável morfofisiológica analisada para a diversidade genética a partir da matriz de distâncias Euclidianas distâncias Euclidianas no estrato médio de 14 genótipos de <i>C. canephora</i> , submetidos a diferentes disponibilidades de irradiação e de nitrogênio	78

LISTA DE SIGLAS

AFU	área foliar unitária
ANT	antocianina
CE	comprimento de entrenós
CHL	clorofila total
DRP	diâmetro de ramo plagiotrópico
FLA	flavonoides:
FMF	fração de massa seca de folha
FMC	fração de massa seca de caule
NBI	índice de balanço de nitrogênio
NFR	número de frutos por roseta
NFLR	número de flores por roseta
NR	número rosetas
NTF	número total de folhas
NTN	número total de nós
PFB	porcentagem de frutos boa
PGE	produção estimada de grãos beneficiados
PPF	pegamento final de fruto
RAF	razão de área foliar
RFFR	relação folha fruto
TCO	taxa de crescimento de ramos ortotrópicos
TCP	taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPITULO 1	
RESUMO	20
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
EXPERIMENTO, DELINEAMENTO E MATERIAIS GENÉTICOS	23
TRATAMENTOS	25
VARIÁVEIS AVALIADAS	26
ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÊNDICE	60
CAPITULO 2	
RESUMO	65
ABSTRACT	66
INTRODUÇÃO	67
MATERIAL E MÉTODOS	68
EXPERIMENTO, DELINEAMENTO E MATERIAIS GENÉTICOS	68
TRATAMENTOS	70
VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS AVALIADAS	71
ANÁLISES ESTATÍSTICAS	72
RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

INTRODUÇÃO

A agricultura é a atividade econômica mundial que tem maior dependência das condições ambientais, especialmente as climáticas. Cada vez mais tem sido observado que as alterações pluviométricas e das temperaturas vem dificultando a sustentabilidade dos cultivos das principais culturas agrícolas, entre elas a do café (MARRACCINI *et al.*, 2012).

O Brasil é referência no setor cafeeiro. É o maior produtor mundial e o único país a produzir em larga escala as duas principais espécies comercializadas do gênero *Coffea*, *Coffea arabica* e *C. canephora* café (Conilon/Robusta) (RODRIGUES *et al.*, 2015). Em 2019, há previsão que o Brasil se consagre como o segundo maior produtor de *C. canephora* no mundo (USDA, 2018), com elevada contribuição do Estado do Espírito Santo (ES), sendo assim o principal produtor da espécie do país (CONAB, 2018a).

A espécie *C. canephora* evoluiu no sub-bosques de florestas tropicais e equatoriais africanas (DAMATTA, 2004). É uma espécie com alta diversidade genética, com grupos e subgrupos (MONTAGNON; CUBRY; LEROY, 2012), destes, apenas os grupos do tipo 'Robusta' e os 'Kuliouou' apresentam importância econômica (FAZUOLI, 2007). O 'Kuliouou', comumente conhecidos no Brasil por 'Conilon' (FERRÃO *et al.*, 2017), é originário de regiões de clima árido, localizado em área litorânea do continente africano, os genótipos tem maior controle de transpiração e, portanto, com maior tolerância a seca (LAMBOT *et al.*, 2009). Devido às características genéticas, genótipos com características do grupo 'Conilon', são mais cultivados no Brasil, especialmente no Estado do Espírito Santo (FERRÃO *et al.*, 2017).

Até o ano de 2014, o Estado do Espírito Santo apresentava crescimento médio em produção de 6% ao ano. Porém, nos últimos anos o ES vem sofrendo com a sazonalidade de precipitações e elevadas temperaturas. Este cenário foi responsável por decréscimos significativos da produção de *C. canephora* nos anos de 2014, 2015 e 2016 (CONAB, 2018b).

Diante desta conjuntura, a pesquisa pode contribuir com os programas de melhoramento genético de plantas, desenvolvendo genótipos mais eficientes no uso de recursos, como forma de manter o crescimento vegetativo e reprodutivo da cultura em situações adversas. A cultivar clonal 'Incaper Marilândia' foi melhorada geneticamente para cultivos onde há limitações hídricas, reunindo genótipos tolerantes a seca (FERRÃO *et al.*, 2017), contudo, ainda não há cultivares de *C. canephora* no ES melhorados para os demais em condições de estresses abióticos, com baixas irradiâncias e disponibilidade de nitrogênio.

Explorar a alta variabilidade genética da espécie *C. canephora* (FERRÃO *et al.*, 2017) é um caminho a ser seguido, pois se tratar de uma planta alógama, diploide ($2n = 2x = 22$), altamente heterozigota, com autoincompatibilidade genética entre os indivíduos (MARRACCINI *et al.*, 2012; DENOEUDE *et al.*, 2014; DEREPPER *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2015). Além disso, a espécie *C. canephora* possui elevada plasticidade fenotípica, característica que potencializa o cultivo da espécie em ambientes limitantes (CAVATTE *et al.*, 2012). Essas variáveis ajudam a explicar o fato das primeiras lavouras comerciais de *C. canephora* (espécie de sombra), terem sido instaladas a partir da década de 1960 no estado do Espírito Santo, diretamente a pleno sol (DAMATTA *et al.*, 2007).

O cultivo do cafeeiro a pleno sol requereu maior aporte de recursos, entre eles uso de irrigação e suplementação de adubos nitrogenados, para auxiliar na maior expressão do potencial produtivo dos genótipos. O nitrogênio (N) é responsável por maiores aumentos vegetativos e reprodutivos na cultura. Este nutriente proporciona crescimento folhas novas, tornando-as verdes e brilhantes, assim como expansão da área foliar, das ramificações e dos ramos plagiotrópicos, das taxas fotossintéticas e maior produção de fotoassimilados (MALAVOLTA, 1986).

Em virtude do cenário de mudanças climáticas, onde estão sendo evidenciados extremos de temperatura e sazonalidade de precipitação, especialmente em regiões marginais de cultivo, vem sendo requerido cultivos mais sustentáveis, sendo assim lembrado a prática do cultivo sombreado como estratégia de mitigação de efeitos climáticos adversos.

Portanto, gerando para a pesquisa a necessidade de se conhecer a ecofisiologia da espécie de *C. canephora*, principalmente das cultivares modernas, sob condição de sombra e da necessidade de selecionar genótipos tolerantes ao sombreamento e eficientes no uso de recursos.

Diante dos fatos apresentados, objetiva-se com este trabalho identificar genótipos elites de *C. canephora* que apresentem tolerância ao sombreamento e/ou eficiência no uso de nitrogênio. Assim como estudar os principais componentes da produção, a eficiência e/ou responsividade de genótipos quando cultivados sob contraste de irradiâncias e nitrogênio. E caracterização genética e morfofisiológica de 14 genótipos *C. canephora* quando cultivados sob condições contrastantes de disponibilidade de irradiância e nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVATTE, P. C. *et al.* Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**. v. 144, n.1, p. 111–122. 2012.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2016)
ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. **Café: segundo levantamento**. Julho/2016. Brasília, 2016. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_10_15_13_24_boletim_cafe_-_maio_2016.pdf>. Acessado em: 10 maio, 2018a.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2016)
ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. **V. 5 - SAFRA 2018 - N.1 - Primeiro levantamento - JANEIRO 2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <
<https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safra/cafe>>. Acessado em: 10 maio, 2018b.

DAMATTA, F. M. *et al.* Eco physiology of coffee growth and production. **Brazilian journal of plant physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DAMATTA, F. M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. **Advances in Plant Physiology**, v. 5, p. 227-265, 2004.

DENOEUDE, F. *et al.* The coffee genome provides insight into the convergent evolution of caffeine biosynthesis. **Science**. v. 345, n.1, p. 1181 – 1184. 2014.

DEREEPER, A. *et al.* The coffee genome hub: a resource for coffee genomes. **Nucleic Acids Research**. v. 43, n.1, p. 1028–1035. 2014.

FAZUOLI, L. C. Cultivares de café arábica do IAC: um patrimônio da cafeicultura brasileira. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 12-15, 2007.

FERRÃO, M. A. G. *et al.* Origem, dispersão, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora* In: FERRÃO, R. G. *et al.* (2 eds.). *Café Conilon*. Vitória: **Incapar**, Cap.4, p.81-97, 2017.

LAMBOT, C. *et al.* Evaluation of Conilons for genetic diversity, cup quality and biochemical composition. In: **22nd International Conference on Coffee Science, ASIC 2008, Campinas, SP, Brazil, 14-19 September 2008**. Association Scientifique Internationale du Café (ASIC), 2009. p. 1537-1544.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**, p. 165-275, 1986.

MARRACCINI, P. *et al.* Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora*. **Journal of Experimental Botany**. v. 63, n.1, p. 4191-4212. 2012.

MARTINS, L. D. *et al.* Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**. v.14, n.1, p. 10576-10587. 2015.

MONTAGNON, C.; CUBRY, P.; LEROY, T. Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. **Cahiers Agricultures**, v. 21, n. 2-3, p. 143-153 (1), 2012.

RODRIGUES, W. P. *et al.* Long-term elevated air {CO₂} strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**. v. 22, n.1, p. 415–431. 2015.

USDA – United States Department of Agriculture (2018). **Coffee: World Markets and Trade. Coffee**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: 10 maio. 2018.

CAPITULO 1

COMPONENTES DA PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* CULTIVADOS SOB CONDIÇÕES CONTRASTANTES DE IRRADIÂNCIA E NITROGÊNIO



RESUMO

Diante do cenário de mudanças climáticas, o cultivo do cafeeiro (*Coffea canephora*) sob condições de sombreamento tem surgido como alternativa sustentável, especialmente para regiões marginais. Entretanto, muitas conclusões sobre o desempenho da espécie são derivadas de estudos realizados com *C. arabica*. Pouco se sabe sobre o crescimento de genótipos de *C. canephora* quando cultivados sob condições de sombreamento homogêneo, ainda mais variando adubação nitrogenada, assim como os possíveis efeitos na produção. Além disso, a presença da variabilidade genética natural na espécie, possivelmente há diferentes critérios de eficiência e responsividade a irradiâncias e nitrogênio. Deste modo, objetiva-se com este trabalho estudar as variações fenológicas no crescimento de ramos, assim como os principais componentes da produção, concomitantemente com os critérios de eficiência e/ou responsividade a irradiâncias e nitrogênio dos 14 genótipos elites de *C. canephora* avaliados. Para tal foi implantado experimento de campo em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela sub-subdividida, sendo a parcela os genótipos (14 genótipos de *C. canephora*), subparcela irradiância {pleno sol (PS) e sombreamento de 30% (SB)}, e sub-subparcela nitrogênio {25 (N25) e 100% (N100) de N recomendado}. Os fatores genotípicos e irradiância são responsáveis pela maior porção da variação verificada, o fator nitrogênio não interferiu nos níveis produtivos avaliados. Há distintas respostas dos genótipos de *C. canephora* quanto a taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCO) e plagiotrópico (TCP) nas fases de floração, chumbinho e granação, é visto maior contraste entre os genótipos na fase de floração, especialmente na variação de irradiâncias, as diferentes disponibilidades de nitrogênio pouco alteram TCO e TCP. Independente do tratamento, o genótipo 105-P não alterou a TCP e TCO em nenhuma das fases analisadas. Os genótipos 2B/88-P, 106-P, 104-P, 105-P, 108-P, 80S, 109-P, 604/97-I, 820/87-I e 304-T, não apresentaram diferenças no número de rosetas quando cultivados a PS e sob SB apesar de alguns diferirem o comprimento dos entrenós. Os genótipos 207-I, 302-T e 303-T apresentaram maior comprimento dos entrenós sob SB. O genótipo 106-P apresentou maior número de rosetas com menor disponibilidade de N, independentemente se cultivados a PS ou sob SB. O genótipo 106-P tem dupla aptidão a irradiâncias. Os genótipos 2B/88-P, 108-P e 109-P são produtivos em sombreamento.

PALAVAS – CHAVE: Café Conilon, sombreamento, produtividade, eficiência e responsividade, parâmetro alfa.

ABSTRACT

Faced with the climate change scenario, the cultivation of coffee (*Coffea canephora*) under shading conditions has emerged as a sustainable alternative, especially for marginal regions. However, many conclusions about the performance of the species are derived from studies conducted with *C. arabica*. Little is known about the growth of genotypes of *C. canephora* when cultivated under conditions of homogeneous shading, even more varying nitrogen fertilization, as well as the possible effects on production. In addition, the presence of natural genetic variability in the species, possibly different criteria of efficiency and responsiveness to irradiance and nitrogen. The objective of this study was to study phenological variations in tree growth, as well as the main production components, along with the criteria of efficiency and / or responsiveness to irradiance and nitrogen of the 14 *C. canephora* elite genotypes evaluated. For this purpose, a completely randomized field experiment was applied in a subdivided plot, with the genotypes (14 genotypes of *C. canephora*), sub-plot irradiance {full sun (PS) and shade 30% (SB)}, and nitrogen subplot {25 (N25) and 100% (N100) N recommended}. The genotypic factors and irradiance are responsible for the greater portion of the variation verified; the nitrogen factor did not interfere in the productive levels evaluated. There are distinct responses of the *C. canephora* genotypes to the orthotropic (TCO) and plagiotropic (TCP) growth rates in the flowering, chumbinho and granulation phases, a higher contrast is observed between the genotypes in the flowering stage, especially in the irradiances, the different nitrogen availability little alter TCO and TCP. Regardless of the treatment, the 105-P genotype did not alter the TCP and TCO in any of the analyzed phases. The genotypes 2B / 88-P, 106-P, 104-P, 105-P, 108-P, 80S, 109-P, 604/97-I, 820/87-I and 304-T showed no differences in number of rosettes when cultivated at PS and under SB although some differ the length of internodes. Genotypes 207-I, 302-T and 303-T showed higher lengths of internodes under SB. The genotype 106-P showed higher number of rosettes with lower N availability, regardless of whether they were cultivated at PS or under SB. The 106-P genotype has dual irradiance capability. Genotypes 2B / 88-P, 108-P and 109-P are productive in shading.

KEY-WORDS: Conilon coffee, shading, productivity, efficiency and responsiveness, alpha parameter.

INTRODUÇÃO

A cultura do café é mundialmente conhecida por ser grande geradora de riquezas, estima-se que é a terceira bebida mais consumida no planeta, enquanto que no Brasil é a segunda (EMBRAPA, 2015). Em 2019, é previsto que o Brasil se mantenha como o segundo maior produtor *Coffea canephora* do mundo (USDA, 2019), sendo o Estado do Espírito Santo, o maior produtor nacional (CONAB, 2018).

São crescentes o consumo e a demanda mundial por maiores produções de café (IOC, 2019). A espécie *C. canephora* (Conilon) tem sido amplamente utilizada em *blends*, que são misturas de cafés, contudo, atualmente há mercados específicos que já apreciam cafés 100% Conilon. Não obstante, estresses abióticos são os maiores limitadores do aumento da produção de café, dentre estes estresses, destaca-se a seca (FRACASSO; TRINDADE; AMADUCCI, 2016). Alguns relatórios têm associado a intensificação da seca com o cenário de mudanças climáticas (IPCC, 2018). As projeções climáticas são alarmantes quanto à progressão deste panorama, sendo assim, a seca é considerada um dos principais desafios para agricultura, até mesmo quando é irrigada (WAY; LONG, 2015).

Uma das maneiras autossustentáveis para cultivo do cafeeiro Conilon é o uso de sistemas agroflorestais e/ou consórcios, pois auxilia na minimização de efeitos climáticos adversos, gerando microclima favorável para a cultura. Entretanto, para maximização da produtividade é necessário utilizar genótipos específicos com tolerância ao sombreamento, pois diminui a competição entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo (RICCI *et al.*, 2013). Contudo, ainda são escassas cultivares específicas para tais finalidades, resultado este possivelmente ligado a espécie ser originada de uma região caracterizada por temperaturas altas e secas (DAMATTA, 2004), assim sendo mais robustos e adaptados a certos níveis de alterações climáticas (PREZZOPANE *et al.*, 2010).

O Brasil é um dos poucos países que apresenta vastas áreas para expansão de novos cultivos (USDA, 2019). Contudo, além da seca, alguns outros fatores limitantes, como baixa disponibilidade natural de nitrogênio (N) em solos (PEDROSA *et al.*, 2014), tem se mostrado um dificultador. Além disso, é observado baixa eficiência de uso do N na

cultura do café (MACHADO *et al.*, 2016). Deste modo, normalmente, a necessidade de N no cafeeiro Conilon, é suprida via adubação, com aplicações elevadas de doses de adubos nitrogenados, o que eleva custos de produção e ainda causa passivos ambientais (MARTINS, *et al.*, 2016).

É necessário assim a adoção de sistemas de cultivos mais autossustentáveis, além disso, a utilização de genótipos que apresentem maior eficiência do uso de recursos, especialmente água, luz e nitrogênio. Porém a temática tem sido pouco explorada por programas de melhoramento genético. Um dos grandes desafios da agricultura moderna é alcançar aumentos na produtividade das culturas utilizando menor quantidade de recursos, principalmente água e nitrogênio (CAVATTE *et al.*, 2012).

O uso de sistemas mais sustentáveis é fundamental, como os sistemas agroflorestais e consorciados como forma de mitigação de possível agravamento do cenário de mudanças climáticas (JESUS JUNIOR *et al.*, 2012). Portanto, determinante para reintrodução do cultivo sombreado a identificação de genótipos tolerantes a baixas irradiâncias, bem como identificação de genótipos mais eficientes e/ou responsivos no uso de recursos como água, luz e nitrogênio. Para tal, é necessário utilizar grande número de genótipos, em condições de campo, para obterem-se, ao final de alguns anos, alguns materiais promissores (FERRÃO *et al.*, 2017), com elevados níveis produtivos e manutenção da produtividade ao longo dos anos (BORNHOFEN *et al.*, 2017).

Portanto, objetivou-se com este trabalho estudar os principais componentes da produção, assim como a eficiência e/ou responsividade de genótipos quando cultivados sob contraste de irradiâncias e nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

EXPERIMENTO, DELINEAMENTO E MATERIAIS GENÉTICOS

A área experimental se localiza na fazenda experimental de Bananal do Norte (FEBN), pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES (20° 45' S, 41° 16'

W). A altitude da região é de aproximadamente 140 metros, com topografia ondulada, precipitação pluviométrica em torno de 1200 mm, solos férteis (Tabela 1) e a temperatura média anual de 23°C (ALVARES *et al.*, 2013).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo

Atributos	
pH ³	4,9
P (mg dm ⁻³) ⁴	42,0
K (mg dm ⁻³) ⁵	181,00
Ca (cmol _c dm ⁻³) ⁶	2,6
Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,9
Al (cmol _c dm ⁻³) ⁷	0,15
H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁸	4,5
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³)	3,97
CTC potencial (cmol _c dm ⁻³)	8,5
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	4,1
Saturação por bases (%)	46,9
Saturação por alumínio (%)	3,6
índice de saturação por sódio	0,53
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹) ⁹	13,7
P-rem (mg/L)	38,8

¹. Método da pipeta (agitação lenta); ². Método da proveta; ³. pH em água (relação 1:2,5); ⁴. Extraído por Mehlich 1 e determinado por colorimetria; ⁵. Extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; ⁶. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; ⁷. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁸. Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulometria; e ⁹. Extraído por oxidação, via úmida, com dicromato de potássio em meio sulfúrico e determinado por titulação (DONAGEMA *et al.*, 2011).

Os tratamentos foram estabelecidos sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcela sub-subdividida, sendo a parcela 14 genótipos elites do banco ativo de germoplasma de *C. canephora* do Incaper (Tabela 2), subparcela disponibilidades de irradiância (pleno sol e 30% de sombreamento), e sub-subparcela nitrogênio (N) (100% e 25% da dose recomendada para a cultura) (FONSECA *et al.*, 2015).

Cada tratamentos foi constituído por 4 unidades experimentais. Para as variáveis taxa de crescimento de ramos ortotrópico (TCO) e plagiotrópico (TCP), para TCO a unidade experimental foi obtida pela média de três ramos ortotrópico, e para TCP três ramos plagiotrópicos. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 3,0 m X 1,2 m (2777 plantas ha⁻¹).

Todos os genótipos avaliados são pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Incaper, possuem elevada capacidade produtiva para condições de plantio a pleno sol, além de características morfológicas de interesse agrônomo (vigor, porte e enfolhamento) e diferentes épocas de maturação (oito precoce, três intermediário e três tardio) sendo que a maioria dos genótipos já fazem parte de cultivares que são atualmente recomendadas para plantios comerciais (FERRÃO *et al.*, 2017).

Tabela 2 - Caracterização dos genótipos utilizados.

Identificação no BAG	Códigos	Maturação	Cultivar
103	-	Precoce	Diamante Incaper 8112
2B/88	-	Precoce	-
106	6 (Vitória) ou 48	Precoce	Diamante Incaper 8112
104	-	Precoce	Diamante Incaper 8112
105	12 (Vitória) ou 02	Precoce	Diamante Incaper 8112
108	A1	Precoce	Diamante Incaper 8112
80S	-	Precoce	-
109	-	Precoce	Diamante Incaper 8112
604/97	-	Intermediário	-
820/87	-	Intermediário	-
207	-	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
302	-	Tardio	Centenário Incaper 8132
303	408 (Marilândia)	Tardio	Centenário Incaper 8132
304	-	Tardio	Centenário Incaper 8132

Fonte: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019.

TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido durante dois ciclos produtivos (2016/2017 e 2017/2018). No início do experimento (outubro de 2016), os genótipos estavam com nove anos de plantio. Os tratamentos foram estabelecidos após poda de renovação de toda parte aérea do cafeeiro. No início de dezembro de 2016 foram estabelecidos os tratamentos com sombreamento, para tal utilizou-se tela sombrite de retenção de 30% da irradiância.

O manejo, adubação, condução e os tratos culturais nos experimentos foram realizados de acordo com as necessidades (Tabela 1) e as recomendações técnicas para a cultura (FONSECA *et al.*, 2015), respeitando os tratamentos da

experimentação. A aplicação das doses de N foi de acordo com os tratamentos com 100 e 25% de nitrogênio recomendado para cultura. Para definição da quantidade de N, foi estabelecido que no ciclo 2016/17, o potencial produtivo da lavoura era de 31-50 sc ha⁻¹ (320 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; 100%), já no ciclo 2017/18 o potencial produtivo era de 100 sc ha⁻¹ (500 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; 100%). A fonte do adubo nitrogenado foi nitrato de amônio (27% de N), parcelando as adubações em três aplicações, espaçadas a cada 40 dias, sendo a primeira no início de outubro (FONSECA *et al.*, 2015). O uso da irrigação foi suplementar nos momentos de condições desfavoráveis para manter as plantas vivas.

VARIÁVEIS AVALIADAS

A mensuração do crescimento total do ramo ortotrópico (CTO) e do plagiotrópico (CTP) foram realizadas durante o ciclo da cultura de (2017/18) com a leitura inicial em abril de 2017 e a última em abril de 2018 em cm por diferença. Para tal, foram selecionados três ramos ortotrópicos e três plagiotrópicos localizados no estrato intermediário de cada planta, para posterior obtenção de médias para a formação da unidade experimental.

Avaliou-se o a taxa de crescimento de ramos (ortotrópicos e plagiotrópicos) durante o ciclo da cultura (2017/2018), entretanto, as médias foram calculadas em três fases fenológicas (floração, chumbinho e granação). Assim, foram selecionados três ramos ortotrópicos e três ramos plagiotrópicos localizados no estrato intermediário de cada planta, as mensurações ocorreram a cada 60 dias. Em agosto de 2017, após o início da floração, foram feitas marcações em dois ramos plagiotrópicos localizados no estrato intermediário das plantas avaliadas para obtenção de médias de número rosetas (NR) pelo método da contagem, e comprimento de entrenós (CE) com uso de régua graduada.

Durante a florada do segundo ciclo produtivo (agosto de 2017), foram selecionados três ramos plagiotrópicos localizados no estrato médio de cada planta. Em cada ramo foram coletadas todas flores contidas em uma roseta para obtenção do número de flores por roseta (NFL).

Após a maturação dos frutos, no momento da colheita, dois ramos plagiotrópicos de cada planta foram coletados e levados para o Laboratório de Botânica do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde (CCENS)-Ufes. O número de frutos por roseta (NFR) foi determinado pela média obtida de três rosetas retiradas uma em cada ramo plagiotrópico na porção central de cada ramo, foi utilizado o método da contagem.

Uma amostra de aproximadamente 500 g de frutos foi utilizada para determinar a porcentagem de frutos boia (PFB), para tal, após serem colocados em um recipiente com água, os frutos flutuantes foram coletados e tiveram a massa fresca determinada, posteriormente a PFB foi determinada considerando a massa fresca inicial da amostra.

Os índices de clorofilas total (CHL), foram determinados via clorofilômetro Dualex (DUALEX® SCIENTIFIC). As leituras foram realizadas em folhas do 3° e 4° par de folhas de ramos plagiotrópicos localizados no estrato médio, que estavam fisiologicamente ativas e totalmente expandidas.

A produção de frutos (PF) foi determinada após a colheita dos frutos maduros referentes as safras 16/17 e 17/18, para tal foram somadas as produções, respeitando o genótipo avaliados e os respectivos tratamentos. A produção de grãos beneficiados estimados (PGE; Kg planta⁻¹), foi determinada conforma a equação: $PGE = PF / 4$. Assim, considerou-se que, para cada quatro quilos de frutos colhidos (cereja), obtêm-se um quilo de café beneficiado. Este índice, apresenta pequena variação entre os genótipos, além de ser utilizado em trabalhos de melhoramento genético do Conilon pelo Incaper (FIALHO, 2011).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com os dados mensurados e calculados, foi realizado a análise de variância conjunta e, quando significativo, as médias foram comparadas utilizando o teste de agrupamento de médias de Scott e Knott e de comparação de médias de Tukey, ambos a 5% de significância.

Em continuidade os estudos da interação dos fatores Genótipo x Ambiente, foi realizado o estudo de eficiência e responsividade, para tal foi utilizado o parâmetro α (alfa) proposto por Fox (1978), com intuito de classificar os genótipos quanto à eficiência e responsividade aos fatores analisados, conforme a equação:

$$\alpha = \frac{(PGE_i \text{ de alta disponibilidade } W - PGE_j \text{ de baixa disponibilidade } W)}{W_{\text{máx}} - W_{\text{min}}}$$

Para o cálculo de α foram utilizados os valores médios PGE de alta disponibilidade de recurso (W) analisado e PGE de baixa disponibilidade de recurso (W). Para os valores de $W_{\text{máx}}$ e W_{min} foi utilizado, respectivamente, a quantidade referente ao tratamento estudado maior ($W_{\text{máx}}$) e menor (W_{min}).

Os resultados do parâmetro α para cada genótipo foram dispostos em quadrantes, junto dos valores médios de da produção de grãos estimados (PGE), com de baixa disponibilidade do tratamento analisado W . Os genótipos foram então classificados em quatro grupos, sendo: ER - genótipos eficientes e responsivos; ENR - genótipos eficientes e não-responsivos; NER - genótipos não-eficientes e responsivos; NENR - genótipos não-eficientes e não-responsivos.

Todas as análises realizadas no presente trabalho foram efetuadas nos softwares GENES (CRUZ, 2013), R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) e Rbio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Interações significativas foram observadas entre Genótipos (G) x Irradiância (I) x Nitrogênio (N) para taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCO-I) na fase de floração, assim como para taxa de crescimento do ramo plagiotrópico (TCP-III) na fase de granação. A interação tripla também foi significativa para outras variáveis morfológicas como número de ramos (NR), comprimento dos entrenós (CE) e número de frutos por roseta (NFR) (APÊNDICE A).

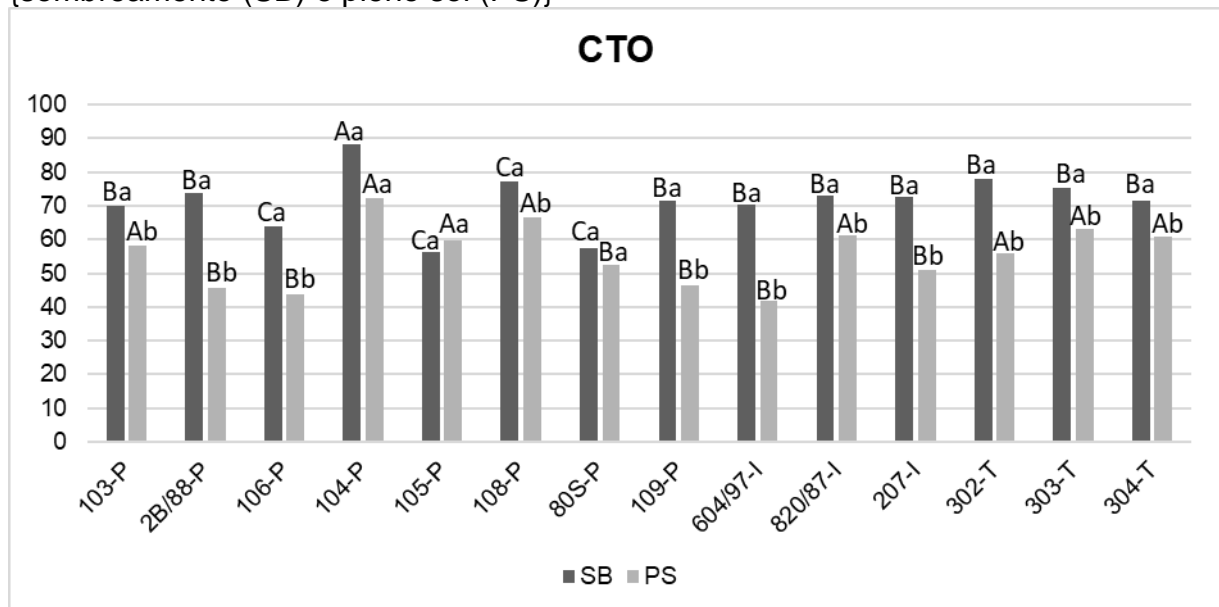
A clorofila total (CHL) apresentou interação entre G x N e entre G x I, enquanto as variáveis comprimento total do ramo ortotrópico (CTO), comprimento total do ramo

plagiotrópico (CTP) e produção de grãos estimados (PGE) entre G x I. Para variável número de flores por roseta (NFL) foi averiguado significância apenas para o fator genótipos (APÊNDICE A). Portanto, diferentes respostas foram verificadas.

Os genótipos 105-P e 80S-P foram os únicos que não se diferiram no comprimento total do ramo ortotrópico (CTO) quando cultivados nas duas irradiâncias avaliadas {pleno sol (PS) e sombreamento (SB)}, os demais apresentaram crescimento aumentado sob SB (Figura 1). A manutenção de mesmo nível de crescimento tanto a PS quanto SB, é algo favorável para futura identificação de genótipos com tolerância ao SB.

Os genótipos 106-P, 105-P e 80S-P formaram o grupo que menos cresceram no SB, assim como observado a PS, juntamente com 2B/88-P, 109-P, 604/97-I e 207-I, ou seja, mesmo sendo evidenciados interação dos genótipos com ambiente (irradiância), a manutenção de fenótipos indica a presença de elevada expressão genética (VENCOVSKY, 1987).

Figura 1 - Crescimento total do ramo ortotrópico {CTO (cm)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)}

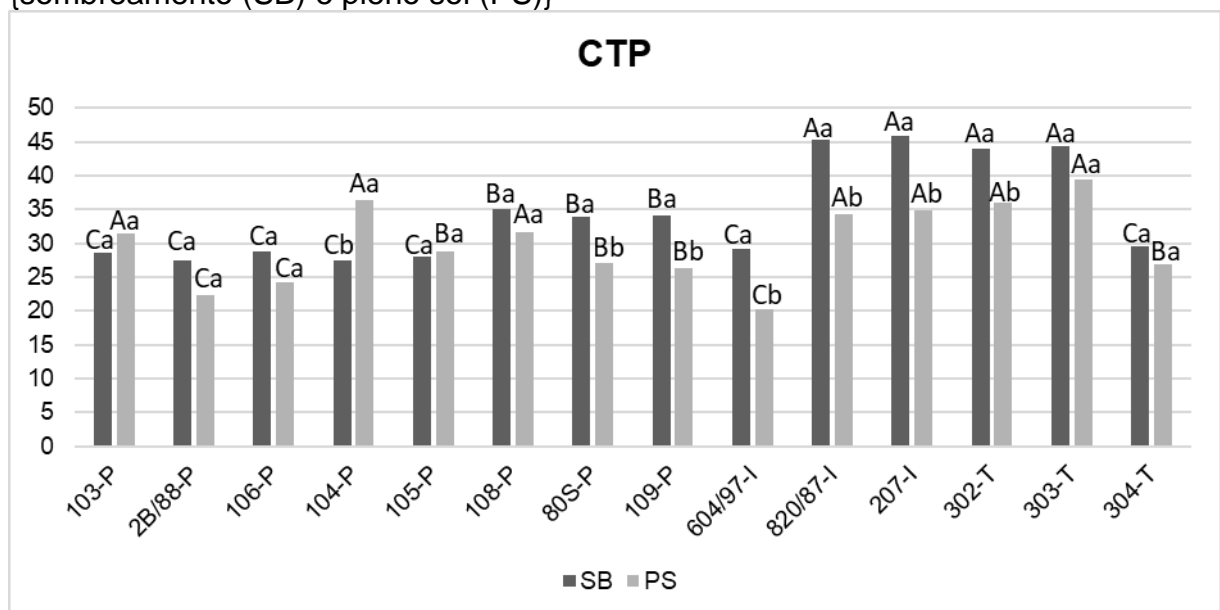


Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para grupos em cada respectivo tratamento Irradiância (PS e SB) pelo teste de Scott-Knott e letras minúsculas na comparação entre PS e SB em cada genótipo pelo teste Tukey, todos a 5% de significância.

Os genótipos 103-P, 2B/88-P, 106-P, 105-P, 303-T e 304-T não se diferenciaram quanto o crescimento total do ramo plagiotrópico (CTP), os demais o SB favoreceu maiores TCP, com exceção do 104-P (Figura 2). Resultado este interessante, visto que estudos com a cultura sob sombreamento/consórcios relatam aumentos de ramos (RICCI *et al.*, 2011).

Os genótipos demonstraram diferentes fenótipos quanto CTP a PS, o 105-P, 108-P, 80S-P e 109-P apresentaram crescimento intermediário, e de forma similar no SB com 108-P, 80S-P e 109-P (Figura 2). Diferentes fenótipos são encontrados no cafeeiro Conilon, esta característica é associada principalmente sistema de reprodução por alogamia (FERRÃO *et al.*, 2017), o que favorece a presença de diferentes genótipos, gerando assim alta variabilidade genética na espécie, o que justifica distintos crescimento de ramos verificados entre os genótipos avaliados.

Figura 2 - Crescimento total do ramo plagiotrópico {CTP (cm)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)}



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para grupos em cada respectivo tratamento Irradiância (PS e SB) pelo teste de Scott-Knott e letras minúsculas na comparação entre PS e SB em cada genótipo pelo teste Tukey, todos a 5% de significância.

Foi realizada verificação detalhada dos genótipos perante as variáveis TCO, TCP, NR e CE, para tal, realizou-se o estudo isolado dos fatores, sendo desconsiderado interações, objetivando analisar as respostas dos fatores irradiância e nitrogênio em

cada genótipo avaliado, assim foram realizadas novas análises de variâncias individuais (APÊNDICE B, C e D).

Foram poucos os efeitos de interação irradiância x nitrogênio dentro de cada genótipo, os que tiveram foram em fases fenológicas específicas, além do mais, quando significativa, a interação dupla em algumas situações não explicava a maior proporção da variação total na característica, a julgar pelos menores valores do quadrado médio. Assim foram apresentados os resultados considerando os fatores atuando de forma isolada, para cada genótipo, sendo que TCO e TCP foram analisadas nas três fases fenológicas (floração, chumbinho e granação) e NR e CE somente após o período de maturação dos frutos.

Durante a fase de florescimento, maiores TCO foram verificadas sob sombreamento (SB) em relação a pleno sol (PS) para os genótipos 103-P, 2B/88-P, 104-P, 108-P, 109-P, 604/97-I, 207-I, 303-T e 304-T, apresentando valores elevados 141%, 214%, 82%, 78%, 124%, 297%, 527%, 330% e 445%, respectivamente (Figura 3).

A floração foi o momento onde houve maior discriminação das taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos na comparação dos tratamentos a PS e SB. Alguns genótipos apresentaram elevadíssimas diferenças entre PS e SB, estes crescimentos podem estar ligados ao escape ao sombreamento como caso dos genótipos 207-I, 303-T e 304-T.

A fase de floração do cafeeiro Conilon no ES é um período caracterizado normalmente por poucas chuvas e temperaturas mais amenas, aumentando de maneira gradativa a pluviosidade e as temperaturas (PARTELLI *et al.*, 2010), assim, apresentando pouco estímulo ao crescimento na cultura, deste modo, justifica os baixos valores encontrados para TCO na fase de floração.

Na fase de chumbinho, maiores valores de TCO foram verificadas sob SB em relação a PS para os genótipos 103-P, 2B/88-P, 106-P, 104-P, 108-P, 80S-P, 109-P, 604/97-I, 820/87-I, 207-I, 302-T e 303-T (Figura 3). Na literatura são encontrados os maiores valores TCO durante o período de chumbinho, encontrando picos de 4 mm dia⁻¹ em cafés irrigados e não irrigado na região de Linhares-ES (SILVEIRA, 1996; SILVEIRA; CARVALHO, 1996) e 3,3 mm dia⁻¹ para os genótipos 6V e 12V (genótipos 106 e 105

neste estudo), em Alegre - ES, (VENÂNCIO *et al.*, 2019), o maior TCO verificado nesta fase foi do 303-T de 6,25 mm dia⁻¹ no cultivo sombreado, 22,5% maior a PS.

Na granação, para alguns genótipos não foi evidenciado diferenças na TCO a PS e no SB como o caso do 104-P e 108-P, algo que não vinha ocorrendo na floração e no chumbinho, porém os genótipos 2B/88-P, 106-P, 109-P, 604/97-I, 820/87-I, 207-I, 302-T e 303-T apresentam maiores TCO quando sombreados, 131%, 76%, 59%, 66%, 29%, 56%, 49% e 28%, respectivamente (Figura 3). A fase de granação é uma época com elevadas pluviosidades e temperaturas, ou seja, com estímulos ao aumento de TCO, apresentam crescimento, porém, não acentuado como verificado na época de chumbinho devido à presença da alta força do dreno, deste modo, restringindo o crescimento vegetativo (LEMOINE *et al.*, 2013).

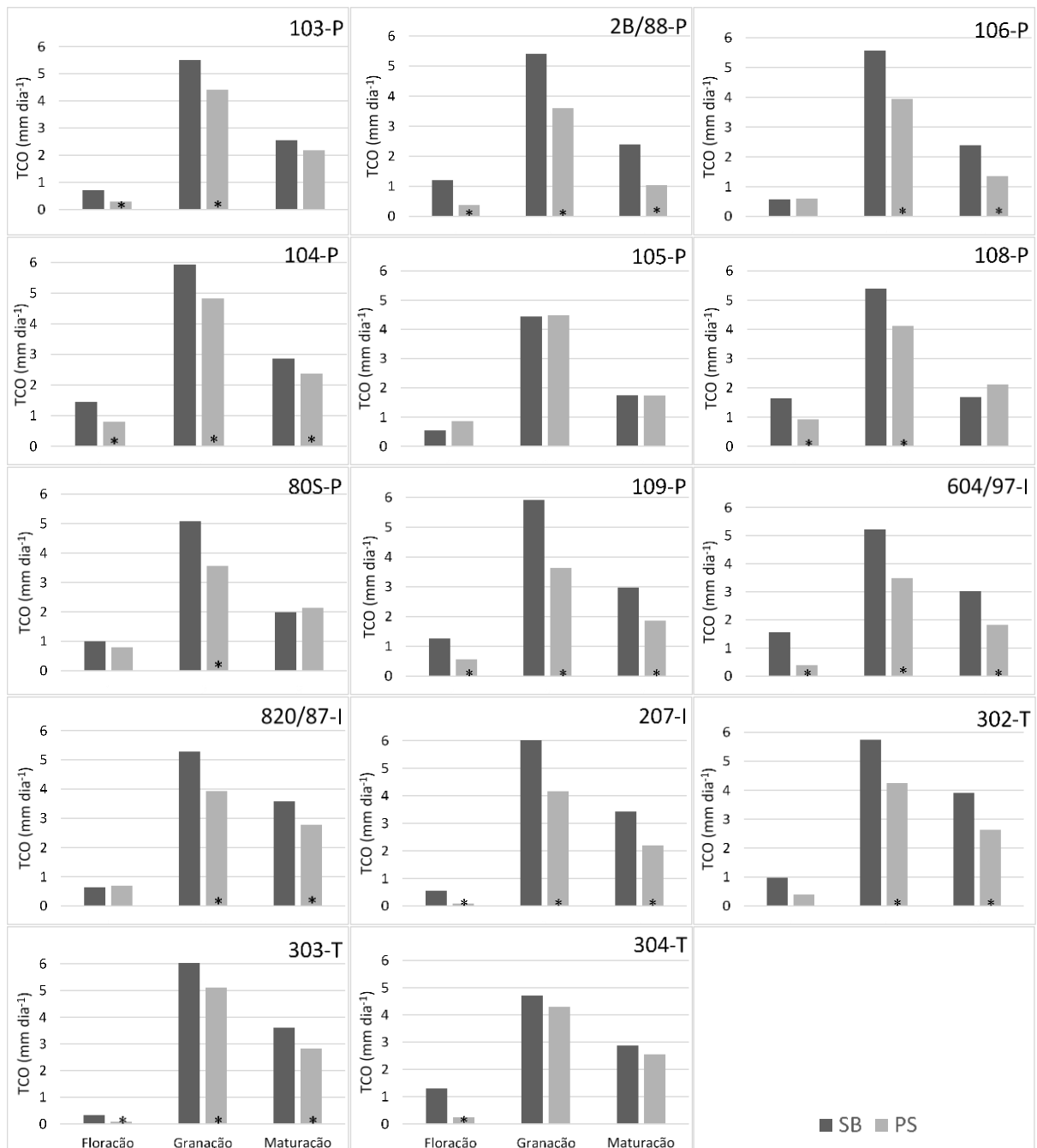
A identificação de crescimento aumentado da TCO nos genótipos quando cultivados em SB estão diretamente associadas a busca por maiores irradiância, pois foram selecionados para cultivos a pleno sol, deste modo, necessitam de maiores irradiâncias para obtenção de adequados níveis de fotoassimilados para manutenção, crescimento e produção. Na ausência das condições de PS, pode levar aumentos excessivos de CE, levando a possíveis estiolamentos, assim ficando com pontos de fraqueza, gerando em um futuro maiores quebras de ramos, o que influencia diretamente na produtividade (VENÂNCIO *et al.*, 2019).

O cultivo SB tende a proporcionar microclima mais favorável para os genótipos de *C. canephora*, pois o ambiente fica menos exposto a irradiâncias e alterações de temperaturas. Assim, as plantas “gastam” menos água na manutenção térmica da copa, levando a maior manutenção de estômatos abertos, gerando maior tempo de trocas gasosas, sendo favorável ao processo fotossintético. Além disso, diminui o estresse oxidativo e a fotorrespiração, portanto, disponibilizando para planta mais fotoassimilados para crescimento e reprodução das plantas, o que explica em partes os maiores estímulos ao crescimento na fase de floração.

De forma geral, considerando a característica TCO, verifica-se que o fator irradiância foi significativo na maior parte dos genótipos em ao menos uma das três fases avaliadas. Em média, maiores TCO foram verificadas na fase de chumbinho (4,80 mm

dia⁻¹), seguida pela fase de granação (2,45 mm dia⁻¹) e floração (0,75 mm dia⁻¹) (Figura 3), independentemente da irradiância e do genótipo.

Figura 3 - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico {TCO (mm dia⁻¹)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação



Fonte: o autor, Alegre - ES, 28 de fevereiro de 2019. SB: sombreamento; PS: pleno sol. Asterisco (*) indica diferença entre os tratamentos SB e PS pelo teste F ($P \leq 0,05$) dentro de uma mesma fase fenológica.

Este fato pode ser atribuído ao aumento da disponibilidade hídrica e da temperatura, além de menor alocação de fotoassimilados para suprir a demanda dos frutos, que ocorre durante a fase de chumbinho (ROCHI; DAMATTA, 2017).

Distintas taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos nas fases de floração, chumbinho e granação corroboram com observado por Partelli *et al.* (2010) na identificação de crescimento sazonal de ramos do cafeeiro Conilon, notando o baixo crescimento na floração, pois está conexa com a temperatura mínima do ar é o crescimento menos acentuado na granação devido a presença dos frutos, aos quais são drenos prioritários (LAVIOLA *et al.*, 2007; RONCHI; DAMATTA, 2017; VENÂNCIO *et al.*, 2019).

De forma geral, o sombreamento condicionou maiores taxas de crescimento do ramo ortotrópico no cafeeiro Conilon, o que demonstrou a presença do mecanismo natural de sobrevivência da espécie por busca de energia luminosa para realização e manutenção dos níveis fotossintéticos.

Em averiguação de cultivo de cafés Conilon a pleno sol e sombreados por arborização, observou-se que a proximidade do cafeeiro às seringueiras promove o alongamento dos ramos plagiotrópico e ortotrópico (PARTELLI *et al.*, 2014), o que reforça ao verificado neste trabalho, onde que os genótipos de Conilon naturalmente buscaram maiores irradiâncias.

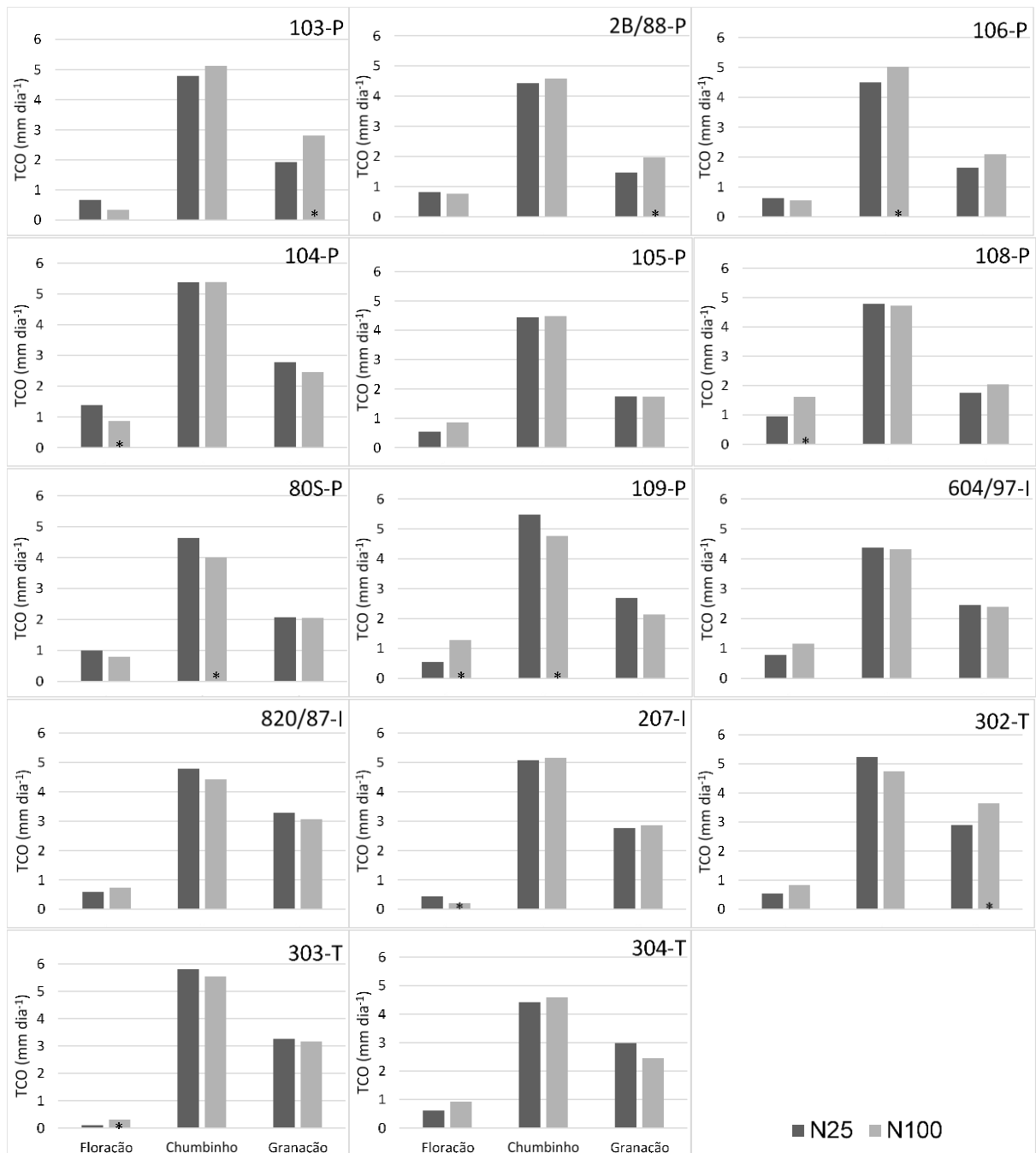
No presente estudo foi possível observar que além das diferentes irradiâncias, diferentes disponibilidades de nitrogênio também proporcionam alterações na taxa de crescimento do ramo ortotrópico.

Na fase de floração, os genótipos 103-P, 104-P, 108-P, 109-P, 207-I e 303-T apresentaram crescimento diferenciado com 100% de N (N100) e com 25% de N (N25). O 103-P, 104-P e 207-I obtiveram aumentos com N25, cerca de 96%, 60% e 112%. Já para os genótipos 108-P, 109-P e 303-T foi com N100, com 70%, 132% e 210% a mais que N25 (Figura 4).

Na fase de chumbinho alguns genótipos se diferenciaram como o caso do 106-P, 80S-P, 109-P e 303-T, destes, apenas o 106-P obteve maior TCO com N100, cerca de 10% a mais, os demais com N25, 16%, 15% e 6% a mais que N100. Na granação

apenas o genótipo 103-P diferiu, obtendo maior TCO quando aplicado 100% do N recomendado, cerca de 45% maior (Figura 4).

Figura 4 - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico {TCO (mm dia⁻¹)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de nitrogênio {25% de N (N25) e 100% de N (N100)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação



Fonte: o autor, Alegre - ES, 28 de fevereiro de 2019. N25: 25% de nitrogênio recomendado; N100: 100% de nitrogênio recomendado. Asterisco (*) indica diferença entre os tratamentos N25 e N100 pelo teste F ($P \leq 0,05$) dentro de uma mesma fase fenológica.

O fator nitrogênio não demonstrou o mesmo potencial modificador em TCO quanto ao fator irradiância, porém causa modificações morfológicas de diferentes intensidades, variando de acordo com a genética de cada indivíduo com suas respectivas demandas pelo nutriente.

Os genótipos 2B/88-P, 105-P, 604/97-I, 302-T e 304-T em nenhuma das fases analisadas diferiram o TCO nas distintas doses de N avaliada, sendo, portanto, este um indício de genótipos com possível traço genético de eficiência (absorção, translocação e/ou na utilização de N).

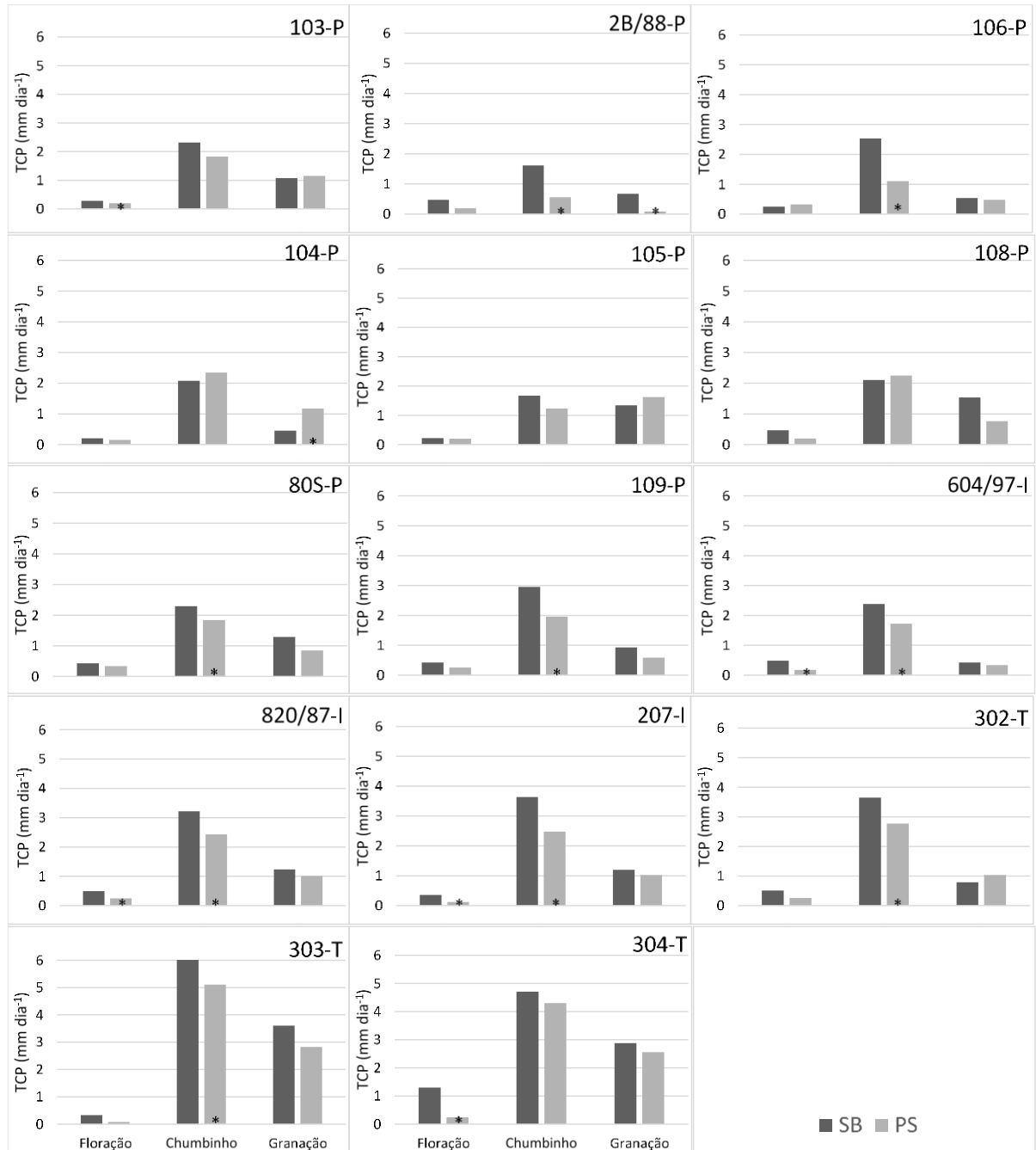
A taxa de crescimento do café é altamente correlacionada com as condições ambientais (fotoperíodo, temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica, nutrição) (RONCHI; DAMATTA, 2017). Assim, estudos como este que visa identificar e quantificar as alterações nos padrões de crescimento de genótipos de *Coffea canephora* em diferentes ambientes de disponibilidade de nitrogênio, proporciona dados científicos para programas de melhoramento a seleção de genótipos mais eficientes no uso do recurso.

Para os ramos plagiotrópicos na fase de floração, os genótipos 103-P, 109-P, 604/97-I, 820/87-I, 207-I e 304-T apresentam maior TCP com SB, assim como ocorreu na TCO, com exceção 820/87-I. Os genótipos tiveram TCP maior no SB em 43%, 66%, 180%, 101%, 189% e 184%, respectivamente (Figura 5).

Já na fase de chumbinho, onde são encontradas as maiores taxas de TCP, o 2B/88-P, 106-P, 80S-P, 109-P, 604/97-I, 820/87-I, 207-I, 302-T e 303-T, foram os que alçaram os maiores valores, todos sombreados, com cerca de 187%, 130%, 25%, 51%, 39%, 32%, 47%, 32% e 33% superior ao pleno sol (Figura 5).

Durante a fase de granação, apenas o 2B/88-P e 104-P apresentaram diferenças significativas de TCP, o 2B/88-P obteve elevadíssima diferença entre os tratamentos PS ($0,09 \text{ mm dia}^{-1}$) e SB ($0,68 \text{ mm dia}^{-1}$), sendo de 670% maior quando sombreado, enquanto o 104-P o maior valor foi a PS, cerca de 162% maior a SB (Figura 5).

Figura 5- Taxa de crescimento do ramo plagiotrópico {TCP (mm dia⁻¹)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação



Fonte: o autor, Alegre - ES, 28 de fevereiro de 2019. SB: sombreamento; PS: pleno sol. Asterisco (*) indica diferença entre os tratamentos SB e PS pelo teste F ($P \leq 0,05$) dentro de uma mesma fase fenológica.

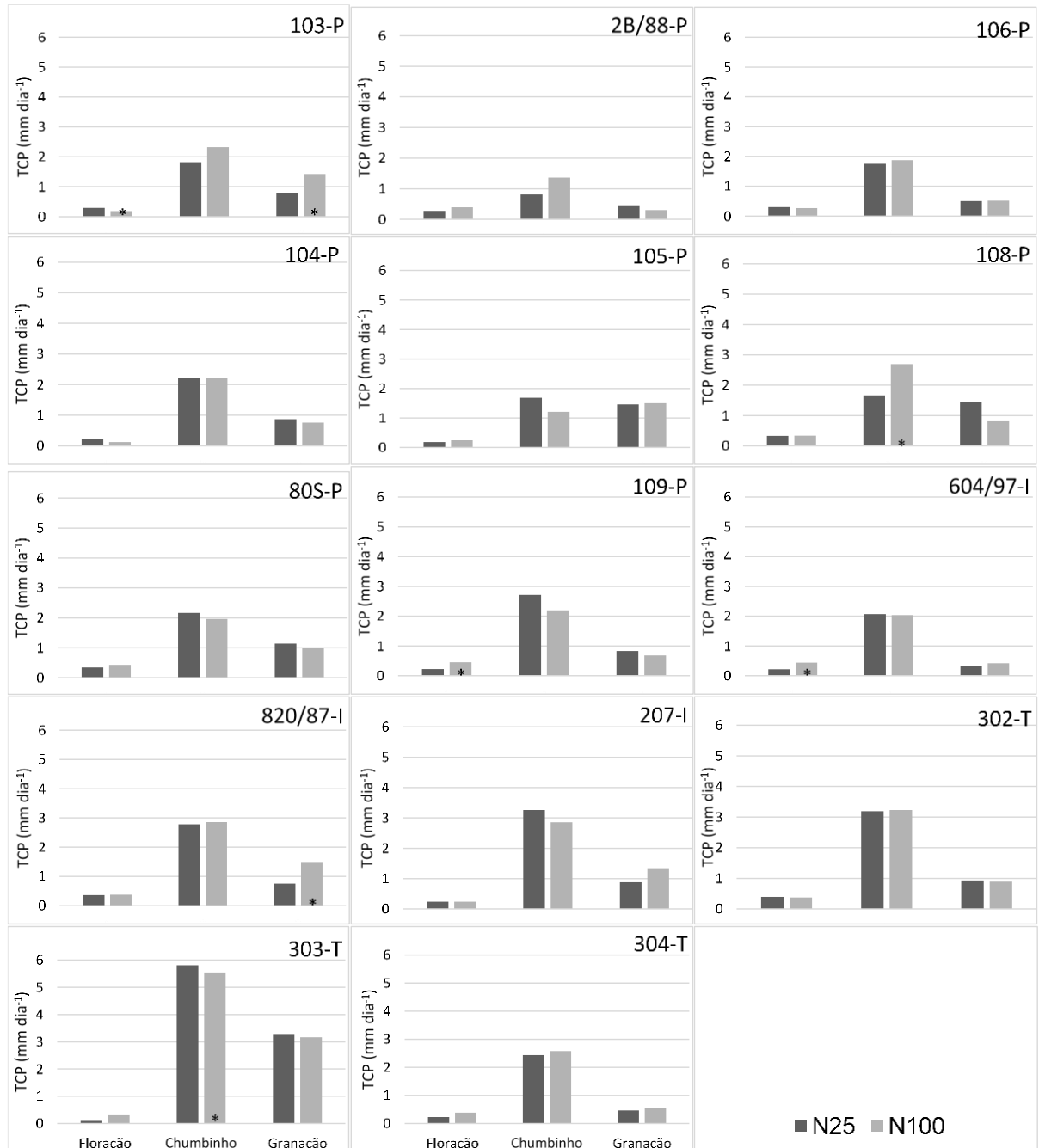
O fator irradiância atuou de forma mais acentuada nos valores de TCP quando comparado ao nitrogênio, padrão similar ao observado em TCO, porém com diferentes magnitudes de crescimento. A fase de chumbinho em média, foi a época com maiores TCP, cerca de foi 2,30 mm dia⁻¹, próximo ao verificado por Venâncio *et al.*, (2019) com 2,0 mm dia⁻¹, alguns outros trabalhos como de Partelli *et al.*, (2010) também observaram maiores TCP na fase de chumbinho.

O nitrogênio raramente interferiram na TCP, na fase de floração, apenas os genótipos 103-P, 109-P e 604/97-I se diferiram, o 103-P obteve maior TCP com N100, cerca de 55% maior a N25, já 109-P e 604/97-I foram com N25, cerca de 105% e 100% a mais que N100. Na fase de chumbinho, os genótipos 108-P e 109-P se diferiram, o 108-P obteve maior TCP com N100, conseguindo 38% a mais ao tratamento contrastante, enquanto o 109-P com N25, obtendo 23% a mais TCP. Na fase de granação, somente os genótipos 103-P e 820/87-I se diferiram, ambos com maiores TCP com N100, com 78% e 100% a mais que N25 respectivamente (Figura 6).

Pesquisas que visem o estudo detalhado da taxa de crescimento do ramo plagiotrópico (TCP) submetidos a distintos tratamentos podem contribuir de sobremaneira para diversas áreas agrônômicas, entre elas a de melhoramento de plantas para condições de estresse abióticos, visto que, aos quais estão contidas as rosetas que em última instância terão frutos.

Como alguns estudos como de Cannell (1975) em cafeeiro arábica, atribui ao sombreamento a diminuição do número de rosetas e crescimento acentuado dos ramos como um dos principais motivos da diminuição da produtividade, desta forma, gerou a demanda nesta pesquisa com cafeeiro Conilon para elucidar possível diferença entre as espécies.

Figura 6 - Taxa de crescimento do ramo plagiotrópico {TCP (mm dia⁻¹)} de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de nitrogênio {25% de N (N25) e 100% de N (N100)} avaliada durante as fases de floração, granação e maturação



Fonte: o autor, Alegre - ES, 28 de fevereiro de 2019. N25: 25% de nitrogênio recomendado; N100: 100% de nitrogênio recomendado. Asterisco (*) indica diferença entre os tratamentos N25 e N100 pelo teste F ($P \leq 0,05$) dentro de uma mesma fase fenológica.

Os genótipos 103-P, 207-I, 302-T e 303-T, diferiram NR entre PS e SB, o 103-P teve o número de rosetas aumentados em 26% quando sombreado, os demais tiveram decréscimo em NR de 39%, 30 e 40% respectivamente. Os genótipos 207-I, 302-T e 303-T, também tiveram comprimento dos entrenós (CE) aumentadas quando sombreadas, conotando deste modo o mecanismo de escape ao sombreamento (Tabela 2).

Já os genótipos 2B/88-P, 106-P, 104-P, 105-P, 108-P, 80S, 109-P, 604/97-I, 820/87-I e 304-T, não alteraram de maneira significativa o número de rosetas quando cultivados a pleno sol ou sombreados, demonstrando certo grau de tolerância a menores irradiâncias, não necessariamente apresentam preferência, visto que os genótipos de forma geral apresentaram maior CE sob sombreamento, algo já esperado, pois se trata de conjunto de genótipos selecionado para cultivo a pleno sol (Tabela 2).

O fator nitrogênio ocasionou alterações no número de rosetas nos genótipos 106-P, 109-P e 303-T, porém de formas distintas, o 106-P obteve maior NR com N25, cerca de 12% a mais ao N100, já o 109-P e 303-T, são com N100, 22% e 53% a mais ao N25 (Tabela 2).

No presente estudo da TCO e TCP nas diferentes fases como floração, chumbinho e granação, assim como no NR e CE de ramos plagiotrópicos do terço médio, de forma geral, a prática do SB favoreceu aumentos de TCO, TCP e CE, algo próximo ao encontrado por Venâncio *et al.* (2019), mas não necessariamente causa diminuição em NR, os aumento verificados são respostas associadas a demanda de maiores irradiâncias dos genótipos.

Entretanto, foi possível observar genótipos que não diferem o crescimento PS e SB, resultado este devido ainda a presença nestas plantas de genes que favorecem o crescimento e manutenção em condições naturais de sub-bosque assim como os que favorecem a condições de pleno sol que foram selecionados durante as etapas de melhoramento, genótipos estes promissores na identificação de tolerância ao sombreamento.

Tabela 3 - Número de rosetas (NR) e comprimento dos entrenós (CE) dos ramos plagiotrópico de 14 genótipos de *Coffea canephora* cultivados sob condições contrastantes de irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)}, e nitrogênio {25% de N (N25) e 100% de N (N100)}, avaliados na colheita do ano safra 2017/18

		NR		CE				NR		CE	
103-P	SB	12,67	A	5,06	A	N25	12,02	A	4,77	A	
	PS	10,06	B	4,47	B		N100	10,71	A	4,75	A
2B/88-P	SB	10,40	A	5,17	A	N25	10,94	A	4,58	A	
	PS	9,25	A	4,84	A		N100	8,71	A	5,43	A
106-P	SB	10,13	A	5,99	A	N25	12,44	A	4,92	B	
	PS	11,06	A	4,50	B		N100	8,75	B	5,57	A
104-P	SB	10,75	A	5,10	A	N25	10,81	A	4,71	A	
	PS	10,56	A	4,39	B		N100	10,50	A	4,78	A
105-P	SB	10,38	A	5,33	A	N25	9,94	A	5,06	A	
	PS	9,31	A	4,37	B		N100	9,75	A	4,63	A
108-P	SB	8,75	A	6,36	A	N25	9,42	A	5,73	A	
	PS	10,25	A	5,22	B		N100	9,58	A	5,86	A
80S-P	SB	12,85	A	4,95	A	N25	11,19	A	4,52	A	
	PS	11,06	A	4,01	B		N100	12,73	A	4,44	A
109-P	SB	8,96	A	5,88	A	N25	7,75	B	5,20	A	
	PS	8,29	A	4,26	B		N100	9,50	A	4,93	A
604/97-I	SB	8,31	A	5,30	A	N25	7,96	A	6,01	A	
	PS	8,46	A	5,34	A		N100	8,81	A	4,63	B
820/87-I	SB	10,31	A	4,68	B	N25	8,77	A	5,24	A	
	PS	8,96	A	5,35	A		N100	10,50	A	4,79	A
207-I	SB	8,58	B	6,26	A	N25	9,92	A	5,55	A	
	PS	12,00	A	4,83	B		N100	10,67	A	5,53	A
302-T	SB	6,58	B	7,70	A	N25	7,67	A	6,90	A	
	PS	8,58	A	5,78	B		N100	7,50	A	6,57	A
303-T	SB	6,75	B	6,99	A	N25	6,42	B	6,32	A	
	PS	9,50	A	5,27	B		N100	9,83	A	5,93	A
304-T	SB	7,67	A	5,94	A	N25	8,75	A	5,05	A	
	PS	8,50	A	4,58	B		N100	7,42	A	5,47	A

Fonte: o autor, Alegre – ES, 28 de fevereiro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra na coluna em cada genótipo avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. NR: número de rosetas; CE: comprimento do entrenó; PS: pleno sol; SB: sombreamento; N100: 100% de nitrogênio recomendado; N25: 25% de nitrogênio recomendado

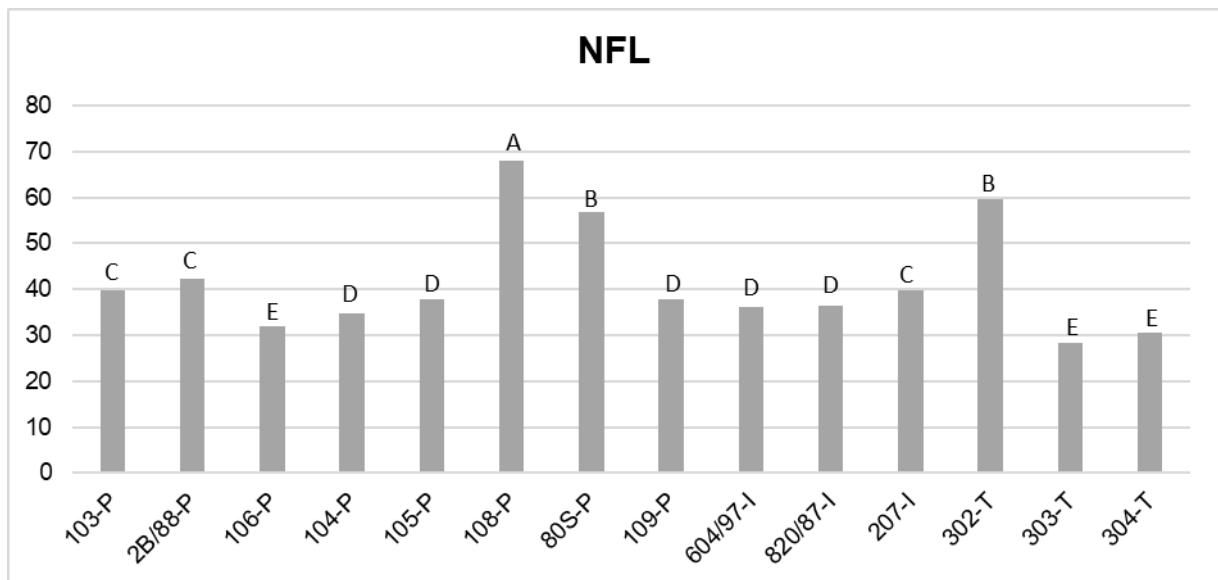
Apenas o fator genotípico se mostrou significativo na determinação do número de flores por roseta (NFL) (Figura 7). O genótipo 108-P exibiu o maior NFL (68 flores), os genótipos 106-P, 303-T e 304-T apresentaram menores valores (32; 28; 31 flores, respectivamente), aproximadamente 124% a menos que o genótipo 108-P. Genótipos de café Conilon, avaliados em lavouras conduzidas a pleno sol na região norte do

Espírito Santo, apresentaram na porção mediana de ramos plagiotrópicos em média de 24 flores (SILVEIRA; CARVALHO, 1996; RONCHI; DAMATTA; SERRANO, 2006).

Mesmo os genótipos que apresentaram menores números de flores neste trabalho, possuíam mais de 24 flores por roseta, Ferrão *et al.* (2011) encontrou variação de até 75% do número de flores por rosetas em trabalho de caracterização morfoagrônômica de café Conilon, contudo, não havia ainda na literatura estudo detalhados especificando os genótipos e produção de flores por roseta.

Destaca-se que a disponibilidade de irradiância não apresentou efeito significativo na determinação do NFL. Portanto, afirmações quanto a diminuição do número de flores no cafeeiro quando cultivados sob sombreamento encontrados na literatura para cafeeiro arábica (CANNELL, 1975; DAMATTA *et al.*, 2015), não se aplicam para Conilon, visto que menor produção de um determinado clone sob sombra não esteve associada com a menor diferenciação de gemas vegetativas em gemas florais (Figura 7).

Figura 7 - Médias dos 14 genótipos de *C. canephora* para a variável número de flores por roseta (NFL; unidade)



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, todos a 5% de significância.

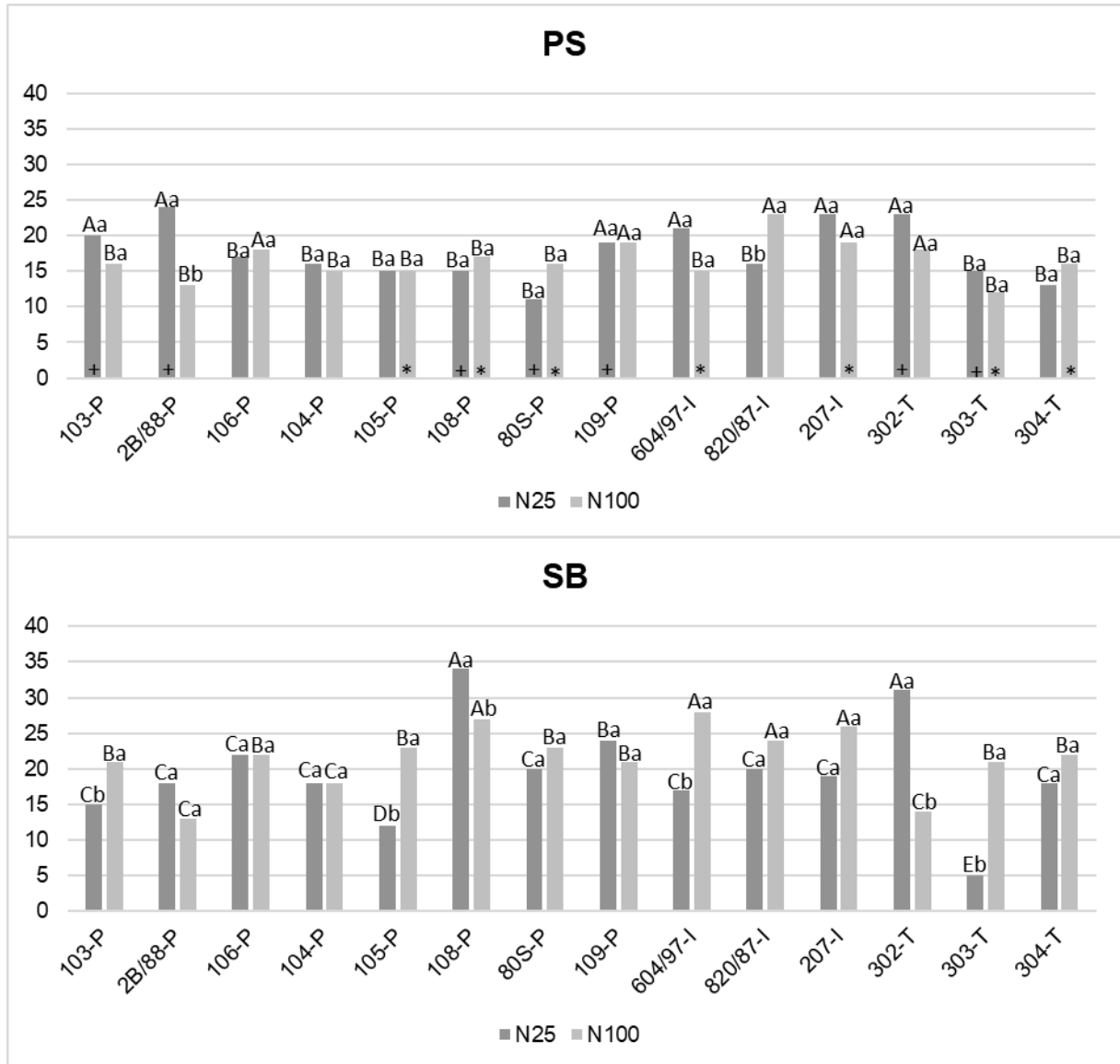
Contudo, não necessariamente maior número de flor acarretará em maiores produtividades, pois na literatura é descrito que o pegamento de flores até formar os frutos é altamente dependente das condições edafoclimáticas, sendo em torno de 30 a 40 % (SILVEIRA; CARVALHO, 1996; RONCHI; DAMATTA; SERRANO, 2006).

No estudo de número de frutos por roseta (NFR), foi verificada a interação significativa G x I x N, sendo assim necessário o estudo detalhado da variável (Tabela 2). A PS, apenas os genótipos 2B/88-P e 820/87-I diferenciaram NFR, quando foi alternado o nitrogênio (N), o 2B/88-P apresentou maior NFR com N25, enquanto 820/87 com N100. Quando comparados os genótipos com maior NFR no cultivo PS com N100, o 106-P, 109-P, 820/87-I, 207-I e 302-T expressaram os maiores valores médios, enquanto N25, reuniu vários genótipos, sendo eles 103-P, 2B/88-P, 109-P, 604/97-I, 207-I e 302-T (Figura 8).

No cultivo SB, os genótipos 103-P, 105-P, 108-P, 604/97-I, 302-T e 303-T se diferiram quanto aos tratamentos N100 e N25, o 108-P e 302-T apresentam maiores NFR com N25, já os genótipos 103-P, 105-P, 604/97-I e 303-T foram com N100. O SB com N100 aumentou o NFR do 105-P, 108-P, 80S-P, 604/97-I, 207-I, 303-T e 304-T, nos demais não foi visualizada diferenças estatísticas com o cultivo a PS. O N25 proporcionou maior NFR quando cultivado a PS para 2B/88-P e 303-T, e para SB os genótipos 108-P, 109-P e 302-T (Figura 8).

Portanto, ficou notado que fatores ambientais como irradiâncias e nitrogênio podem moldar o NFR. A manutenção de maior número de frutos bem como tamanho, peso, qualidade e entre outros estão relacionados a capacidade que a planta consegue realizar fotossíntese e realocar estes e alguns nutrientes aos drenos prioritários que são os frutos.

Figura 8 - Médias dos desdobramentos dos fatores nitrogênio {25% de nitrogênio (N25) e 100% de nitrogênio (N100)} x genótipos (I) e irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} x genótipos (II) para a variável número de frutos por roseta - NFR



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. SB: sombreamento; PS: pleno sol; N25: 25% de nitrogênio; N100: 100% de nitrogênio. Médias dos grupos seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para grupos em cada respectivo tratamento (PS/N100; PS/N25; SB/N100; SB/N25) pelo teste de Scott-Knott e letras minúsculas na comparação dos tratamentos N100/N25 em cada grupo pelo teste de Tukey, (*) diferem entre si os grupos na comparação PS/N100 com SB/N100 pelo teste F, (+) diferem entre si os grupos na comparação PS/N25 com SB/N25 pelo teste F, todos a 5% de significância.

Foi verificado a presença de interação entre irradiâncias x genótipos, assim como nitrogênio x genótipos na formação de frutos boias (PFB). O genótipo 106-P apresentou 18% de PFB a PS, sendo o maior valor observado entre os genótipos cultivados neste sistema, entretanto, este mesmo genótipo quando cultivado a SB

diminui para 13 % de PFB. O genótipo 103-P, 105-P, 108-P e 302-T foram os que menos apresentaram PFB a PS (Figura 9).

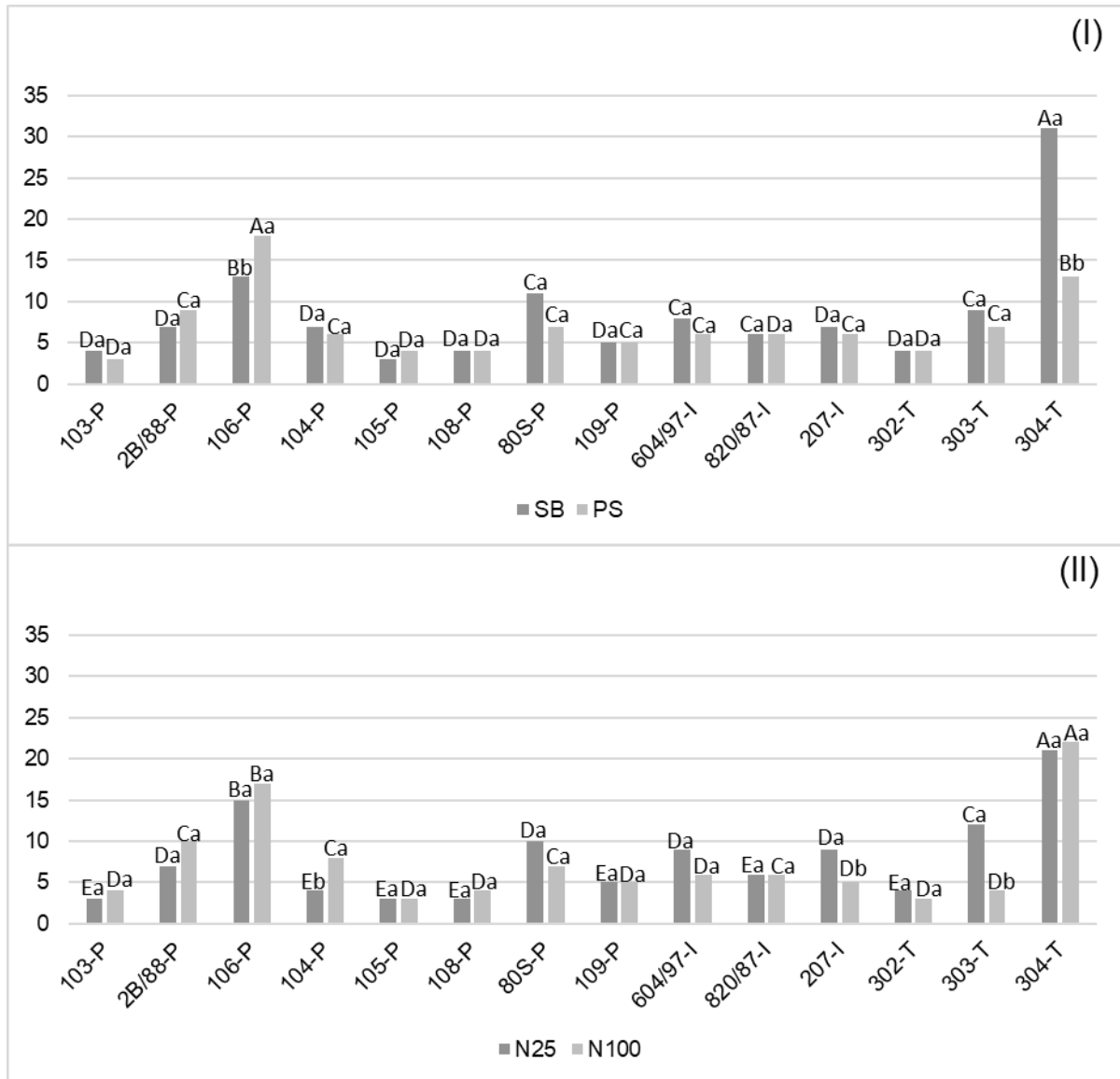
No cultivo sombreado o genótipo 304-T apresentou 31% de PFB, enquanto o mesmo a PS 13%, a menor disponibilidade de irradiância pode ter diminuído os níveis energéticos deste genótipo atrapalhando inclusive o dreno principal que é o fruto. Os genótipos 103-P, 2B/88-P, 104-P, 105-P, 108-P, 109-P, 820/87-I, 207-I e 302-T tiveram os menores PFB sombreados (Figura 9).

Com a crescente demanda no padrão de consumo de cafés, cada vez mais é almejado maiores produtividades, entretanto, o público consumidor tem solicitado cafés de maior qualidade, diversos fatores podem interferir na produtividade e na qualidade final do produto, entre eles a presença de frutos “Boias”, que são aqueles que tem menor densidade e flutuam em água devido estarem com sementes danificadas, não formadas, verdes, brocados ou já passados, o que desfavorece a qualidade final de bebida e comercialização.

As diferentes disponibilidades de N também influenciam na PFB dos genótipos, o 304-T foi o genótipo que apresentou maior número de frutos boia tanto com N100, como em N25, sendo está característica possivelmente intrínseca ao genótipo, que influencia diretamente na produção. Comparando a PFB em cada genótipo para N100 e N25, verificou-se que maiores valores em N25 no 207-I e 303-T, em N100 o 104-P (Figura 9).

Em trabalho desenvolvido por Venâncio *et al.* (2019), foi observado que o 105-P, que também é conhecido como 12V, com maior PFB a PS, comparando diferentes intensidades de sombreamento, diferindo do resultado encontrado neste trabalho. Assim como 106-P, que também conhecido por 6V, onde não foi encontrado diferenças de PFB a PS com SB de baixa e média intensidade, contrastando ao observado nesta pesquisa com maior PFB a PS. Portanto, estes resultados demonstram que esta variável é altamente dependente das condições ambientais, pois os mesmos genótipos respondem de forma alternada.

Figura 9 - Médias dos desdobramentos dos fatores genótipos x irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} (I) e genótipos x nitrogênio {e 25% de nitrogênio (N25) e 100% de nitrogênio (N100)} (II), para a variável frutos boa – PFB em %.



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. SB: sombreamento; PS: pleno sol; N25: 25% de nitrogênio; N100: 100% de nitrogênio. Médias dos grupos seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para grupos em cada respectivo tratamento (PS/N100; PS/N25; SB/N100; SB/N25) pelo teste de Scott-Knott e letras minúsculas na comparação dos tratamentos N100/N25 em cada grupo pelo teste de Tukey, todos a 5% de significância.

Interação entre irradiâncias x genótipos, assim como nitrogênio x genótipos foram verificadas na clorofila total (CHL). Os genótipos 106-P, 104-P, 105-P, 108-P, 80S-P e 109-P aumentaram a quantidade de clorofila total quando cultivados no sombreamento, 29, 19, 17 e 27% a mais aos cultivados. Este maior acúmulo de

clorofila tratamento sombreamento pode ser devido a compensação da espécie a menor quantidade de irradiação disponível.

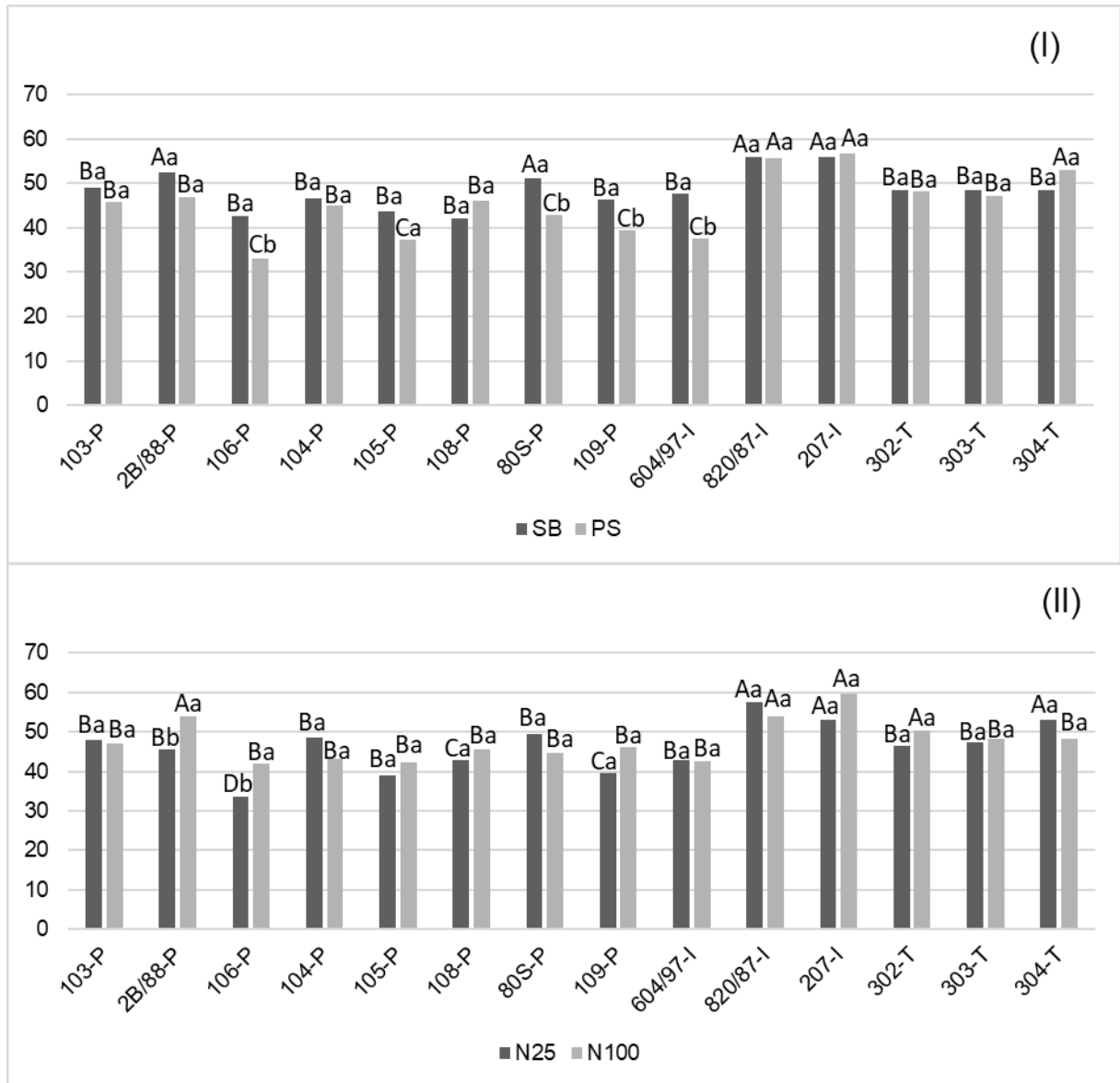
As CHL foliares são controlados pela irradiância solar, na presença de intensidades mais elevadas de radiação, as moléculas de clorofilas são mais expostas a processos fotoxidativos, portanto, obtendo-se o balanceamento com níveis de irradiação mais baixas (KRAMER; KOSLOWSKI, 1979). Portanto, folhas de sombra em tese, teriam maiores concentrações de clorofilas em relação às crescidas sob pleno sol.

Entretanto, foi verificado que os demais genótipos (103-P, 2B/88-P, 106-P, 104-P, 105-P, 108-P, 80S-P, 109-P, 604/97-I, 820/87-I, 207-I, 302-T, 303-T e 304-T) não apresentam diferenças no teor clorofila total quando submetidos ao tratamento de PS e SB. Possivelmente estes genótipos apresentam aparato fotossintético eficientes, não necessitando maiores quantidade de CHL quando sombreados até 30%. Venâncio (2015) também observou que não há diferenças significativas entre os teores de clorofilas para os genótipos 105-P e 106-P quando cultivados a PS e sob SB (30%).

Os genótipos 820/87-I e 207-I apresentam elevados teores de clorofila total tanto quando cultivados a pleno sol e sob sombreamento, ou seja, são genótipos que possivelmente apresentam maiores absorbâncias foliares, dessa forma, devem apresentar maiores quantidades de energia efetivamente absorvidas pela fotossíntese.

Os diferentes tratamentos com de N influenciaram pouco na CHL dos genótipos, apenas os genótipos 2B/88-P se diferenciaram, ambos tiveram maiores teores de CHL com N100, os demais não se diferenciaram. Contudo, diferenças genéticas são identificadas entre os genótipos, o 820/87-I e 207-I apresentam maiores CHL com N100 e N25, deste modo, contribuindo com o resultado encontrado de CHL para fator irradiância, onde que estes genótipos apresentaram valores superiores de CHL independentemente do tratamento, pois CHL apresenta correlação positiva com a concentração foliar de N, cerca de 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos nas moléculas de clorofila, as quais apresentam papel vital no desenvolvimento e produção das culturas (Gil *et al.*, 2002).

Figura 10 - Médias dos desdobramentos dos fatores genótipos x irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} (I) e genótipos x nitrogênio {25% de nitrogênio (N25) e 100% de nitrogênio (N100)} (II), para a variável Clorofila total (CHL).



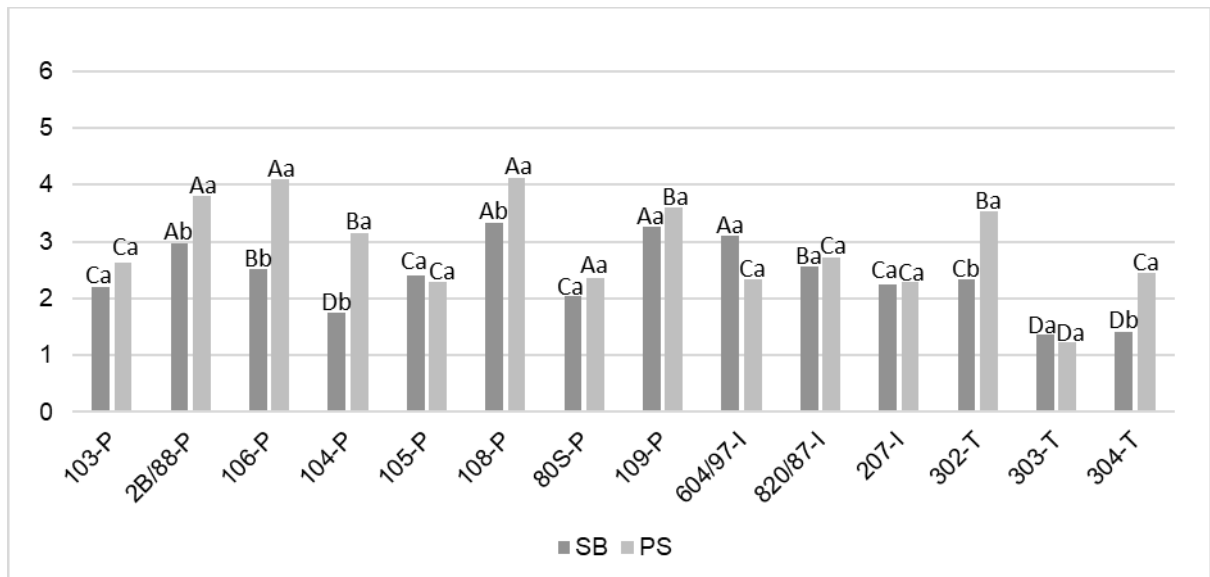
Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. SB: sombreamento; PS: pleno sol; N25: 25% de nitrogênio; N100: 100% de nitrogênio. Médias dos grupos seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para grupos em cada respectivo tratamento (PS/N100; PS/N25; SB/N100; SB/N25) pelo teste de Scott-Knott e letras minúsculas na comparação dos tratamentos N100/N25 em cada grupo pelo teste de Tukey, todos a 5% de significância.

Foi encontrado significância entre irradiância x genótipos para a produção estimada de grãos beneficiados (PGE), indicando que os genótipos apresentaram desempenho diferenciado frente às diferentes condições de cultivo de disponibilidade de irradiâncias. Assim, fez-se necessário um estudo analítico do comportamento dos genótipos de *C. canephora* diante a essas variações (Figura 11).

Ao longo do estudo foram comprovadas alterações no NFR e PFB nos genótipos de *C. canephora* analisados quando submetidos a alterações de irradiância e de nitrogênio, o que em última instancia resulta em alterações de PGE de certos genótipos. O fator nitrogênio não influenciou na PGE, possivelmente será observado o efeito deste fator em safras subsequentes, visto a vital função do nitrogênio na produtividade do cafeeiro (MALAVOLTA, 1986).

Os genótipos 2B/88-P, 106-P, 104-P, 108-P, 302-T e 304-T alcançaram maiores PGE quando cultivados a pleno sol, enquanto os demais genótipos 103-P, 105-P, 80S-P, 109-P, 604/97-I, 820/87-I, 207-I e 303-T não diferiram entre PS e SB na PGE, resultado este promissor na identificação de genótipos com tolerância ao sombreamento, visto que são poucos os trabalhos na literatura (VENÂNCIO *et al.*, 2019) que relatam de maneira científica genótipos de *C. canephora* promissores para cultivos sombreados (Figura 11).

Figura 11 - Médias dos desdobramentos dos fatores irradiância {sombreamento (SB) e pleno sol (PS)} x genótipos para a produção de grãos estimados (PGE) em kg planta⁻¹



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para grupos em cada respectivo tratamento Irradiância (PS e SB) pelo teste de Scott-Knott e letras minúsculas na comparação entre PS e SB em cada genótipo pelo teste Tukey, todos a 5% de significância.

No presente estudo nenhum genótipo superou a PGE a PS quando SB, mesmo mantendo os mesmos tratamentos culturais, DaMatta *et al* (2015) ressalta 3 fatores para

este resultado, como menor assimilação de carbono pela planta inteira em função a menor distribuição de irradiação sob condição excessiva de sombreamento; maior estímulo de gemas vegetativas as florais (CANNELL, 1975); e redução do número de nós formados por ramo (CASTILLO, 1966), contudo, no presente estudo apenas a diminuição da assimilação de carbono na planta inteira é aceitável para PGE encontrada no SB, visto que o NR e NFL não sofreram alterações significativas para diferentes irradiâncias.

Foi identificado alta produtividade para o 2B/88-P, 106-P e 108-P para cultivos a pleno sol, e os genótipos 2B/88-P, 108-P, 109-P, 604/97-I com até 30% de sombreamento (Figura 10). Entretanto, deve-se salientar que os genótipos em estudo apresentam genética superior, sendo muitos já lançados, portanto, favorecendo altas produtividade como um todo. O genótipo 303-T o que menos produziu a pleno sol, quando extrapolando para um hectare corresponderia a aproximadamente 57 sc ha⁻¹, sendo este resultado 50% maior que a média obtida para o ES em 2018, assim como no sombreamento com os genótipos 303-T e 304-T superando em torno de 67% (CONAB, 2018).

A elevada capacidade produtiva da espécie *C. canephora* e orquestrada por diversos fatores, alguns pesquisadores chamam a atenção para abundante formação de botões florais e elevada taxa de pegamento de flores a frutos (CANNELL, 1985; DAMATTA, 2015; SOUZA, 2015), corroborando com observado neste trabalho.

Por se tratar de genótipos elites melhorados geneticamente para cultivos a pleno sol, a identificação de genótipos que expressem elevadas produtividades em condições de sombreamento pode auxiliar em anos de pesquisas para futuras cultivares de *C. canephora* tolerantes ao sombreamento, alguns fatores como elevadas temperaturas, algumas vezes superior a 38° C em fases críticas como enchimento dos grãos (PARTELLI *et al.*, 2014) são atenuadas com a prática do sombreamento, deste modo, podem de certa forma diminuir a fotorrespiração que tende a ser elevada em altas temperaturas, que em última instância leva a diminuição do saldo de carboidratos para formação de estruturas, entres elas as produção de frutos (TAIZ *et al.*, 2017).

Assim quando sombreados, teoricamente são atenuados os gastos com fotorrespiração, contudo, o custo energético em investimento em estrutura vegetativa

parece ter superado o possível saldo de carboidratos às custas da diminuição dos estresses oxidativos da fotorrespiração para alguns genótipos que não mantiveram as mesmas produções em SB aos de PS.

Outro fato a ser analisado é quanto ao fornecimento de N, pois estimula a expressão gênica de enzimas do ciclo do carbono e do nitrogênio, aos quais algumas etapas são interdependentes e de certa forma, competitivos pois parte do ATP e NADPH formados na fase fotoquímica que são consumidos na assimilação N (MAJEROWICZ; PERES, 2004), e são processos inter-relacionados no cloroplasto (TAIZ *et al.*, 2017). Contudo, não se observou aumentos produtivos em função das distintas doses de N, mas a manutenção da produtividade, doses menores de N geraram o não adequado crescimento vegetativo, o que possivelmente levará a bienalidade de certos genótipos, o que é algo incomum nas cultivares melhoradas de *C. canephora* em cultivos a PS.

Na literatura, são escassos trabalhos de caracterização dos métodos de seleção adequados para explorar a interação genótipo x ambiente com estresses abióticos, em especial para espécie do cafeeiro *C. canephora*. A análise de variância conjunta indicou interação significativa entre irradiância x genótipos (Tabela 2). A identificação do efeito significativo da interação indica que os genótipos apresentaram produção de grãos distintos nas diferentes irradiâncias. Interações em certos casos podem dificultar o processo de melhoramento de espécies perenes, devido resultar na diminuição de ganhos com a seleção de plantas, neste caso, é necessário utilizar diversas estratégias de seleção (ROCHA *et al.*, 2015).

O parâmetro α (alfa) é um estimador da eficiência de utilização de recursos, considerando o aumento da variável analisada devido ao fornecimento do recurso às plantas. Foram calculados e plotados a eficiência e responsividade dos genótipos de café Conilon do banco ativo de germoplasma (BAG) do Incaper quanto aos fatores irradiância com N100 e N25, e fator nitrogênio a PS e SB, em relação a produção de grãos estimada (PGE), de acordo com a metodologia utilizada por Fox (1978) (Figura 12 e 13).

A classificação da maioria dos genótipos quanto a eficiência e responsividade se alteraram de acordo com o fator analisado em combinação aos níveis do outro fator.

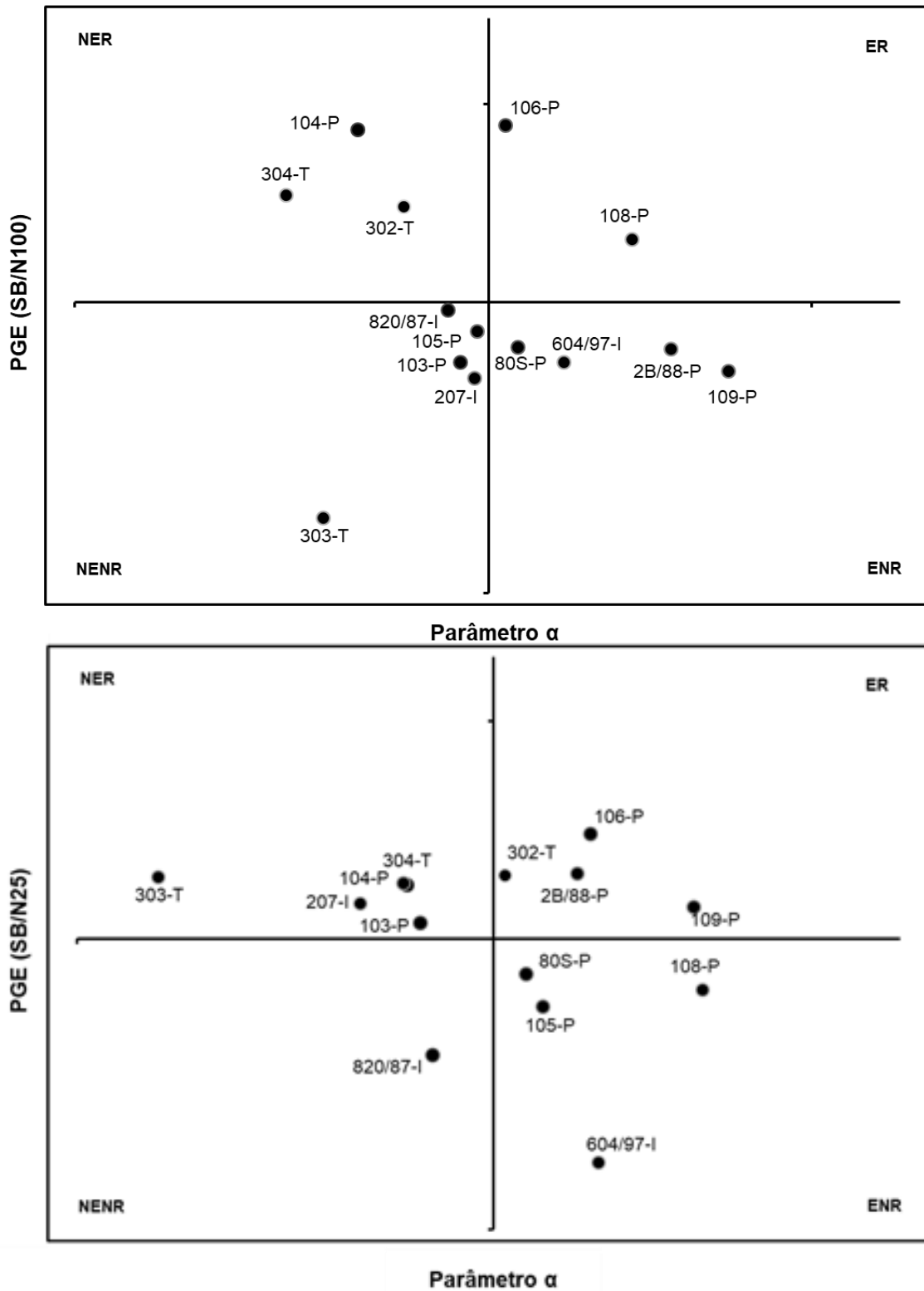
Os genótipos 106-P e 108-P foram classificados como eficientes e responsivos (ER) a diferentes irradiâncias quando cultivado com N100, contudo, com N25, são os genótipos 106-P, 109-P e 302-T que foram ER, ou seja, estes genótipos dentro das particularidades de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio, apresentam elevadas produtividades quando sombreados e quando estão a pleno sol (Figura 12).

Independentemente da disponibilidade de nitrogênio ofertado, os genótipos 106-P foi ER, 104-P NER, 604/87-I e 304-T ENR, e 820/87-I NENR. Estes genótipos demonstraram de forma robusta a eficiência e responsividade a distintas irradiâncias (Figura 12). Dados estes relevantes, pois possibilita a comunidade científica realizar novos estudos com a temática já com genótipos caracterizados com diferentes irradiâncias.

Quanto a eficiência e responsividade ao nitrogênio, os genótipos 106-P e 108-P foram classificados ER quando cultivado a PS, e quando sombreado, foram os genótipos 2B/88-P, 80S-P e 109-P, ou seja, estes genótipos apresentaram elevados valores de PGE com baixa e elevada disponibilidade de N (Figura 13). O genótipo 820/87-I foi ENR e o 304-T NENR ao nitrogênio tanto a PS quanto no SB. Os genótipos de *C. canephora* foram menos consistentes na classificação de eficiência e responsividade a N quando comparado ao de irradiância.

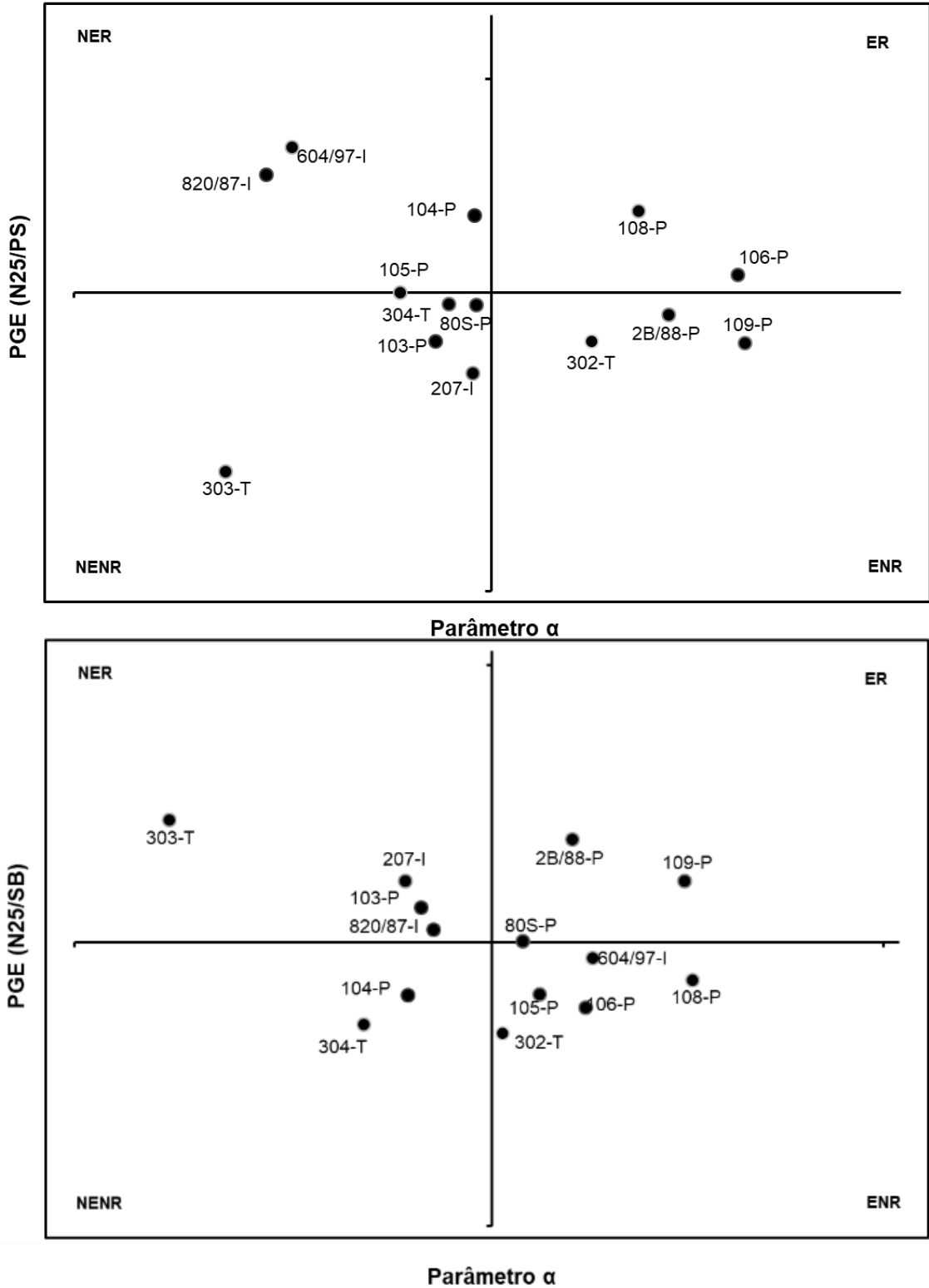
São desconhecidos estudos que tangem a eficiência e responsividade a irradiância de genótipos de *C. canephora*. Entretanto, quanto a parte nutricional, há alguns trabalhos que mensuraram a biomassa na fase inicial de crescimento como de fósforo por Martins *et al.* (2015), nitrogênio por Machado *et al.* (2016) e simultaneamente NPK por Martins *et al.* (2016). Nestes trabalhos estavam presente o genótipo 106-P, também conhecido como 48 e 6V, sendo estes classificados como NER para P e N quando analisado isoladamente, e de forma conjunta NPK como ER, assim como foi verificado para a produção de grãos em diferentes irradiâncias variando as disponibilidades de N e ao nitrogênio a PS (Figuras 12 e 13).

Figura 12 - Eficiência e resposta a irradiâncias {pleno sol (PS) e sombreamento (SB)} em diferentes disponibilidades de nitrogênio {100% de nitrogênio (N100) e 25% de nitrogênio (N25)} de 14 genótipos de *C. canephora*



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. ER: eficiente e responsivo; NER: não eficiente e responsivo; NENR: não eficiente e não responsivo; ENR: eficiente e não responsivo.

Figura 13 - Eficiência e resposta ao nitrogênio {100% de nitrogênio (N100) e 25% de nitrogênio (N25)} em diferentes disponibilidades de irradiância {pleno sol (PS) e sombreamento (SB)} de 14 genótipos de *C. canephora*



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. ER: eficiente e responsivo; NER: não eficiente e não responsivo; NENR: não eficiente e não responsivo; ENR: eficiente e não responsivo.

Mas os distintos resultados obtidos neste trabalho podem colaborar com questionamentos contidos na comunidade científica como o levantado por Rodríguez-López *et al.* (2014), em relação ao cafeeiro ser considerado uma espécie que exige sombra. Em partes, pois foi verificado para alguns genótipos de *C. canephora* que podem ser cultivados nos dois sistemas de irradiância e serem produtivos, sem desmensuradas modificações morfológicas, contudo, deve ser ressaltado que esta afirmativa é para a intensidade do sombreamento realizada no presente trabalho, assim mantendo produções comerciais competitivas em ambos sistemas.

CONCLUSÃO

O fator genotípico expressou diferenças em todas as variáveis verificadas, confirmando a elevada variabilidade genética na espécie.

O fator irradiâncias propiciou efeitos significativos no crescimento e na produção de alguns genótipos.

O fator nitrogênio foi o menos atuante, não proporcionando grandes alterações nos fenotípicas, indicando a necessidade novos estudos de calibração de doses para as cultivares modernas de café Conilon.

O nitrogênio não interferiu nos efeitos de sombra (30%) para variável produção.

O genótipo 106-P eficiente e responsivo a irradiâncias na produção de grãos.

Os genótipos 2B/88-P, 108-P e 109-P foram os mais produtivos em condição de sombreamento, sendo promissores para cultivos consorciados/sombreados

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. *et al.* Mapa de classificação climática de G. Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.

BORNHOFEN, E. *et al.* Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v. 76, n. 1, 2017.

CASTILLO, J.; LOPEZ, R. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. 1966.

CANNEL, M. G. R. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffee**: botany, biochemistry and production of beans and beverage. London: Westport Conn Helm, p.108-134. 1985.

CAVATTE, P. C. *et al.* Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**. v. 144, n.1, p. 111–122. 2012.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2016) ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. **V. 5 - SAFRA 2018 - N.1 - Primeiro levantamento - JANEIRO 2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/cafe>>. Acessado em: 10 maio, 2018.

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DAMATTA *et al.* Café Conilon: do plantio a colheita. **Viçosa, Universidade Federal de Viçosa**, 2015. 257p.

DONAGEMA, G.K. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 225p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Notícias. **Café é a segunda bebida mais consumida no Brasil. 2015**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2574254/cafe-e-a-segunda-bebida-mais-consumida-no-brasil>>. Acesso: 10 de fevereiro de 2019.

FERRÃO, M. A. G. *et al.* Origem, dispersão, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora* In: FERRÃO, R. G. *et al.* (2 eds.). **Café Conilon**. Vitória: **Incaper**, Cap.4, p.81-97, 2017.

FERRÃO, M. A. G. *et al.* Caracterização morfo agrônômica de café conilon. In: VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, **Anais ...Araxá, MG**. 2011.

FIALHO, G. S. **Análises biométricas em grãos de café conilon**. Tese (doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa – MG, 89 p.

FONSECA, A. *et al.* Café Conilon: do plantio a colheita. **Viçosa, Universidade Federal de Viçosa**, 2015. 257p.

FOX, R.H. Selection for phosphorus efficiency in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.9, n.1, p.13-37, 1978.

FRACASSO, A; TRINDADE, L. M.; AMADUCCI, S. Drought stress tolerance strategies revealed by RNA-Seq in two sorghum genotypes with contrasting WUE. **BMC plant biology**, v. 16, n. 1, p. 115, 2016.

GIL, P. T. *et al.* Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.611-615, 2002.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – IOC. Disponível em: < <http://www.ico.org/> > Acesso em: jan.2019.

IPCC. Relatório, 2018. Disponível em:< <https://www.ipcc.ch/>>. Acesso em 07 de janeiro de 2018.

JESUS JUNIOR, W.C. *et al.* **Mudanças Climáticas: Potencial Impacto na Sustentabilidade da Cafeicultura**. In: TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T.; JESUS JUNIOR, W.C. (ORG.). Inovação, Difusão e Integração: Bases para a Sustentabilidade da Cafeicultura. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2012. 179-201.

KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI, T. 1979. **Physiology of woods plants**. New York: Academic, 811 p.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, n. 6, 2007.

LEMOINE, R. *et al.* Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 7, p. 1-21, 2013.

MACHADO, L. S. *et al.* Efficiency and response of conilon coffee genotypes to nitrogen supply. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 35, p. 1892-1898, 2016.

MAJEROWICZ, N.; PERES, L. E. P. Fotomorfogênese em plantas. **KERBAUY, GB Fisiologia vegetal**, v. 2, 2004.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**, p. 165-275, 1986.

MARTINS, L. D. *et al.* Genotypes of conilon coffee can be simultaneously clustered for efficiencies of absorption and utilization of N, P and K. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 38, p. 3633-3642, 2016.

- MARTINS, L. D. *et al.* Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**. v.14, n.1, p. 10576-10587. 2015.
- PARTELLI, F. L. *et al.* Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, 2010.
- PARTELLI, F. L. *et al.* Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 872-881, 2014.
- PEDROSA, A. W. *et al.* Resíduo de brachiaria fertilizada com nitrogênio na adubação do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.
- PEZZOPANE *et al.* Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1257-1263, 2010.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.
- RICCI, M. S. F. *et al.* Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.
- ROCHA, R. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em *Coffea canephora*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1531-1537, 2015.
- RONCHI, C. P. *et al.* Crescimento de frutos de clones de café conilon de maturação precoce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32, 2006, **Anais...** Poços de Caldas, MG. Varginha, MG: MAPA/PROCAFÉ. p. 114-115. 2006.
- RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. **Aspectos fisiológicos do Café Conilon**. In: FERRÃO *et al.* **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2017. p.103-124.
- RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F. *et al.* Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and experimental botany**, v. 102, p. 1-10, 2014.
- SILVEIRA, J. S. M. Irrigação em café: café Conilon irrigado no Espírito Santo. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE CAFÉ, 2., 1996, Vitória. **Anais...** Vitória: CETCAF, 1996.
- SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S. de. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café Conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996. Águas de Lindólia. **Anais...** Águas de Lindólia: SDR/PROCAFÉ/EMBRAPA, 1996.

SOUZA, D. M. **Adaptações morfofisiológicas de genótipos de *C. canephora* L. submetidas a diferentes níveis de irradiâncias e disponibilidade hídrica.** 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. 2015.

TAIZ, L *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6 ed. Artmed Editora, 2017.888p.

WAY, D. A.; LONG, S. P. Climate-smart agriculture and forestry: maintaining plant productivity in a changing world while minimizing production system effects on climate. **Plant, cell & environment**, v. 38, n. 9, p. 1683-1685, 2015.

USDA – United States Department of Agriculture (2018). **Coffee: World Markets and Trade. Coffee.** Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: 10 janeiro. 2019.

VENANCIO, L. P. *et al.* Vegetative growth and yield of robusta coffee genotypes cultivated under different shading levels. **Biociencia Jornal.**, 2019.

VENCOVSKY, R. I. Herança quantitativa. **Melhoramento e produção de milho**, v. 2, p. 137-214, 1987.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Quadrados médios da análise de variância dos genótipos de *Coffea Canephora* submetidos a irradiâncias e nitrogênio contrastantes

FV	GL	TCO-I	TCO-II	TCO-III	TCP-I	TCP-II	TCP-III	CTO	CTP
G	13	1,37***	2,62***	4,74***	0,08**	6,44***	1,96***	868***	7391***
Resíduo a	42	0,13	0,23	0,39	0,03	0,34	0,17	95,4	34,4
I	1	12***	92,7***	25***	1,49***	23***	0,37	13805***	1084***
G x I	13	0,73***	1,16**	1,34***	0,06	0,92*	0,59**	328**	122,8***
Resíduo b	42	0,11	0,28	0,52	0,03	0,37	0,19	112	27,8
N	1	0,67	0,15	0,60	0,11	0,21	0,06	0,02	2,59
G x N	13	0,53***	1,06	0,78*	0,04	0,69**	0,52*	150	28
N x I	1	0,12	0,15	2,11**	0,19*	0,01	0,05	90	19
G x I x N	13	0,31***	0,99	0,30	0,04	0,63*	0,35	82	41
Resíduo c	84	0,09	0,41	0,34	0,02	0,23	0,27	105,5	29
CV% 1		48,4	9,9	25,5	59,0	25,3	45,9	15,4	18,2
CV% 2		44,5	11,0	29,4	59,0	26,4	48,5	16,7	16,4
CV% 3		40,2	13,3	23,8	48,2	20,8	57,8	16,2	16,7
\bar{x} Geral		0,75	4,82	2,45	0,29	2,30	0,90	63,48	32,22
FV	GL	NR	CE	NFL	PPF	NFR	PFB	CHL	PGE
G	13	27***	5,84***	2192***	1566***	125***	427***	444***	7,04***
Resíduo a	42	2,1	0,14	25,2	111	17	10,8	58,9	0,36
I	1	2,57	52***	26	3644***	675***	104*	557***	14**
G x I	13	13***	2,11***	45	327*	67***	104***	88*	1,73***
Resíduo b	42	2,5	0,27	54	145	16	8,9	39,8	0,28
N	1	0,45	0,45	12	328	23	6,44	126*	0,04
G x N	13	13***	1,19***	38	784***	107***	37***	99*	0,64
N x I	1	70***	0,75	1,19	1280**	111**	2,37	12	0,46
G x I x N	13	13***	0,68**	48	734***	77***	14	36	0,63
Resíduo c	84	3,49	0,25	30	149	12,9	15,8	43,4	0,43
CV% 1		15,1	7,1	12,1	22,0	22,1	42,8	16,4	22,7
CV% 2		16,5	9,8	17,7	25,2	21,4	38,8	13,4	20,0
CV% 3		19,4	9,5	13,2	25,5	19,2	51,7	14,0	24,8
\bar{x} Geral		9,61	5,28	41,44	47,88	18,66	7,68	46,93	2,65

Fonte: o autor, Alegre – ES, 28 de fevereiro de 2019, (***), (**), (*) significativo a 0,1%, 1% e 5% respectivamente pelo teste F, I: irradiância; N: nitrogênio; G: genótipos; TCO-I: taxa de crescimento do ramo ortotrópico durante a fase de floração; TCO-II: : taxa de crescimento do ramo ortotrópico durante a fase de chumbinho; TCO-III: : taxa de crescimento do ramo ortotrópico durante a fase de granação; TCP-I: taxa de crescimento do ramo plagiotrópico durante a fase de floração; TCP-II: : taxa de crescimento do ramo plagiotrópico durante a fase de chumbinho; TCP-III: : taxa de crescimento do ramo plagiotrópico durante a fase de granação; NR: numero de ramos; CE: comprimento dos entrenós; NFL: número de flores por roseta; PPF: porcentagem de pegamento de flores a frutos; NFR: numero de frutos por roseta; RFF: relação folha fruto; PFB: porcentagem de frutos boa; CHL: clorofila total; PGE: produção estimada de grãos.

APÊNCICE B – Quadrados médios da análise de variância individual de cada genótipos de *Coffea Canephora* submetidos a irradiâncias e nitrogênio contrastantes para as variáveis taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCO) em mm dia⁻¹ nos períodos de floração (FLO), Chumbinho (CHU) e granação (GRA)

FV	103-P				2B/88-P			106-P		
	GL	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.68*	4.81**	0.52	2.70***	13.03***	7.38*	0.00	10.51***	4.25*
Resíduo a	6	0,40	0,07	0,52	0,04	0,32	0,94	0,05	0,85	0,50
N	1	0.42	0.44	3.15*	0.01	0.09	1.00*	0.02	1.07*	0,80
I x N	1	0.00	0.06	0.46	0.01	0.05	0.10	1.19**	0.49	0,02
Resíduo b	6	0,49	0,45	0,28	0,54	0,54	0,13	0,04	0,013	0,35
CV1%		51,6	5,4	30,6	27	12,5	56,5	39,8	7,93	38,1
CV2%		56,7	13,6	22,5	29	16,3	21,5	37,6	7,84	31,6
FV	104-P				105-P			108-P		
	GL	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	1.70*	4.90**	0.96**	0.38	0,00	0,00	2.07**	6.49*	0.77
Resíduo a	6	0,16	0,02	0,03	0,15	0,45	0,35	0,26	0,05	0,49
N	1	1.08**	0.00	0.41	0.10	1,34	0,27	1.79*	0.01	0.35
I x N	1	0.06	0.56	0.08	1.99**	3,64*	0,28	0.09	0.10	0.43
Resíduo b	6	0,07	0,18	0,28	0,15	0,45	0,32	0,22	0,80	0,08
CV1%		36,5	8,4	6,6	56,2	15,1	34,1	39,8	14,9	37
CV2%		23,5	7,9	20,2	62,3	15	32,7	36,6	18,9	15,7
FV	80S-P				109-P			604/67-I		
	GL	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.17	9.21***	0.08	1.96***	10.09**	4.90**	5.46***	11.98**	5.77***
Resíduo a	6	0,14	0,21	0,49	0,18	0,45	0,44	0,07	0,11	0,15
N	1	0.16	1.57***	0.00	2.16***	2.03**	1.21	0.55	0.01	0.01
I x N	1	0.01	0.00	0.11	0.35*	0.61	1.07	0.01	0.00	0.36
Resíduo b	6	0,09	0,03	0,11	0,03	0,17	0,33	0,14	0,91	0,23
CV1%		41,9	10,7	34	46,6	13,1	27,4	27,7	7,8	4,3
CV2%		34,3	4,1	51	19,0	8,2	24	38,5	21,9	4,3
FV	820/87-I				207-I			302-T		
	GL	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.01	7.33***	2.58*	0.87***	14***	6.05**	1.35	8.92**	6.52*
Resíduo a	6	0,06	0,09	0,32	0,01	0,24	0,35	0,19	0,50	1,21
N	1	0.08	0.52	0.18	0.21*	0.02	0.04	0.33	0.96	2.22*
I x N	1	0.27	2.69**	1.54*	0.17*	0.00	0.05	0.02	0.62	0.31
Resíduo b	6	0,05	0,09	0,17	0,02	0,60	0,44	0,27	0,61	0,22
CV1%		38,7	6,5	18	34	9,5	21	64,4	14,2	33,7
CV2%		36,5	6,5	13,1	53	15,1	23,6	76,7	15,7	14,5
FV	303-T				304-T					
	GL	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA			
I	1	0.25**	5.21**	2.44*	4.48***	0.67	0.42			
Resíduo a	6	0,00	0,16	0,33	0,26	0,17	0,23			
N	1	0.17*	0.27	0.03	0.37	0.11	1.11			
I x N	1	0.24**	0.10	1.00	0.02	0.00	0.18			
Resíduo b	6	0,01	0,13	0,21	0,07	0,69	0,61			
CV1%		46,0	7,1	17,9	67,4	9,2	17,9			
CV2%		56,9	6,5	14,4	35,4	18,4	28,7			

(***), (**), (*) Significativo a 0,1%, 1% e 5% respectivamente pelo teste F, I: irradiância; N: nitrogênio; G: genótipos.

APÊNCICE C– Quadrados médios da análise de variância individual de cada genótipos de *Coffea Canephora* submetidos a irradiâncias e nitrogênio contrastantes para as variáveis taxa de crescimento do ramo plagiotrópico (TCO) em mm dia⁻¹ nos períodos de floração (FLO), Chumbinho (CHU) e granação (GRA)

FV	GL	103-P			2B/88-P			106-P		
		FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.02*	0.95	0.02	0.33	4.41*	1.38*	0.02	8.15***	0.01
Resíduo a	6	0,00	0,47	0,14	0,12	0,74	0,16	0,03	0,15	0,15
N	1	0.04*	0.99	1.54*	0.04	1.22	0.10	0.00	0.06	0.00
I x N	1	0.06**	0.09	0.62	0.09	0.42	0.30	0.04	2.28**	0.00
Resíduo b	6	0,00	0,22	0,19	0,09	0,23	0,16	0,01	0,15	0,17
CV1%		27,1	33,2	33,8	107	79	105,6	61,3	21	76,6
CV2%		32,1	22,6	39,2	93,3	44,2	105,8	46,6	22	82,3
FV	GL	104-P			105-P			108-P		
		FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.01	0.28	2.10**	0.00	0,76	0,31	0,28*	0,08	2,34
Resíduo a	6	0,07	0,35	0,15	0,01	0,26	0,36	0,02	0,82	0,45
N	1	0.04	0.00	0.05	0.01	0.00	0.30	0.00	4,25*	1,55
I x N	1	0.00	0.12	0.01	0.00	1,33	0,70	0,02	0,43	2,00
Resíduo b	6	0,00	0,53	0,95	0,00	0,38	0,84	0,08	0,36	0,30
CV1%		60,4	27,1	48,1	51,8	35,5	40,6	43,1	41,7	58,6
CV2%		49,6	33,1	38	27,7	42,7	62	88,4	27,8	67,3
FV	GL	80S-P			109-P			604/67-I		
		FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.03	0.81*	0.76	0.11	3.97**	0.47	0.39**	1.75**	0.03
Resíduo a	6	0,02	0,09	0,47	0,03	0,14	0,04	0,01	0,12	0,03
N	1	0.02	0.16	0.09	0.20**	1.05	0.08	0.19*	0.00	0.03
I x N	1	0.00	0.14	0.21	0.01	0.08	0.00	0.11	0.44	0.01
Resíduo b	6	0,01	0,11	0,48	0,00	0,19	0,20	0,02	0,13	0,01
CV1%		40,6	14,6	64,8	57,3	15,7	27,8	16	35	17,2
CV2%		31,5	16,5	65,3	25,8	17,8	59,4	20,1	46,5	18,2
FV	GL	820/87-I			207-I			302-T		
		FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA
I	1	0.24*	2.46*	0.19	0.22**	5.40**	0.12	0.24	3.08**	0.23
Resíduo a	6	0,02	0,26	0,16	0,01	0,32	0,14	0,05	0,18	0,17
N	1	0.00	0.02	2.21**	0.00	0.63	0.83	0.00	0.00	0.00
I x N	1	0.11	1.80*	0.03	0.01	0.00	0.60	0.08	0.48	0.07
Resíduo b	6	0,03	0,13	0,07	0,02	0,19	0,21	0,05	0,38	0,54
CV1%		41,8	18,2	36,4	47,4	18,6	34,2	63,5	13,4	45,6
CV2%		46,9	13,1	24,3	59,3	14,2	41,4	58,7	19,2	80,8
FV	GL	303-T			304-T					
		FLO	CHU	GRA	FLO	CHU	GRA			
I	1	0.01	3.27**	0.13	0.34**	0.36	0.00			
Resíduo a	6	0,00	0,032	0,04	0,03	0,71	0,08			
N	1	0.01	0.70**	0.00	0.09	0.07	0.01			
I x N	1	0.06*	0.28	0.08	0.15	0.23	0.00			
Resíduo b	6	0,00	0,05	0,14	0,02	0,22	0,09			
CV1%		52,2	17,6	16,5	59,6	33,7	59,6			
CV2%		46,1	7,0	30,2	53,1	18,8	62,4			

(***), (**), (*) Significativo a 0,1%, 1% e 5% respectivamente pelo teste F, I: irradiância; N: nitrogênio; G: genótipos.

APÊNCICE D – Quadrados médios da análise de variância individual de cada genótipos de *Coffea Canephora* submetidos a irradiâncias e nitrogênio contrastantes para as variáveis número de rosetas (NR) e distância dos entrenós produtivos (CE) dos ramos plagiotrópicos do terço médio

FV	GL	103-P		2B/88-P		106-P	
		NR	CE	NR	CE	NR	CE
I	1	27,5**	1,41**	6,25	0,42	4	8,94***
Resíduo a	6	0,14	0,72	5,25	0,67	4,12	0,06
N	1	7,5	0,01	20,2	2,90	56*	1,69**
I x N	1	3,06	0,14	12,5	1,12	9	0,33
Resíduo b	6	2,81	0,06	7,25	0,63	11	0,14
CV1%		3,3	3,2	23,2	16,4	18,6	4,9
CV2%		14,5	5,42	27,2	15,8	30,4	7,2
FV	GL	104-P		105-P		108-P	
		NR	CE	NR	CE	NR	CE
I	1	0	2,01*	5,06	3,66**	9*	5,16**
Resíduo a	6	3,79	0,25	1,06	0,23	1,33	0,16
N	1	0,25	0,02	0,62	0,76	0,00	0,06
I x N	1	0	0,33	7,56	1,41	1,00	0,02
Resíduo b	6	10	0,33	5,46	0,43	1,83	0,17
CV1%		17,9	10,5	10,2	9,9	11,8	6,9
CV2%		12,3	12,2	23,6	13,5	13,8	7,1
FV	GL	80S-P		109-P		604/67-I	
		NR	CE	NR	CE	NR	CE
I	1	14	3,6***	2,25	10,53***	0,06	0,00
Resíduo a	6	2,97	0,15	1,08	0,19	1,72	0,013
N	1	7,56	0,24	12*	0,29	3,06	7,65***
I x N	1	0,56	0,06	12*	0,00	68***	0,45
Resíduo b	6	4,39	0,06	1,08	0,29	1,73	0,20
CV1%		14,1	8,9	11,7	8,6	46,4	15,3
CV2%		17,2	5,7	11,7	10,7	27,8	15
FV	GL	820/87-I		207-I		302-T	
		NR	CE	NR	CE	NR	CE
I	1	7,56	1,79**	49***	8,15***	18*	14***
Resíduo a	6	1,72	0,07	2,79	0,15	1,97	0,15
N	1	14	0,79	2,25	0,00	0,06	0,22
I x N	1	68*	1,29*	16**	0,06	0,56	0,43*
Resíduo b	6	5,40	0,19	0,62	0,13	1,97	0,05
CV1%		13,4	5,5	16,1	7,1	18	5,9
CV2%		23,6	8,7	7,6	6,5	18	3,4
FV	GL	303-T		304-T			
		NR	CE	NR	CE		
I	1	33***	11**	3,06*	7,42***		
Resíduo a	6	3,90	0,48	0,31	0,02		
N	1	52***	0,60	5,06	0,12		
I x N	1	45***	4,08*	0,06	0,69*		
Resíduo b	6	1,23	0,82	2,06	0,05		
CV1%		23,4	11,3	6,82	3,16		
CV2%		13,1	14,7	17,54	4,42		

(***), (**), (*) Significativo a 0,1%, 1% e 5% respectivamente pelo teste F, I: irradiância; N: nitrogênio; G: genótipos.

CAPITULO 2

CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA E MORFOFISIOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* CULTIVADOS SOB CONDIÇÕES CONTRASTANTES DE IRRADIÂNCIA E NITROGÊNIO



RESUMO

O cultivo de café tem-se expandido para regiões marginais que apresentam escassez de recursos naturais como água e nutrientes. O uso de sombreamento pode atenuar os efeitos adversos e formar o microclima favorável para os cultivos, portanto, genótipos com tolerância ao sombreamento são necessários, assim como eficientes em uso de recursos finitos como os fertilizantes nitrogenados. Objetiva-se com este trabalho realizar uma caracterização genética e morfofisiológica de genótipos de *Coffea canephora* quando cultivados sob condições contrastantes de disponibilidade de irradiância e nitrogênio. Para tal, foi implantado um experimento de campo com 14 genótipos de *C. canephora*. experimento de campo em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela sub-subdividida, sendo a parcela os genótipos (14 genótipos de *C. canephora*), subparcela irradiância {pleno sol e sombreamento (30%)}, e sub-subparcela nitrogênio (100 e 25% de N recomendado). Há variabilidade e diversidade genética entre os genótipos de *C. canephora* avaliados, ou seja, os genótipos apresentaram respostas distintas. As variáveis morfológicas analisadas apresentaram elevadas herdabilidades como um todo, a maior foi identificada pela variável área foliar unitária no terço inferior. Os estudos dos ramos plagiotrópicos do terço médio e inferior conferem confiabilidade para novos estudos. Houve diversidade entre os genótipos avaliados.

PALAVAS – CHAVE: Café Conilon, melhoramento genético de cafeeiro, melhoramento de planta para condições de estresse, fisiologia da produção.

ABSTRACT

Coffee cultivation has expanded to marginal regions that have a scarcity of natural resources such as water and nutrients. The use of shading can attenuate the adverse effects and form the favorable microclimate for the crops, therefore genotypes with shade tolerance are necessary, as well as efficient in the use of finite resources such as nitrogen fertilizers. The objective of this work was to perform a genetic and morphophysiological characterization of *Coffea canephora* genotypes when cultivated under contrasting conditions of irradiance and nitrogen availability. A field experiment was carried out with 14 *C. canephora* genotypes. (14 genotypes of *C. canephora*), subplot irradiance {full sun and shade (30%)}, and nitrogen sub-subplot plot (100 and 25% of recommended N). There is variability and genetic diversity among the genotypes of *C. canephora* evaluated, that is, the genotypes presented different responses. The analyzed morphological variables presented high heritabilities as a whole, the largest one was identified by the variable leaf area unitary in the lower third. Studies of plagiotropic branches of the middle and lower third confer reliability for further studies. There was diversity among the evaluated genotypes.

KEY-WORDS: Café Conilon, Genetic improvement of coffee, Plant breeding for stress conditions, production physiology.

INTRODUÇÃO

Dentro do gênero *Coffea* apenas as espécies *Coffea arabica* e *C. canephora* são exploradas comercialmente. A espécie *C. canephora* apresentam naturalmente alta variabilidade genética (MONTAGNON; CUBRY; LEROY, 2012), estudos com 40 genótipos evidenciaram comportamentos diferenciados dos materiais genéticos nos diferentes locais e anos estudados, indicando a necessidade de atenção nas variações temporais, na estratificação de ambientes e nos estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos para diferentes condições de solo e clima (FERRÃO *et al.*, 2008). Resultados estes são atrelados ao sistema de reprodução alógama, diploide ($2n=2x=22$ cromossomos), com incompatibilidade do tipo gametofítica, controlada por um único gene com vários alelos (CONAGIN; MENDES, 1961).

O Brasil é segundo maior produtor de *C. canephora* do mundo (IOC, 2019), com grande contribuição do Estado do Espírito Santo (ES), principalmente com cultivares do tipo Conilon (FERRÃO *et al.*, 2017). Os primeiros cultivos comerciais da espécie *C. canephora* no estado do ES foram a partir de 1960, cultivados em sistema a pleno sol, mesmo a espécie sendo evoluída sob condições de sub-bosque (DAMATTA *et al.*, 2007). Em condições de pleno sol são verificadas maiores produtividades, contudo, as custas de insumos. O sucesso nessa mudança de sistema pode ser atribuído em parte pela elevada plasticidade fenotípica da espécie (CAVATTE *et al.*, 2012).

Diante do cenário de mudanças climáticas, com elevação de temperaturas e sazonalidade de pluviosidades, especialmente em regiões já consideradas marginais para o cultivo da espécie, a prática do sombreamento tem surgido como alternativa sustentável (DAMATTA; RENA, 2002). Auxilia na diminuição dos efeitos adversos de intemperes climáticas, gerando microclima favorável ao cultivo, contudo, ressalvas ao sistema sombreados são existentes, pois com café arábica, Cannel (1985) foi verificado diminuição da produtividade, assim sendo praticamente abandonado cultivos sombreados.

Decréscimos produtivos em sistemas sombreados ocorrem devido à ausência de genótipos tolerantes a baixas irradiâncias, deste modo, para prática do sombreamento

ser novamente utilizada, porém agora com cafeeiro Conilon, é necessário a utilização de genótipos específicos para que ocorra sucesso dos cultivos.

São raras as pesquisas que estão direcionando esforços para cultivos sombreados para cultura do cafeeiro Conilon. Um dos poucos trabalhos com a temática, Venâncio *et al.* (2019) identificou o genótipo 6V da cultivar “Vitória Incaper 8142” como responsivo ao sombreamento. Não há na literatura pesquisas que detenham dados quanto a parâmetros genéticos de características morfofisiológicas subdivididas em estratos inferior, médio e superior, pois é possível verificar o quanto do genótipo está sendo moldado pelo ambiente nas diferentes partes da planta, nem quanto a diversidade genética sob atuação de baixas irradiâncias.

Deste modo, este trabalho poderá subsidiar futuros estudos visando a seleção de genótipos tolerantes ao sombreamento. Objetivou-se com este trabalho realizar uma caracterização genética e morfofisiológica de 14 genótipos *C. canephora* quando cultivados sob condições contrastantes de disponibilidade de irradiância e nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

EXPERIMENTO, DELINEAMENTO E MATERIAIS GENÉTICOS

A área experimental se localiza na fazenda experimental de Bananal do Norte (FEBN), pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES (20° 45' S, 41° 16' W). A altitude da região é de aproximadamente 140 metros, com topografia ondulada, precipitação pluviométrica em torno de 1200 mm, solos férteis (Tabela 1) e a temperatura média anual de 23°C (ALVARES *et al.*, 2013).

Os tratamentos foram estabelecidos sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcela sub-subdividida, sendo a parcela 14 genótipos elites do banco ativo de germoplasma de *C. canephora* do Incaper (Tabela 2), subparcela disponibilidades de irradiância (pleno sol e 30% de sombreamento), e sub-superparcela nitrogênio (N) (25 e 100% da dose recomendada para a cultura) (FONSECA *et al.*, 2015).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo

Atributos	
pH ³	4,9
P (mg dm ⁻³) ⁴	42,0
K (mg dm ⁻³) ⁵	181,00
Ca (cmol _c dm ⁻³) ⁶	2,6
Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,9
Al (cmol _c dm ⁻³) ⁷	0,15
H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁸	4,5
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³)	3,97
CTC potencial (cmol _c dm ⁻³)	8,5
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	4,1
Saturação por bases (%)	46,9
Saturação por alumínio (%)	3,6
índice de saturação por sódio	0,53
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹) ⁹	13,7
P-rem (mg/L)	38,8

¹. Método da pipeta (agitação lenta); ². Método da proveta; ³. pH em água (relação 1:2,5); ⁴. Extraído por Mehlich 1 e determinado por colorimetria; ⁵. Extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; ⁶. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; ⁷. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁸. Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulometria; e ⁹. Extraído por oxidação, via úmida, com dicromato de potássio em meio sulfúrico e determinado por titulação (DONAGEMA *et al.*, 2011).

Cada tratamentos foi constituído por 4 unidades experimentais. Para as variáveis taxa de crescimento de ramos ortotrópico (TCO) e plagiotrópico (TCP), para TCO a unidade experimental foi obtida pela média de três ramos ortotrópico, e para TCP três ramos plagiotrópicos. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 3,0 m X 1,2 m (2777 plantas ha⁻¹).

Todos os genótipos avaliados são pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Incaper, possuem elevada capacidade produtiva para condições de plantio a pleno sol, além de características morfológicas de interesse agrônomo (vigor, porte e enfolhamento) e diferentes épocas de maturação (oito precoce, três intermediário e três tardio) sendo que a maioria dos genótipos já faz parte de cultivares que são atualmente recomendadas para plantios comerciais (FERRÃO *et al.*, 2017).

Tabela 2 - Caracterização dos genótipos utilizados.

Identificação no BAG	Códigos	Maturação	Cultivar
103	-	Precoce	Diamante Incaper 8112
2B/88	-	Precoce	-
106	6 (Vitória) ou 48	Precoce	Diamante Incaper 8112
104	-	Precoce	Diamante Incaper 8112
105	12 (Vitória) ou 02	Precoce	Diamante Incaper 8112
108	A1	Precoce	Diamante Incaper 8112
80S	-	Precoce	-
109	-	Precoce	Diamante Incaper 8112
604/97	-	Intermediário	-
820/87	-	Intermediário	-
207	-	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
302	-	Tardio	Centenário Incaper 8132
303	408 (Marilândia)	Tardio	Centenário Incaper 8132
304	-	Tardio	Centenário Incaper 8132

Fonte: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019.

TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido durante dois ciclos produtivos (2016/2017 e 2017/2018). No início do experimento (outubro de 2016), os genótipos estavam com nove anos de plantio. Os tratamentos foram estabelecidos após poda de renovação de toda parte aérea do cafeeiro. No início de dezembro de 2016 foram estabelecidos os tratamentos com sombreamento, para tal utilizou-se tela sombrite de retenção de 30% da irradiância.

O manejo, adubação, condução e os tratos culturais nos experimentos foram realizados de acordo com as necessidades (Tabela 1) e as recomendações técnicas para a cultura (FONSECA *et al.*, 2015), respeitando os tratamentos da experimentação. A aplicação das doses de N foi de acordo com os tratamentos com 100 e 25% de nitrogênio recomendado para cultura. Para definição da quantidade de N, foi estabelecido que no ciclo 2016/17, o potencial produtivo da lavoura era de 31-50 sc ha⁻¹ (320 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; 100%), já no ciclo 2017/18 o potencial produtivo era de 100 sc ha⁻¹ (500 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; 100%). A fonte do adubo nitrogenado foi nitrato de amônio (27% de N), parcelando as adubações em três aplicações, espaçadas a cada 40 dias, sendo a primeira no início de outubro (FONSECA *et al.*, 2015). O uso

da irrigação foi suplementar nos momentos de condições desfavoráveis para manter as plantas vivas.

VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS AVALIADAS

No período da colheita do segundo ciclo produtivo (2017/2018), dois ramos plagiotrópicos foram selecionados e coletados nos estratos superior, médio e inferior de cada planta, em seguida os ramos foram encaminhados para o Laboratório de Botânica do CCENS/Ufes, nestes foram mensurados: diâmetro de ramo plagiotrópico (DRP) na base do ramo em mm por meio do paquímetro graduado; comprimento de entrenós produtivos (CEP) em cm por meio de régua graduada, para tal, foi contado o número de nós produtivos, em seguida mensurado o comprimento da base do ramo plagiotrópico até o último nó produtivo, assim dividindo-se o comprimento mesurado pelo número de nós contados; número total de nós (NTN), e número total de folhas (NTF) ambos realizados por meio de contagem; área foliar unitária (AFU) em mm² obtido pela razão da área foliar total obtida via integrador de área foliar Licor LI- 3100, pelo número total de folhas; fração de massa seca de folha (FMF) em % obtida pela razão da massa seca de folha pela total; e fração de massa seca de caule (FMC), em %, obtido pela razão massa seca de caule pela total. Para tais, as folhas dos ramos plagiotrópicos foram separadas dos ramos, ambos foram levados para estufa de circulação forçada a 72°C até atingirem peso constante; a razão de área foliar (RAF) mm² g⁻¹ obtido pela razão da área foliar total pela massa seca total. Não houve comparação entre os estratos devido os ramos apresentarem diferentes estágios fenológicos.

A área foliar específica (AFE) foi obtida pela relação de área foliar total (AFT) pela massa seca de folhas (MSF), a AFT foi de folhas contidas de dois ramos plagiotrópicos do terço médio, sendo mensurado via integrador de área foliar Licor LI-3100, essas mesmas folhas foram levadas estufa de circulação forçada a 72° C até atingirem massa constante para obtenção da MSF.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com os dados mensurados e calculados, foi realizado a análise de variância univariada e quando significativo foi realizado as estimações dos parâmetros genéticos dos genótipos de *C. canephora* como: coeficiente de variação experimental ($CV_E\%$), componente quadrático genotípico ($\hat{\Phi}_G^2$), componente quadrático G x A ($\hat{\Phi}_{G \times A}^2$), variância residual (S^2_R), coeficiente de determinação genotípico % (média) (H^2), coeficiente de variação genético (%) (CV_G), índice de variação IV, obtido pela razão CV_G/CV_E , e Acurácia seletiva (AS).

Posteriormente, via análise multivariada, foi realizado o estudo de diversidade genética. Para tal, foi construída a matriz de Distâncias de Mahalanobis, e utilizado o método hierárquico *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA). O ponto de corte dos agrupamentos das distâncias foi realizado de acordo com Mojena (1977). Foi calculado o coeficiente de correlação cofenética. Em seguida, foi quantificado a contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética utilizando o critério proposto por Singh (1981) baseado na estatística $S_{.j}$, foram selecionadas as variáveis que mais contribuíram para a diversidade genética para estudo das médias dos grupos formados.

Todas as análises realizadas no presente trabalho foram efetuadas nos softwares GENES (CRUZ, 2013), R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) e Rbio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi verificado baixa variação experimental (CV_E) das variáveis morfológicas analisadas no estrato superior, com exceção NTF e AFE. No estrato médio, quatro variáveis (NTF, FMF e AFE) não apresentaram baixa CV_E . No estrato inferior, cinco variáveis (DNP, NTN, DRP, FMC e AFE) não apresentaram baixa CV_E (Tabela 3). Os baixos valores de CV_E encontrados ressaltam a menor incidência dos efeitos ambientais sobre as variáveis analisadas, deste modo, maior precisão experimental, refletindo-se assim maior confiabilidade nos resultados.

A estimação dos parâmetros é um instrumento eficaz em programas de melhoramento genético, pois é possível observar a estrutura genética da população analisada, sem gerar custos adicionais (VENCOSKY, 1987; RAMALHO *et al.*, 2004).

Portanto, nas estimativas dos componentes quadráticos ($\widehat{\phi}^2$), o genotípico ($\widehat{\phi}_G^2$) foi superior a interação ($\widehat{\phi}_{G \times A}^2$) e a variância residual (S^2_R) para as variáveis DRP, CEP, NTF, AFU, FMF e FMC, quando avaliados no estrato superior das plantas, para CEP, NTR, AFU e RAF, no estrato médio, e para NTF, FMF e FMC no estrato inferior (Tabela 3).

Variáveis que apresentam maiores valores de $\widehat{\phi}_G^2$, são orquestradas principalmente pelos efeitos genéticos aditivos e em menor proporção pelos efeitos genéticos devido a dominância e epistasia e por efeitos ambientais. Estas mesmas variáveis exibiram elevados valores de coeficientes de determinação genotípico (H^2), valores superiores a 91,5% (Tabela 3).

A obtenção de elevados valores de H^2 em variáveis como DRP, CEP, NTF, AFU, FMF, FMC e RAF como verificado neste estudo é de grande importância para os programas de melhoramento, em especial de café Conilon voltados a condições de estresses abióticos, principalmente quanto a baixas irradiâncias, pois este parâmetro demonstra o quanto do fenótipo é oriundo do genótipo, maiores H^2 , confirmam que são variáveis mais estáveis frente as variações do ambiente, assim é possível melhor identificar as diferenças morfológicas são devidos a variabilidade genética ou a atuação do ambiente (FALCONER, 1987).

Este panorama genético favorável é confirmado por outras estimativas como elevados valores do coeficiente de variação genético (CV_G), especialmente no estrato inferior da planta, onde ficou evidenciado valores de CV_G de 30,9 a 61,8 nas variáveis NTF, AFU, FMF e RAF (Tabela 3). No estrato superior e médio foram encontrados valores de CV_G menores ao estrato baixo. Para este conjunto de características, normalmente também são observados menores valores de CV_E , o que é desejável para obtenção da precisão experimental.

Considerando o estrato superior, verifica-se que o índice IV, apresentou valores superiores a 1 para as características DRP, CEP, NTF, AFU, FMF, FMC e RAF;

considerando o estrato médio em DRP, CEP, NTN, AFU, FMF, FMC, RAF e AFE; considerando o estrato inferior em NTF, AFU, FMF, FMC, RAF e AFE. O índice IV deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros genéticos, valores superiores a 1 (um) indicam maiores chances de ganhos genéticos. Especialistas em melhoramento de *C. canephora* ressaltam que relações acima de 0,7 já são considerados favoráveis para seleção (FERRÃO *et al.*, 2008).

Tabela 3 – Estimativa de parâmetros genéticos das variáveis morfológicas avaliadas dos estratos superior, médio e inferior de genótipos de *C. canephora* submetidos a diferentes ambientes de luminosidade e adubação nitrogenada.

	PG	DRP	CEP	NTN	NTF	AFU	FMF	FMC	RAF	AFE
Superior	CV _E (%)	7.51	12.3	10.8	15.7	12.6	7.11	11.6	14.2	23,4
	$\hat{\Phi}_G^2$	0.15	0.73	1.75	13.1	94.4	36.8	36.8	46.8	110,5
	$\hat{\Phi}_{G \times A}^2$	0.12	0.69	1.96	8.91	93.3	36.4	36.4	89.4	244,1
	S ² _R	0.14	0.49	2.42	9.81	36.6	19.5	19.5	56.4	403,8
	H ² (%)	94.6	95.9	92.1	95.5	97.6	96.7	96.7	93.0	81,4
	CV _G (%)	7.89	15.1	9.25	18.2	20.3	9.76	16.0	13.0	12,3
	CV _G /CV _E	1.04	1.21	0.85	1.15	1.60	1.37	1.37	0.91	0,52
	AS	0.97	0.97	0.95	0.97	0.98	0.98	0.98	0.96	0,90
Médio	CV _E (%)	7.99	9.18	11.4	22.6	13.1	18.6	13.2	19.2	18,1
	$\hat{\Phi}_G^2$	0.21	0.35	3.58	5.95	149	60.7	60.7	67.5	301,6
	$\hat{\Phi}_{G \times A}^2$	0.24	0.27	3.30	8.12	86.9	96.6	96.6	121	509,6
	S ² _R	0.19	0.23	3.63	6.55	44.7	60.0	60.0	59.0	311,5
	H ² (%)	94.5	95.9	94.0	93.5	98.1	94.1	94.1	94.8	93,9
	CV _G (%)	8.3	11.2	11.4	21.5	23.9	18.7	13.3	20.5	17,8
	CV _G /CV _E	1.03	1.22	1.00	0.95	1.82	1.01	1.00	1.06	0,98
	AS	0.97	0.97	0.96	0.96	0.99	0.97	0.97	0.97	0,96
Inferior	CV _E (%)	9.29	9.68	11.3	34.5	15.4	26.6	8.52	33.6	32,6
	$\hat{\Phi}_G^2$	0.17	0.23	4.91	10.8	188	149	149	116	1038
	$\hat{\Phi}_{G \times A}^2$	0.52	0.25	3.33	5.90	672	97.4	97.4	133	2016
	S ² _R	0.37	0.24	5.11	5.58	46.6	41.7	41.7	54.1	647,5
	H ² (%)	88.5	93.8	93.8	96.8	98.4	98.2	98.2	97.1	96,2
	CV _G (%)	6.46	9.46	11.1	48.1	30.9	50.4	16.1	49.4	41,3
	CV _G /CV _E	0.70	0.97	0.97	1.39	2.00	1.88	1.88	1.46	1,26
	AS	0.94	0.96	0.96	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98	0,98

Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. CV_E (%): coeficiente de variação experimental; $\hat{\Phi}_G^2$: variância genotípica; $\hat{\Phi}_{G \times A}^2$: variância da interação genótipo ambiente; S²_R: variância residual; H² (%): coeficiente de determinação genotípico; CV_G (%): coeficiente de variação genético; CV_G/CV_E: relação coeficiente de variação genético pelo experimental; AS: acurácia seletiva; DRP: diâmetro de ramo plagiotrópico; CEP: comprimento de entrenós; NTN: número total de nós, NTF: número total de folhas; AFU: área foliar unitária RAF: razão de área foliar; FMF: fração de massa seca de folha; FMC: fração de massa seca de caule; AFE: área foliar específica.

Portanto, quase todas as variáveis analisadas nos diferentes estratos apresentam condições favoráveis para critério de seleção. Somente a AFE no estrato superior

apresentou baixo índice IV, ou seja, e governado principalmente por variações do ambiente (Tabela 3).

São escassos trabalhos na literatura que estimam os parâmetros genéticos para cultura do café Conilon por estrato de planta, assim como para as características morfofisiológicas avaliadas neste estudo, assim auxiliando esta lacuna científica, especialmente com os genótipos que compõem as novas cultivares modernas, as quais apresentam elevadas produções, estabilidade produtiva, qualidade de bebida, parcial tolerância a seca e entre outras características de interesse (RODRIGUES *et al.*, 2017). Para culturas lenhosas, há a teoria que os fotoassimilados obtidos na parte superior da planta são principalmente direcionados para crescimento e altura, da parte média manutenção e produção de frutos, e na parte inferior manutenção, produção e carboidratos para as raízes (TAIZ *et al.*, 2017). Portanto, o adequado entendimento das variáveis morfológicas em cada estrato, propiciara maiores ganhos.

Todas as características avaliadas apresentaram elevados valores de acurácia seletiva (AS), o menor valor observado foi de 0,94 em DRP no estrato inferior. A AS é um parâmetro associado a uma maior variabilidade genética (STORCK; DALFOLLO-RIBEIRO, 2011), assim as variáveis analisadas, independente do estrato da planta, possibilitam selecionar genótipos, ratificando o resultado encontrado para os demais parâmetros genéticos (Tabela 3).

As variáveis morfológicas de forma geral, demonstraram via estimativa dos parâmetros genéticos serem orquestradas por maior porção genotípica, sendo assim indicadas para seleção para genótipos tolerantes a baixas irradiâncias. Outro fato que se deve ser pontuado, quanto ao estrato mais indicados para realização de análises, para genótipos a pleno sol, o terço médio é o mais utilizados nos estudos de melhoramento, pois é onde localiza-se a maior porção dos frutos durante a época de colheita. Entretanto, quando sombreados, os estratos inferiores podem sugerir melhor a seleção de genótipos, visto que ocorre naturalmente o auto sombreamento, portanto, as estruturas morfológicas já são naturalmente aclimatadas a baixas irradiâncias.

As medidas de dissimilaridades genética, estimadas pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ij}), para os pares de genótipos de *C. canephora* avaliados (Tabela 4),

verificou-se que os genótipos 104-P e 109-P são os mais dissimilares, e os genótipos 820/87-I e 304-T como os mais similares. O genótipo 104-P ficou destacado pela elevada dissimilaridade como os demais.

As maiores dissimilaridades verificadas foram entre os genótipos de ciclo de maturação precoce, enquanto as maiores similaridades, entre os genótipos de maturação intermediária e tardia (Tabela 3). Em trabalho desenvolvido por Fonseca *et al.* (2006), foi observado maiores dissimilaridades entre genótipos de diferentes cultivares de *C. canephora*, e maiores similaridades entre genótipos em uma mesma cultivar. Também há estudos que relatam que genótipos classificados dentro de mesmo grupo de origem genética, apresentam maior similaridade (SILVA *et al.*, 2014). Entretanto, não são encontrados trabalhos onde são observadas similaridades e dissimilaridades entre genótipos pelo ciclo de maturação como visto no presente estudo.

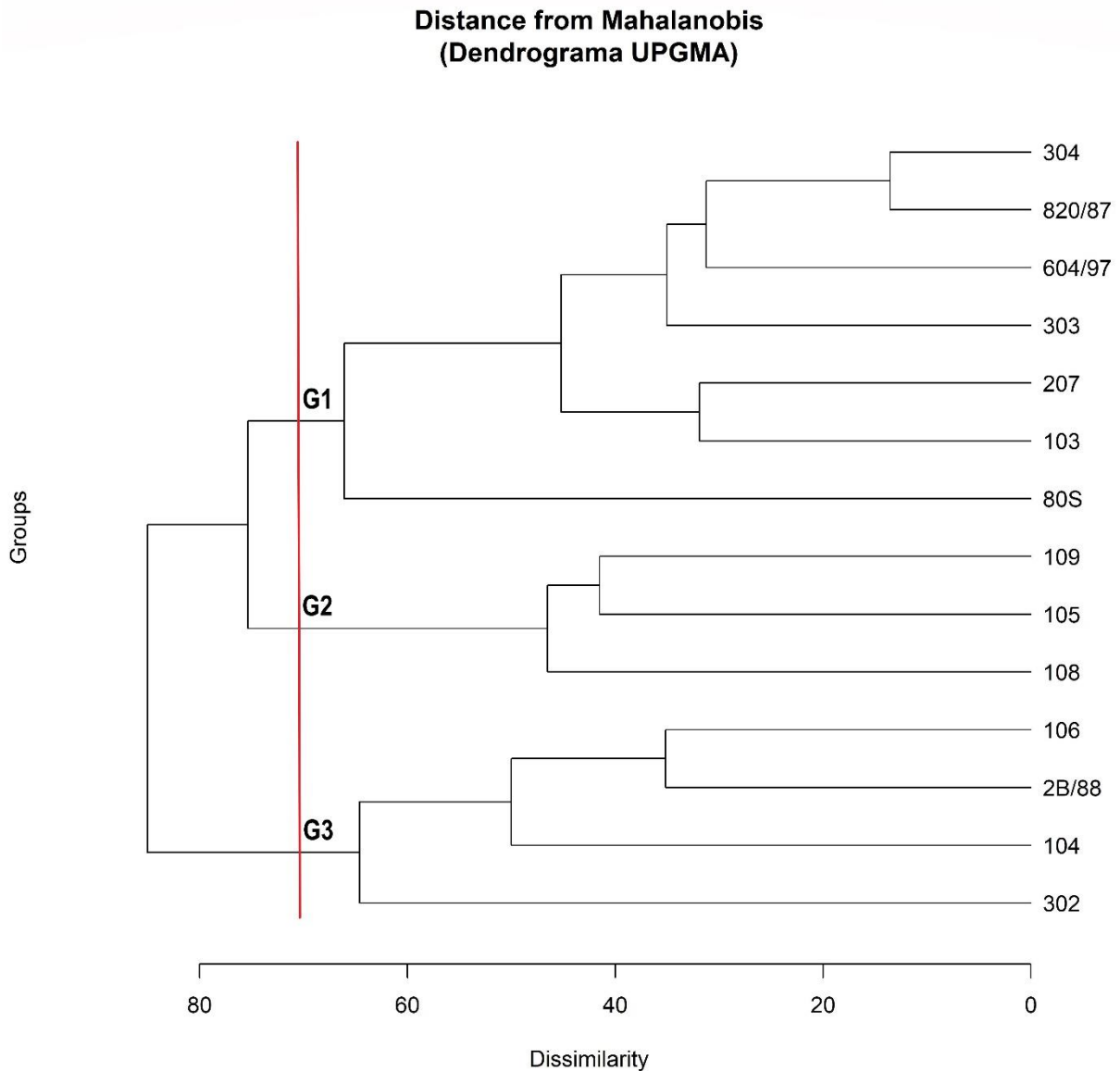
Tabela 4 – Medidas de dissimilaridade entre pares dos 14 genótipos de *Coffea canephora* do banco ativo de germoplasma (BAG) do Incaper 14 em relação a nove variáveis avaliadas nos estratos superior, médio e inferior das plantas (DRP: diâmetro de ramo plagiotrópico; CEP: comprimento de entrenós; NTN: número total de nós, NTF: número total de folhas; AFU: área foliar unitária RAF: razão de área foliar; FMF: fração de massa seca de folha; FMC: fração de massa seca de caule; AFE: área foliar específica), com base na distância generalizada de Mahalanobis⁽¹⁾.

	103	2B/88	106	104	105	108	80S	109	604/97	820/87	207	302	303
2B/88	58												
106	51	35											
104	78	37	63										
105	75	86	92	99									
108	74	92	93	98	44								
80S	45	75	61	101	108	112							
109	92	115	118	127	42	49	126						
604/97	34	62	64	84	66	73	64	77					
820/87	43	88	83	106	67	66	72	65	33				
207	32	65	59	78	64	58	67	82	50	53			
302	63	67	68	59	94	75	95	110	77	85	55		
303	49	89	86	107	54	62	81	56	42	35	49	87	
304	37	84	79	102	68	68	68	69	29	14	47	82	28

Fonte: o autor, Alegre - ES, 28 de fevereiro de 2019. ⁽¹⁾ Distância generalizada de Mahalanobis (D^2); D^2 máximo: 127 (genótipos 104 e 109); D^2 mínimo: 14 (genótipos 820/87 e 304).

O método UPGMA (Figura 1) permitiu a formação de três grupos de genótipos, o grupo G1 foi formado pelos genótipos 304-T, 820/87-I, 604/87-I, 303-T, 207-I, 103-P e 80S-P, o grupo G2 por três genótipos (109-P, 105-P e 108-P), e o grupo G3 reuniu quatro genótipos (106-P, 2B/88-P, 104-P e 302-T) (Figura 1).

Figura 14 – Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 14 genótipos de *Coffea Canephora* do banco ativo de germoplasma do Incaper, obtidos pela técnica UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, sendo a linha vermelha indicativo de corte a 70%, de acordo como Mojena. (CCC=0,74)



Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. DRP: diâmetro de ramo plagiotrópico; CEP: comprimento de entrenós produtivos; NTN número total de nós; NF: número de folhas; AFU: área foliar unitária; RAF: razão de área foliar; FMF: fração de massa seca de folha; FMC: fração de massa seca de caule; AFE: área foliar específica; (-S): avaliados no estrato superior; (-M): avaliados no estrato médio; (-I): avaliados no estrato inferior; CCC: coeficiente de correlação cofênética.

A identificação da contribuição relativa para a diversidade genética pelo critério de Singh (1981), pode fornecer estimativas para descarte de variáveis de menor importância para a discriminação da diversidade (YOKOMIZO; NETO; OLIVEIRA,

2017), as variáveis AFU-M, AFU-I, AFE-M e AFE-I contribuem com quase 70% da variação total encontrada (Tabela 5).

Tabela 5 - Contribuição relativa de cada variável morfofisiológica analisada para a diversidade genética a partir da matriz de distâncias Euclidianas distâncias Euclidianas no estrato médio de 14 genótipos de *C. canephora*, submetidos a diferentes disponibilidades de irradiação e de nitrogênio

VARIÁVEL	S.j	VALOR (%)	VARIÁVEL	S.j	VALOR (%)
DRP-S	58	0,01	AFU-I	99969	9,45
DRP-M	67	0,01	FMF-S	11443	1,08
DRP-I	96	0,01	FMF-M	36097	3,41
CE-S	211	0,02	FMF-I	38196	3,61
CE-M	67	0,01	FMC-S	11443	1,08
CE-I	64	0,01	FMC-M	36097	3,41
NTN-S	711	0,07	FMC-I	38196	3,61
NTN-M	850	0,08	RAF-S	20284	1,92
NTN-I	1867	0,18	RAF-M	43915	4,15
NTF-S	3815	0,36	RAF-I	29721	2,81
NTF-M	3654	0,35	AFE-S	25146	2,38
NTF-I	2931	0,28	AFE-M	189663	17,93
AFU-S	25487	2,41	AFE-B	376451	35,59
AFU-M	61295	5,79	-	-	-

Fonte: o autor, Alegre - ES, 27 de fevereiro de 2019. DRP: diâmetro de ramo plagiotrópico; CEP: comprimento de entrenós produtivos; NTN número total de nós; NF: número de folhas; AFU: área foliar unitária; RAF: razão de área foliar; FMF: fração de massa seca de folha; FMC: fração de massa seca de caule; (-S): avaliados no estrato superior; (-M): avaliados no estrato médio; (-I): avaliados no estrato inferior; CHL: índice de clorofila total; FLA: flavonoides; ANT: antocianina; IBN: índice de balanço de nitrogênio.

De forma geral, os genótipos avaliados foram cultivados em condições contrastante de irradiância e nitrogênio, portanto, favoreceu alterações fenotípicas dos genótipos, principalmente as foliares. Pois visando acréscimos fotossintéticos, houve maiores investimentos em áreas foliares unitárias (AFU), especialmente onde o sombreamento foi intensificado naturalmente pelo auto sombreamento nos estratos intermediário e baixo, para favorecer a captação de energia luminosa. Na literatura alguns estudos relatam que sob sombreamento a área foliar unitária (AFU) é acrescida objetivando aumentar *quenching* fotoquímico no processo fotossintético (TAIZ *et al.*, 2017), devido à dificuldade imposta para captação de energia.

Resultados obtidos por Oliosi *et al.* (2016), notaram maior área foliar em cafeeiro Conilon arborizado com Cedro Australiano, contrastando ao cultivo a pleno sol, resultado próximo ao verificado por Ricci *et al.* (2013), ressaltando que o fenômeno ocorrido é compensatório a menor luminosidade recebida. Elevada contribuição

relativa para a diversidade da variável AFE, possibilita observar o quanto os efeitos dos tratamentos moldam o fenótipo dos genótipos, alterando a morfologia das folhas, especialmente visando captar maior incidência de irradiância.

CONCLUSÃO

Há variabilidade e diversidade genética entre os genótipos de *C. canephora* avaliados, ou seja, os genótipos apresentaram respostas distintas.

As variáveis morfofisiológicas analisadas apresentaram elevadas herdabilidades como um todo, a maior foi identificada pela AFU no terço médio.

As variáveis morfológicas do terço médio confirmaram que são confiáveis para trabalhos de melhoramento genético, assim como no estrato inferior, especialmente para trabalhos com sombreamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. *et al.* Mapa de classificação climática de G. Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.

CAVATTE, P. C. *et al.* Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**. v. 144, n.1, p. 111–122. 2012.

CONAGIN, C. H; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de Coffea. Auto-incompatibilidade em Coffea canephora Pierre ex Froehner. **Bragantia**. Campinas, v. 20, n. 34, p. 787-804.1961.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DAMATTA, F. M. *et al.* Ecophysiology of coffee growth and roduction. **Brazilian journal of plant physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. **O estado da arte de tecnologias na produção de café. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa**, p. 93-135, 2002.

DONAGEMA, G.K. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 225p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. London: Longman Green, 1996. 464 p.

FERRÃO, M. A. G. *et al.* Origem, dispersão, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora* In: FERRÃO, R. G. *et al.* (2 eds.). *Café Conilon*. Vitória: **Incaper**, Cap.4, p.81-97, 2017.

FERRÃO, R.G. *et al.* Genetic parameters in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.61-69, 2008.

FONSECA, A. *et al.* Café Conilon: do plantio a colheita. **Viçosa, Universidade Federal de Viçosa**, 2015. 257p.

FONSECA, A. F. A. da *et al.* Divergência genética em café conilon. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.4, p.599-605, abr. 2006.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – IOC. Disponível em: <
<http://www.ico.org/> > Acesso em: jan.2019.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: An evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.

MONTAGNON, C.; CUBRY, P.; LEROY, T. Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. **Cahiers Agricultures**, v. 21, n. 2-3, p. 143-153 (1), 2012.

OLIOSI, G. *et al.* Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*toona ciliata* M. Roem. Var. Australis). **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 528-538, 2016.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* **Genética na agropecuária**. 3.ed. Lavras: UFLA, 2004. 472 p.

RICCI, M. S. F. *et al.* Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

RODRIGUES, W. N. *et al.* Genetic Variability for Sprout Growth among Genotypes of *Coffea canephora* Led by Bending of Orthotropic Stems. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 4, 2017.

SILVA, F. L. *et al.* Variabilidade genética entre genótipos de café robusta no estado de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 20 - 27, jan./mar. 2015.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**. v.41, p.237-245, 1981.

STORCK, L.; DALFOLLO RIBEIRO, N. Valores genéticos de linhas puras de soja preditos com o uso do método de Papadakis. **Bragantia**, v. 70, n. 4, 2011.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 6ª edição, 2017.

VENANCIO, L. P. *et al.* Vegetative growth and yield of robusta coffee genotypes cultivated under different shading levels. **Biociencia Jornal**. v. 1, n. 1, 2019.

VENCOVSKY, R. I. Herança quantitativa. **Melhoramento e produção de milho**, v. 2, p. 137-214, 1987.

YOKOMIZO, G. K. I.; NETO, J. T. F.; OLIVEIRA, M. do S. P. Dissimilaridade morfológica baseada na distância de Mahalanobis entre progênies de açaizeiro provenientes de Anajás, PA. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 4, p. 343-349, 2017.