

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

CÁSSIO FERNANDES TORRES

**ALTERAÇÕES FITOTÉCNICAS EM GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO CONILON EM
RESPOSTA AO SOMBREAMENTO**

ALEGRE-ES

2020

CÁSSIO FERNANDES TORRES

**ALTERAÇÕES FITOTÉCNICAS EM GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO CONILON EM
RESPOSTA AO SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração em Fitotecnia.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral

Coorientadores: Marcelo Antonio Tomaz

Wagner Nunes Rodrigues

ALEGRE-ES

2020

CÁSSIO FERNANDES TORRES

**ALTERAÇÕES FITOTÉCNICAS EM GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO CONILON EM
RESPOSTA AO SOMBREAMENTO**


Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 10 de julho de 2020.

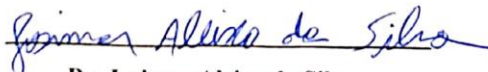
COMISSÃO EXAMINADORA




Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)



Prof. Dr. Wagner Nunes Rodrigues
Centro Universitário UNIFACIG
(Coorientador)



Dr. Josimar Alcindo da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Moizes Zucoloto
Universidade Federal do Espírito Santo

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

F363a Fernandes Torres, Cássio, 1991-
Alterações fitotécnicas em genótipos de cafeeiro conilon em
resposta ao sombreamento / Cássio Fernandes Torres. - 2020.
49 f. : il.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Coorientadores: Wagner Nunes Rodrigues, Marcelo Antonio
Tomaz.

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

1. Cafeeiro. I. Teixeira do Amaral, José Francisco. II. Nunes
Rodrigues, Wagner. III. Antonio Tomaz, Marcelo. IV.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

A Deus;

Aos meus pais, Antônio Francisco Torres e Zilda
Fernandes Moreira. Irmã e sobrinhos, Camila,
Rafael e Felipe.

À minha companheira, Isabela, por todo apoio e
carinho;

Vó Zilda *in memoriam*.

DEDICO.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará
ao seu tamanho original”*

Albert Einstein

BIOGRAFIA

CÁSSIO FERNANDES TORRES, filho de Antônio Francisco Torres e Zilda Fernandes Moreira, nasceu em 2 de junho de 1991, em Divino de São Lourenço, estado do Espírito Santo. No ano de 2013, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES, graduando-se em julho de 2018. Em agosto de 2018, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, tendo defendido a dissertação em 10 de julho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por todas as graças concedidas e por ser o refúgio nas horas mais difíceis;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo;

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral, pela amizade, orientação, ensinamentos, dedicação, paciência e, principalmente, por me incentivar a buscar a fazer sempre o melhor, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional;

Ao Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte, pelas sugestões e apoio para desenvolvimento deste trabalho; Ao Prof. Dr. Moizes Zucoloto e ao Dr. Josimar Aleixo da Silva pela disponibilidade e contribuições para o trabalho.

Aos coorientadores, Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz e Prof. Dr. Wagner Nunes Rodrigues por todo apoio, paciência e valiosos ensinamentos;

A Larissa Ataide Siqueira, pelo apoio e dedicação com as análises no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES;

Aos membros examinadores da banca, Prof. Dr. Leandro Pin Dalvi e Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte, por aceitarem o convite em participar e pelas contribuições para o enriquecimento deste trabalho;

Aos meus pais, Antônio Francisco Torres e Zilda Fernandes Moreira, pela paciência, amor, carinho, apoio, orações, conselhos e puxões de orelha, sem vocês eu não seria o homem que sou hoje;

À minha irmã Camila e ao meu cunhado Danilo, pelo amparo e amizade incondicional, vocês são um exemplo em minha vida. Aos meus sobrinhos Rafael e Felipe, amor incondicional na minha vida, minha fonte de alegria diária;

À minha namorada Isabela por todo apoio e compreensão durante toda a jornada, fonte de motivação e persistência;

A todos os amigos que de alguma forma, sendo ela presencialmente ou de longe sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos;

Aos amigos do CCAE-UFES, pela amizade, companheirismo e o apoio incondicional durante toda a minha caminhada;

Aos que não estão mais aqui, seja lá por qual motivo for, mas que em algum momento fizeram parte da minha história contribuindo para que eu chegasse onde hoje estou;

A todos que contribuíram de alguma maneira para esta conquista, meu muito obrigado!

RESUMO

O cafeeiro pode ser cultivado em diferentes ambientes devido a sua plasticidade fenotípica, bem como a existência de genótipos pré-selecionados. Os benefícios proporcionados pelo sombreamento, associados às modulações morfológicas, fisiológicas e nutricionais podem ser uma importante estratégia para o cultivo do cafeeiro, principalmente em regiões onde são mais acentuados a restrição hídrica, os altos índices de radiação solar, elevação da temperatura atmosférica e demanda elevada de adubação nitrogenada. Objetivou-se com este trabalho avaliar e quantificar respostas morfofisiológicas de genótipos de *Coffea canephora* ao cultivo sombreado e a pleno sol. Os tratamentos foram estabelecidos sob delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 14x2, sendo 14 genótipos de *Coffea canephora*, 2 níveis de irradiância, pleno sol e 30% sombreado. Cada tratamento foi constituído por 4 unidades experimentais. O nível de 30% de sombreamento foi determinado com base em trabalhos já realizados. Os 14 genótipos utilizados são genótipos elites do banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Bananal do Norte, pertencente ao Incaper, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. O efeito do cultivo a pleno sol e sombreado foi avaliado através de variáveis na fase de chumbinho: índices de clorofilas, flavonoides, antocianinas, índice de balanço de nitrogênio, teor de nitrogênio foliar e acúmulo de nitrogênio foliar, e na colheita: diâmetro do ramo plagiotrópico, comprimento do ramo plagiotrópico, número de folhas por ramo plagiotrópico, área foliar unitária, área foliar total, matéria seca de folhas por ramo, número de rosetas por ramo plagiotrópico e índice de colheita do ramo plagiotrópico. Estudando o índice de clorofila os genótipos 103, 2B/88, 108, 820/87, 207, 302, 303 e 304 se destacaram a pleno sol e os genótipos 2B/88, 80S, 820/87, 207 quando sombreado. Com relação ao índice de flavonoides o genótipo 104 se destacou a pleno sol, apresentando menor valor de flavonoides e os genótipos 103, 2B/88, 105, 108, 80S, 109, 820/87, 207 e 302 menores valores quando sombreado. Quanto ao índice de antocianinas os genótipos 105, 108, 820/87, 207, 302 e 304 foram os que apresentaram menores valores para antocianinas a pleno sol, e os genótipos 2B/88, 108, 604/97, 820/87, 207, 302 e 303 os que apresentaram menores valores quando sombreados. Analisando o índice de balanço de nitrogênio os genótipos 104 e 207 se destacaram a pleno sol e os genótipos 2B/88 e 207 quando sombreados. Para o teor de nitrogênio foliar não houve diferença significativa entre os genótipos a pleno sol, apenas o nível de comparação sombreado apresentou diferença, sendo os genótipos 103, 2B/88, 106, 104, 108, 109, 820/87, 303 e 304 os que se destacaram apresentando

os maiores teores de nitrogênio foliar. Para o acúmulo de nitrogênio foliar os genótipos 108, 80S e 303 foram os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 103, 2B/88, 109 e 304 quando sombreados. Os genótipos 104, 108, 207 e 303 a pleno sol apresentaram maiores valores para o diâmetro do ramo plagiotrópico, quando sombreados os genótipos 103, 604/97 e 207. Para o comprimento do ramo plagiotrópico a pleno sol os genótipos 104, 108, 820/87, 207 e 203 se destacaram, já no sistema sombreado os genótipos 103, 2B/88, 105, 108, 80S, 109, 604/97, 207, 302 e 303. Para o número de folhas por ramo plagiotrópico os genótipos 108 e 303 foram os que se destacaram a pleno sol e sombreado os genótipos 2B/88, 105, 604/97 e 304. Para a área foliar unitária os genótipos 108, 207 e 302 se destacaram a pleno sol e os genótipos 108, 820/87 e 207 quando sombreados. Analisando a área foliar total o genótipo 108 se destacou a pleno sol e os genótipos 820/87, 207, 303 e 304 quando sombreados. Para a variável matéria seca de folhas os genótipos 108, 80S e 303 se destacaram a pleno sol e os genótipos 103 e 304 quando sombreados. Para número de rosetas os genótipos 103, 106, 104, 108, 80S, 207 e 303 se destacaram a pleno sol e os genótipos 80S e 820/87 quando sombreados. Analisando o índice de colheita o genótipo 604/97 se destacou a pleno sol e os genótipos 106, 105 e 604/97 quando sombreados. Diante do exposto, é possível identificar que os genótipos 105, 106 (12 e 6 Vitória Incaper 8142), 80S, 820/87, 604/97, 207, 303 (408 Marilândia) e 304 apresentam respostas que podem estar relacionadas a uma maior aptidão para o cultivo sombreado. Os genótipos 104, 108, 207 e 303 apresentaram repostas a pleno sol reforçando seu potencial para esse sistema de cultivo.

Palavras-chave: Café conilon, sombreamento, nitrogênio.

ABSTRACT

The coffee tree can be grown in different environments due to its phenotypic plasticity, as well as the existence of pre-selected genotypes. The benefits provided by shading, associated with morphological, physiological and nutritional modulations can be an important strategy for the cultivation of coffee, especially in regions where water restriction is more pronounced, high levels of solar radiation, elevated atmospheric temperature and high demand nitrogen fertilization. The objective of this work was to evaluate and quantify the morphophysiological responses of *Coffea canephora* genotypes to shaded and full sun cultivation. The treatments were added to the completely randomized design, in a 14x2 factorial scheme, with 14 genotypes of *Coffea canephora*, 2 levels of irradiance, full sun and 30% shaded. Each treatment consisted of 4 experimental units. The level of 30% shading determined based on work is already done. The 14 genotypes used are elite genotypes from the active germplasm bank of *Coffea canephora* of the Capixaba Institute for Research, Technical Assistance and Rural Extension. The experiment was conducted at the Experimental Farm of Bananal do Norte, belonging to Incaper, located in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim-ES. The effect of cultivation in full sun and shade was evaluated through variables in the pellet phase: chlorophyll, flavonoid, anthocyanin indices, nitrogen balance index, leaf nitrogen content and leaf nitrogen accumulation, and at harvest: branch diameter plagiotropic, length of the plagiotropic branch, number of leaves per plagiotropic branch, unit leaf area, total leaf area, leaf dry matter per branch, number of rosettes per plagiotropic branch and plagiotropic branch harvest index. Studying the chlorophyll index, genotypes 103, 2B / 88, 108, 820/87, 207, 302, 303 and 304 stood out in full sun and genotypes 2B / 88, 80S, 820/87, 207 when shaded. Regarding the flavonoid index, genotype 104 stood out in full sun, with lower flavonoid values and genotypes 103, 2B / 88, 105, 108, 80S, 109, 820/87, 207 and 302 lower values when shaded. As for the anthocyanin index, genotypes 105, 108, 820/87, 207, 302 and 304 were the ones that showed lower values for anthocyanins in full sun, and genotypes 2B / 88, 108, 604/97, 820/87, 207, 302 and 303 had the lowest values when shaded. Analyzing the nitrogen balance index, genotypes 104 and 207 stood out in full sunlight and genotypes 2B / 88 and 207 when shaded. For leaf nitrogen content there was no significant difference between genotypes in full sun, only the level of shaded comparison showed difference, with genotypes 103, 2B / 88, 106, 104, 108, 109, 820/87, 303 and 304 those that stood out with the highest levels of leaf nitrogen. For leaf nitrogen accumulation, genotypes 108, 80S and 303 were the ones that stood out in full sun and genotypes 103, 2B / 88, 109 and 304 when shaded. Genotypes 104, 108, 207 and 303 in full

sun showed higher values for the diameter of the plagiotropic branch, when shading genotypes 103, 604/97 and 207. For the length of the plagiotropic branch in full sun, genotypes 104, 108, 820 / 87, 207 and 203 stood out, already in the shaded system the genotypes 103, 2B / 88, 105, 108, 80S, 109, 604/97, 207, 302 and 303. For the number of leaves per plagiotropic branch, genotypes 108 and 303 were the ones that stood out in full sun and shaded genotypes 2B / 88, 105, 604/97 and 304. For the unit leaf area, genotypes 108, 207 and 302 stood out in full sun and genotypes 108, 820 / 87 and 207 when shaded. Analyzing the total leaf area, genotype 108 stood out in full sun and genotypes 820/87, 207, 303 and 304 when shaded. For the leaf dry matter variable, genotypes 108, 80S and 303 stood out in full sunlight and genotypes 103 and 304 when shaded. For number of rosettes, genotypes 103, 106, 104, 108, 80S, 207 and 303 stood out in full sun and genotypes 80S and 820/87 when shaded. Analyzing the harvest index, genotype 604/97 stood out in full sunlight and genotypes 106, 105 and 604/97 when shaded. In view of the above, it is possible to identify that genotypes 105, 106 (12 and 6 Vitória Incaper 8142), 80S, 820/87, 604/97, 207, 303 (408 Marilândia) and 304 have answers that may be related to greater fitness for shaded cultivation. Genotypes 104, 108, 207 and 303 showed full sun responses, reinforcing their potential for this cultivation system.

Keywords: Conilon coffee, shading, nitrogen.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Caracterização dos genótipos utilizados | 20 |
| Tabela 2 - Atributos químicos do solo do campo experimental | 21 |
| Tabela 3 - Diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP) e comprimento do ramo plagiotrópico (CRP) de genótipos de cafeeiro conilon (<i>Coffea canephora</i>) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018) | 23 |
| Tabela 4 - Número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), área foliar unitária (AFU), área foliar total (AFT), matéria seca de folhas (MSF) de genótipos de cafeeiro conilon (<i>Coffea canephora</i>) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018) | 25 |
| Tabela 5 - Índice de colheita (IC) e número de rosetas (NR) de genótipos de cafeeiro conilon (<i>Coffea canephora</i>) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018) | 27 |
| Tabela 6 - Teor de clorofila (CLO), teor de flavonoides (FLAV) e teor de antocianinas (ANT) de genótipos de cafeeiro conilon (<i>Coffea canephora</i>) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018) | 29 |
| Tabela 7 -Índice de balanço de nitrogênio (NBI), teor de nitrogênio foliar (TeorN) e acúmulo de nitrogênio foliar (ANF) de genótipos de cafeeiro conilon (<i>Coffea canephora</i>) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018) | 32 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Ganhos e perdas relativos observados em genótipos de ciclo de maturação precoce de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento (30%), em relação ao seu cultivo a pleno sol 35**
- Figura 2 - Ganhos e perdas relativos observados em genótipos de ciclo de maturação intermediário de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento (30%), em relação ao seu cultivo a pleno sol..... 37**
- Figura 3 - Ganhos e perdas relativos observados em genótipos de ciclo de maturação tardia de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento (30%), em relação ao seu cultivo a pleno sol..... 38**

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 3. OBJETIVO GERAL | 19 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL | 19 |
| 5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 19 |
| 5.3 ESCOLHA DE GENÓTIPOS | 19 |
| 5.4 CONDUÇÃO DO ENSAIO | 20 |
| 5.5 VARIÁVEIS AVALIADAS | 21 |
| 5.5.1 Avaliações na fase de chumbinho | 21 |
| 5.5.2 Avaliações no período da colheita | 21 |
| 5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 22 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 6.1 VARIÁVEIS RELACIONADAS À CARACTERIZAÇÃO DO RAMO PLAGIOTRÓPICO | 23 |
| 6.2 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO ENFOLHAMENTO | 25 |
| 6.3 VARIÁVEIS RELACIONADAS À PRODUÇÃO DE FRUTOS | 27 |
| 6.4 VARIÁVEIS RELACIONADAS AOS PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS | 29 |
| 6.5 VARIÁVEIS RELACIONADAS À NUTRIÇÃO NITROGENADA | 32 |
| 6.6 GANHOS E PERDAS RELATIVOS EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO DE CADA GENÓTIPO | 34 |
| 7. CONCLUSÕES | 39 |
| 8. REFERÊNCIAS | 40 |

1. INTRODUÇÃO

O produto do cafeeiro (*Coffea* sp.) destaca-se como um dos mais comercializados e consumidos no mundo. Na produção do cafeeiro Conilon, o Espírito Santo ocupa lugar de destaque, uma vez que é o maior produtor brasileiro e o grande responsável por situar o Brasil na condição de segundo maior produtor mundial dessa espécie (CONAB, 2019).

A espécie *Coffea canephora* é originalmente adaptada a ambientes parcialmente sombreados (FONSECA; SAKIYMA; BORÉM, 2015), entretanto, o sombreamento como uma prática cultural regular, foi praticamente abandonado no cultivo do cafeeiro Conilon (DaMATTA et al., 2017).

Alguns estudos apontam para a redução da produção de grãos em cafeeiros sob sombra (VENANCIO et al. 2019), o que leva o produtor a resistir quanto ao uso do sombreamento. Em alguns casos, a redução na produtividade poderia ser compensada por um menor investimento em insumos, maior estabilidade da produção, maior número de colheitas, fornecimento de outros produtos oriundos dos demais componentes do sistema, melhoria da qualidade do café e/ou maior conservação ambiental (LUNZ; BERNARDES; RIGHI, 2009).

No Brasil predomina o cultivo a pleno sol, com uso de cultivares selecionadas durante anos para melhor produção nessas condições (MANCUSO; SORATTO; PERDONÁ, 2013), no entanto, cafezais a pleno sol são geralmente conduzidos com alta dependência no uso de insumos, principalmente adubos nitrogenados, além da necessidade cada vez maior de sistemas de irrigação.

Além das altas irradiâncias ocorrentes em diversas regiões produtoras de café no Brasil, as plantas são constantemente expostas a adversidades climáticas que refletem negativamente em seu potencial produtivo. Aliado à intensa radiação solar, o baixo volume pluviométrico, a sazonalidade das precipitações e os extremos de temperatura são os fatores mais limitantes (RIBEIRO, 2018).

O cultivo do cafeeiro conilon sombreado gera benefícios auxiliando na minimização de efeitos climáticos adversos (SOUZA, 2010; RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2014). Otimiza as relações hídricas das plantas, de modo a amenizar, por exemplo, os efeitos negativos da seca (HOLMGREN et al., 2012). Atenua o ciclo bienal da produção, bem como pode gerar um microclima favorável para a cultura, de modo a beneficiar as trocas gasosas do cafeeiro (DaMATTA, 2004). Pode contribuir para o incremento da matéria orgânica e melhoria das condições físicas do solo (SOUZA; DAN; ARAÚJO, 2016). Plantas de cafeeiro sombreadas apresentaram maior taxa de assimilação de carbono quando comparadas às cultivadas sob 100%

da radiação (POMPELLI et al., 2012), além disso, a sombra pode favorecer a maturação mais lenta do grão e consequentemente produzir melhor qualidade de bebida, grãos maiores e mais pesados (VAAST et al., 2006; BOTE; STRUIK, 2011).

O cafeeiro pode ser cultivado em diferentes ambientes devido à sua plasticidade fenotípica, bem como à existência de diferentes cultivares adaptadas a diferentes condições de cultivo (CARVALHO et al., 2011; CARVALHO; SILVEIRA; SANTOS, 2012; RICCI; COCHETO JUNIOR; ALMEIDA., 2013). A plasticidade fenotípica é a capacidade do organismo, no caso, o cafeeiro, de alterar sua expressão fenotípica (fisiologia/morfologia) em resposta a condições ambientais especiais, sem a necessidade de alterações genéticas (SCHEINER, 1993).

O cafeeiro é uma planta que tolera e pode até se beneficiar de certos níveis de sombra, sem efeitos prejudiciais sobre os rendimentos produtivos. Entretanto, para maximização da produtividade, é necessário utilizar genótipos específicos com tolerância ao sombreamento, para os quais a competição entre os crescimentos vegetativo e reprodutivo não chega a causar prejuízos para a produtividade da lavoura (RICCI; COCHETO JUNIOR; ALMEIDA, 2013).

Características morfológicas, fisiológicas e nutricionais podem ser alteradas em genótipos de conilon quando cultivados em sistemas sombreados, o que possibilita, por meio da avaliação dessas características, a identificação dos materiais mais adaptados ao cultivo sombreado (CAVATTE et al., 2013). Essas alterações funcionam como uma estratégia da planta para interceptar uma maior quantidade de radiação luminosa e para melhor competir pela luz (IGLESIAS et al., 2018).

É oportuno também mencionar o efeito do sombreamento nos teores foliares de nitrogênio. Neste aspecto, alguns autores relatam que cafeeiros sombreados exibem maiores teores foliares de nitrogênio em comparação a cultivos a pleno sol (KHOURI, 2007; LEMOS, 2008; LEMOS et al., 2010).

A importância do nitrogênio para a cultura do café se traduz no crescimento de folhas novas, assim como expansão da área foliar, das ramificações e dos ramos plagiotrópicos, das taxas fotossintéticas e maior produção de fotoassimilados (MALAVOLTA, 1986), sendo um dos nutrientes mais limitantes para a obtenção de altas produtividades no cafeeiro (GHOLIZADEH et al., 2011).

Todavia, o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados pode provocar vários problemas ambientais como, lixiviação do nitrato no solo, esgotamento da camada de ozônio, além de problemas no ciclo do N (SIMONS et al., 2014). Assim, identificar genótipos mais eficientes

no uso do nitrogênio torna-se imprescindível, para uma agricultura mais sustentável (MACHADO et al., 2016).

Portanto, um dos grandes desafios da agricultura atual é alcançar aumentos na produtividade das culturas, utilizando menor quantidade de recursos, principalmente água, luz e nitrogênio (CAVATTE et al., 2012).

A adoção do sistema de cultivo sombreado deve ser embasada em critérios técnicos que envolvam a análise de diversos fatores, tais como a escolha da cultivar adequada, o nível de sombreamento, a fertilidade, a irrigação, a altitude e o clima (ABDO; VALERI; MARTINS, 2008).

A maioria dos estudos com sombreamento em cafeeiros envolve a associação dessas plantas a árvores ou trata dos efeitos da restrição luminosa promovidos pela própria copa das plantas de café. O isolamento do efeito da restrição de luz por meio de telados torna possível verificar se as vantagens do sombreamento são devido à restrição da incidência luminosa em si ou aos efeitos indiretos dos sistemas agroflorestais sobre a disponibilidade hídrica no solo e na atmosfera, características nutricionais do solo, dentre outros (BALIZA et al., 2012).

Portanto, buscando respostas do comportamento de cultivo de genótipos de cafeeiros, objetivou-se avaliar e quantificar respostas morfofisiológicas de genótipos de *Coffea canephora* ao cultivo sombreado e a pleno sol.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar e quantificar respostas morfofisiológicas de genótipos de *Coffea canephora* ao cultivo sombreado e a pleno sol.

- Determinar diferenças morfológicas entre os genótipos nos ambientes de cultivo;
- Determinar diferenças fisiológicas entre os genótipos nos ambientes de cultivo;
- Determinar diferenças quanto ao nitrogênio entre os genótipos nos ambientes de cultivo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL

A área de estudo localiza-se 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, a temperatura mínima varia de 11,8 °C a 18 °C e a máxima de 30,7 °C a 34 °C com topografia ondulada, precipitação pluviométrica em torno de 1200 mm, solos férteis (Argissolo Vermelho eutrófico) (ALVARES et al., 2013).

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram estabelecidos sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 14x2, sendo 14 genótipos de *Coffea canephora*, 2 níveis de irradiância, pleno sol e 30% sombreado. Cada tratamento foi constituído por 4 unidades experimentais.

O nível de 30% de sombreamento foi determinado com base em trabalhos já realizados (VENANCIO, 2015).

5.3 ESCOLHA DE GENÓTIPOS

Todos os genótipos avaliados são pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Incaper (tabela 1). 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 (precoce, intermediário e tardio), sendo que a maioria dos genótipos já faz parte de cultivares que são atualmente recomendadas para plantios comerciais (FERRÃO et al., 2017). Os genótipos apresentam comportamento sabidamente contrastante em relação a resposta ao cultivo sombreado (MACHADO, 2019).

Tabela 1 - Caracterização dos genótipos utilizados

| Identificação | Maturação | Cultivar |
|----------------------|------------------|-------------------------|
| 103 | Precoce | Diamante Incaper 8112 |
| 2B/88 | Precoce | - |
| 106 | Precoce | Diamante Incaper 8112 |
| 104 | Precoce | Diamante Incaper 8112 |
| 105 | Precoce | Diamante Incaper 8112 |
| 108 | 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 | Tardio | Centenário Incaper 8132 |
| 304 | Tardio | Centenário Incaper 8132 |

Fonte: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

5.4 CONDUÇÃO DO ENSAIO

O experimento foi conduzido no ciclo produtivo de 2017/2018. Em outubro de 2016 quando os genótipos estavam com nove anos de idade foi realizada a poda de renovação de toda parte aérea do cafeeiro. No início de dezembro de 2016 foram estabelecidos os tratamentos com sombreamento, utilizando-se telas de polietileno para sombreamento (tipo sombrite), com retenção média de 30% da radiação solar.

Três meses antes do início da adubação, programada pra outubro, foi realizada a coleta e análise de solo (Tabela 2) e de posse das informações foi realizada a tomada de decisão da necessidade de calagem e adubação. Foi realizada uma calagem para correção do pH do solo antes de iniciar as adubações. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 3,0 m x 1,2 m (2.777 plantas ha⁻¹).

Os tratos culturais no experimento foram realizados de acordo com as necessidades e as recomendações técnicas para a cultura e região (FONSECA; SAKIYMA; BORÉM, 2015). A adubação nitrogenada (N) foi realizada utilizando 100% da dose recomendada para a cultura (PREZOTTI et al., 2007). Para definição da quantidade de N foi estabelecido o potencial produtivo de 100 sc ha⁻¹ (500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N), parcelando as adubações em três aplicações, espaçadas a cada 40 dias, sendo a primeira no início de outubro. Utilizou-se irrigação suplementar nos momentos de condições desfavoráveis.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo do campo experimental

| Atributos | Valores |
|---|---------|
| pH ¹ | 4,90 |
| P (mg dm ⁻³) ² | 42,00 |
| K (mg dm ⁻³) ³ | 181,00 |
| Ca (cmol _c dm ⁻³) ⁴ | 2,60 |
| Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁴ | 0,90 |
| Al (cmol _c dm ⁻³) ⁵ | 0,15 |
| H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁶ | 4,50 |
| Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³) | 3,97 |
| CTC potencial (cmol _c dm ⁻³) | 8,50 |
| CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³) | 4,10 |
| Saturação por bases (%) | 46,90 |
| Saturação por alumínio (%) | 3,60 |
| Índice de saturação por sódio | 0,53 |
| Matéria Orgânica (g kg ⁻¹) ⁷ | 13,70 |
| P-rem (mg/L) | 38,80 |

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

5.5 VARIÁVEIS AVALIADAS

5.5.1 Avaliações na fase de chumbinho

Tanto as variáveis relacionadas aos pigmentos fotossintéticos, índices de clorofilas (CLO); flavonoides (FLAV); e antocianinas (ANT), quanto a relacionada a nutrição nitrogenada, índice de balanço de nitrogênio (NBI), foram determinadas via sensor óptico para avaliação não-destrutiva de pigmentos em tecidos foliares, modelo Dualex (FORCE-A, 2018). As leituras foram realizadas no 3° e 4° par de folhas contadas a partir do ápice totalmente expandidas, em ramos plagiotrópicos localizados no terço médio da copa.

O teor foliar de nitrogênio, expresso em g kg⁻¹, foi determinado pela metodologia Kjeldahl. Para tanto, coletou-se o 3° ou 4° par de folhas contadas a partir do ápice totalmente expandidas, em ramos plagiotrópicos localizados no terço médio da copa. Com os valores de concentração de N e massa seca de folhas, obteve-se o acúmulo de nitrogênio foliar (ANF), expresso em gramas.

5.5.2 Avaliações no período da colheita

Durante o período de colheita foram analisadas variáveis relacionadas ao crescimento dos ramos plagiotrópicos. Para tanto, dois ramos plagiotrópicos foram selecionados no terço médio de cada planta, para proceder às seguintes avaliações: diâmetro do ramo plagiotrópico

(DRP), obtido na base do ramo plagiotrópico, mensurado com uso de um paquímetro digital, expresso em milímetros (mm); e comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), medido da inserção no ramo ortotrópico até o ápice do ramo plagiotrópico por meio de uma régua graduada em centímetros (cm).

Também no período da colheita, dois ramos plagiotrópicos foram selecionados e coletados em cada terço do dossel das plantas, superior, médio e inferior, para proceder às seguintes avaliações: número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), obtido por meio de contagem; área foliar total (AFT), para a obtenção desta característica, todas as folhas de cada ramo coletado foram passadas no integrador de área foliar modelo Areameter 3100, LiCor, com resultado em cm^2 ; área foliar unitária (AFU), obtida por meio do integrador de área foliar modelo Areameter 3100, LiCor, onde a área do limbo de folhas intactas foi determinada, e, dividindo-se a área foliar total obtida pelo número de folhas avaliadas, obteve-se a AFU expressa em cm^2 ; e matéria seca de folhas por ramo (MSF), para tanto, as folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a $65\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Por meio de balança eletrônica de precisão (0,0001g), foi obtida a massa da matéria seca, expressa em gramas.

Para as variáveis relacionadas à produção de frutos no período da colheita, dois ramos plagiotrópicos foram selecionados no terço médio de cada planta, para proceder às seguintes avaliações: número de rosetas por ramo plagiotrópico (NR), obtido por meio da média do número de rosetas pelo número de ramos plagiotrópicos; e índice de colheita do ramo plagiotrópico (IC), obtido através das variáveis matéria seca de frutos e matéria seca do ramo plagiotrópico.

5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com os dados coletados foi realizada a análise de variância e, quando significativo para a comparação dentro de cada nível de irradiância (pleno sol e 30% sombreado), as médias foram comparadas utilizando os testes de agrupamento de médias de Scott-Knott e, quando significativo para a comparação do genótipo em cada nível de irradiância (pleno sol e 30% sombreado), as médias foram comparadas utilizando o teste de comparação de médias de Tukey, ambos em 5% de significância. Foi utilizado software SISVAR (FERREIRA, 2011), para realização das análises. De posse dos dados, foi realizada uma análise de ganho ou perda relativa, objetivando identificar o ganho ou perda nas variáveis avaliadas em todos os genótipos quando sombreados, em comparação a pleno sol.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 VARIÁVEIS RELACIONADAS À CARACTERIZAÇÃO DO RAMO PLAGIOTRÓPICO

Os resultados encontrados para diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP) e comprimento do ramo plagiotrópico (CRP) são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP) e comprimento do ramo plagiotrópico (CRP) de genótipos de cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018)

| Genótipos | DRP | | CRP | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado |
| 103 | 5,55 Bb | 6,54 Aa | 76,00 Bc | 96,11 Aa |
| 2B/88 | 4,36 Bc | 5,39 Ac | 76,04 Bc | 92,73 Aa |
| 106 | 5,66 Ab | 5,17 Bc | 79,65 Ac | 84,98 Ab |
| 104 | 6,08 Aa | 5,68 Ab | 89,10 Aa | 86,54 Ab |
| 105 | 5,35 Ab | 5,49 Ac | 77,45 Bc | 95,11 Aa |
| 108 | 5,83 Aa | 5,40 Ac | 92,74 Aa | 102,45 Aa |
| 80S | 5,55 Bb | 6,00 Ab | 76,77 Bc | 94,58 Aa |
| 109 | 4,35 Bc | 5,44 Ac | 57,93 Bb | 92,24 Aa |
| 604/97 | 3,69 Bd | 6,68 Aa | 51,27 Bb | 100,05 Aa |
| 820/87 | 5,71 Ab | 5,96 Ab | 87,24 Aa | 83,24 Ab |
| 207 | 6,17 Ba | 6,80 Aa | 85,06 Ba | 104,22 Aa |
| 302 | 5,25 Bb | 5,68 Ab | 78,06 Bc | 99,54 Aa |
| 303 | 6,08 Aa | 5,71 Ab | 102,51 Aa | 103,53 Aa |
| 304 | 5,16 Ab | 5,22 Ac | 65,66 Ab | 78,12 Ab |

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os genótipos dentro de cada tratamento (pleno sol ou sombreado) pelo teste de Scott-Knott, e de mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada genótipo pelo teste de Tukey, ambos em 5% de significância.

Ao analisar o comportamento dos genótipos é possível verificar que para o diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP), os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 104, 108, 207 e 303 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 103, 604/97 e 207 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, é possível observar que apenas o genótipo 106-P apresentou DRP inferior quando sombreado, comparado com o cultivo a pleno sol. Todos os demais genótipos foram iguais ou superiores para o DRP quando sombreados.

O diâmetro do caule pode ser alterado pela disponibilidade de luz, sendo reduzido ou aumentado devido às variações da atividade cambial e, conseqüentemente, dos carboidratos sintetizados durante a fotossíntese e hormônios translocados a partir do ápice da planta

(PAIVA; GUIMARÃES; SOUZA, 2003). Quando o efeito do sombreamento é otimizado pelas plantas, o vigor eleva-se, ocorrendo aumento do diâmetro do caule (CÉSAR et al., 2013).

O efeito dos níveis de comparação também é perceptível para o comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 104, 108, 820/87, 207 e 203 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 103, 2B/88, 105, 108, 80S, 109, 604/97, 207, 302 e 303 quando sombreados. Entre os níveis de comparação esta característica foi igual ou superior em todos os genótipos quando sombreados, comparados com o cultivo a pleno sol. O alongamento dos ramos plagiotrópicos provocados pelo sombreamento ocorre como forma de aumentar a dimensão radial da copa como estratégia de adaptação para garantir maior exposição dos tecidos foliares para a captação da menor irradiância disponível para as folhas do cafeeiro.

Em estudo com cafeeiro conilon, Partelli et al. (2014), observaram que a proximidade do cafeeiro para as árvores de seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) promoveu o alongamento dos ramos plagiotrópicos. Já Oliosí et al. (2015) observaram maior crescimento de ramos plagiotrópicos em cafeeiro conilon sombreado com cedro australiano (*Toona ciliata*). Ricci, Cochetto Junior e Almeida (2013) avaliando cafeeiro conilon arborizado com gliricídia (*Gliricidia sepium*), relataram maior crescimento nas plantas arborizadas quando comparadas às cultivadas a pleno sol. Venancio et al. (2019) observaram que o sombreamento causou maior crescimento dos ramos plagiotrópicos em cafeeiro conilon, resultados que corroboram com os encontrados neste estudo.

6.2 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO ENFOLHAMENTO

Os resultados encontrados para número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), área foliar unitária (AFU), área foliar total (AFT), matéria seca de folhas (MSF) são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), área foliar unitária (AFU), área foliar total (AFT), matéria seca de folhas (MSF) de genótipos de cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018)

| Genótipos | NF | | AFU | | AFT | | MSF | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado |
| 103 | 12,75 Ab | 14,84 Ab | 40,65 Bc | 60,80 Ab | 520,18 Bc | 901,19 Ab | 5,65 Bb | 12,66 Aa |
| 2B/88 | 10,00 Bc | 16,96 Aa | 35,00 Bc | 54,77 Ac | 349,05 Bc | 925,59 Ab | 3,97 Bc | 11,31 Ab |
| 106 | 6,84 Bd | 10,09 Ad | 25,59 Bd | 66,60 Ab | 174,07 Bd | 672,76 Ac | 2,88 Bd | 5,30 Ad |
| 104 | 13,71 Ab | 14,00 Ac | 19,36 Ae | 23,62 Ae | 264,29 Ad | 329,98 Ad | 4,18 Ac | 3,21 Ae |
| 105 | 11,17 Bc | 16,84 Aa | 38,36 Bc | 49,52 Ad | 428,29 Bc | 833,61 Ab | 4,22 Bc | 8,44 Ac |
| 108 | 16,75 Aa | 11,95 Bd | 61,73 Ba | 71,98 Aa | 1033,78 Aa | 859,39 Bb | 9,63 Aa | 7,43 Bc |
| 80S | 12,84 Ab | 14,17 Ac | 31,09 Bd | 56,91 Ac | 398,61 Bc | 805,94 Ab | 8,64 Ba | 11,74 Ab |
| 109 | 10,38 bc | 13,12 Ac | 45,48 Bb | 59,16 Ac | 470,71 Bc | 778,20 Ab | 4,18 Bc | 6,39 Ad |
| 604/97 | 4,67 Be | 18,09 Aa | 27,62 Bd | 45,19 Ad | 127,64 Bd | 816,60 Ab | 2,34 Bd | 8,23 Ac |
| 820/87 | 10,93 Bc | 13,25 Ac | 41,09 Bc | 74,93 Aa | 448,75 Bc | 1000,09 Aa | 5,61 Bb | 9,08 Ac |
| 207 | 8,32 Bc | 13,55 Ac | 57,74 Ba | 74,37 Aa | 477,82 Bc | 1008,86 Aa | 5,67 Bb | 10,76 Ab |
| 302 | 9,45 Ac | 10,84 Ad | 59,96 Aa | 62,14 Ab | 564,05 Ac | 672,31 Ac | 6,30 Bb | 8,79 Ac |
| 303 | 14,92 Aa | 15,89 Ab | 47,43 Bb | 64,62 Ab | 708,85 Bb | 1029,33 Aa | 9,14 Aa | 10,62 Ab |
| 304 | 10,23 Bc | 17,56 Aa | 45,41Bb | 63,14 Ab | 465,03 Bc | 1110,37 Aa | 6,35 Bb | 12,70 Aa |

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os genótipos dentro de cada tratamento (pleno sol ou sombreado) pelo teste de Scott-Knott, e de mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada genótipo pelo teste de Tukey, ambos em 5% de significância.

Ao analisar o comportamento dos genótipos é possível verificar que para número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 108 e 303 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 2B/88, 105, 604/97 e 304 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, para a variável NF apenas o genótipo 108-P foi inferior quando sombreado, todos os demais genótipos foram iguais ou superiores para o NF quando sombreados.

Para a área foliar unitária (AFU), é possível verificar que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 108, 207 e 302 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 108, 820/87 e 207 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, para a variável AFU foi estatisticamente igual ou superior em todos os genótipos quando sombreados.

Analisando a área foliar total (AFT), é possível verificar que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo o genótipo 108 o que se destacou a pleno sol e os genótipos 820/87, 207, 303 e 304 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, para a variável AFT apenas o genótipo 108 foi inferior quando sombreado, todos os demais genótipos foram iguais ou superiores quando sombreados.

Para a variável matéria seca de folhas (MSF), é possível verificar que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 108, 80S e 303 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 103 e 304 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, para a variável MSF apenas o genótipo 108 foi inferior quando sombreado, todos os demais genótipos foram iguais ou superiores quando sombreados.

Essas características avaliadas estão diretamente relacionadas com o rendimento de culturas (LONG; ORT, 2010).

Plantas adaptadas a condições de sombreamento geralmente apresentam maior área foliar como estratégia para incrementar a superfície fotossintetizante em ambientes com baixa radiação luminosa (RICCI; COSTA; OLIVEIRA, 2011).

Neste aspecto, em estudo realizado por Tatagiba et al. (2010), com o sombreamento as plantas de cafeeiro conilon exibiram maior área foliar e, com isso, aumentaram a superfície fotossintetizante, promovendo maior aproveitamento das baixas intensidades luminosas, compensando assim, as taxas fotossintéticas por unidade de área. Também, Coelho et al. (2007), estudando o comportamento de *C. arabica* L. em monocultivo e em sistemas agroflorestais,

encontraram correlação positiva entre o aumento do sombreamento e área foliar. Também, Venancio et al. (2019), avaliando genótipos de *C. Canephora* em condições de campo, observaram que o sombreamento causou uma maior expansão foliar em relação ao cultivo a pleno sol.

Plantas de cafeeiro conilon sombreadas sofrem alterações morfológicas e tendem a apresentar maior desenvolvimento vegetativo. Possivelmente, associado à busca por maiores irradiâncias ou pelo aumento do aproveitamento da irradiância disponível, fator limitante em ambientes sombreados (STEWART et al. 2015). O que fica evidente neste estudo, já que os genótipos foram submetidos a etapas do programa de melhoramento onde a caracterização fenotípica e seleções são executadas a pleno sol.

6.3 VARIÁVEIS RELACIONADAS À PRODUÇÃO DE FRUTOS

Os resultados encontrados para índice de colheita (IC) e número de rosetas (NR) são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Índice de colheita (IC) e número de rosetas (NR) de genótipos de cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018)

| Genótipos | NR | | IC | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado |
| 103 | 9,75 Ba | 11,67 Ab | 44,96 Ae | 34,48 bd |
| 2B/88 | 9,00 Ab | 10,17 Ab | 48,49 Ad | 31,40 Bb |
| 106 | 9,88 Aa | 7,63 Bc | 55,34 Ac | 59,52 Aa |
| 104 | 10,50 Aa | 10,50 Ab | 39,44 Be | 48,45 Ab |
| 105 | 8,50 Bb | 11,00 Ab | 44,05 Be | 56,08 Aa |
| 108 | 10,67 Aa | 8,50 Bc | 34,91 Bf | 49,24 Ab |
| 80S | 11,63 Ba | 13,84 Aa | 30,27 Bf | 39,99 Ac |
| 109 | 8,34 Bb | 10,67 Ab | 61,52 Ab | 52,29 Bb |
| 604/97 | 6,75 Bb | 10,88 Ab | 69,10 Aa | 62,18 Ba |
| 820/87 | 7,75 Bb | 13,25 Aa | 56,09 Ac | 51,18 Ab |
| 207 | 11,34 Aa | 10,00 Ab | 32,29 Af | 36,85 Ac |
| 302 | 8,67 Ab | 6,34 Bc | 38,39 Ae | 29,35 Bd |
| 303 | 9,50 Aa | 10,17 Ab | 27,15 Bf | 43,71 Ac |
| 304 | 7,84 Ab | 7,00 Ac | 49,70 Ad | 54,20 Ab |

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os genótipos dentro de cada tratamento (pleno sol ou sombreado) pelo teste de Scott-Knott, e de mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada genótipo pelo teste de Tukey, ambos em 5% de significância.

Ao analisar o comportamento dos genótipos é possível verificar que para número de rosetas (NR), os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 103, 106, 104, 108, 80S, 207 e 303 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 80S e 820/87 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, para a variável NR os genótipos 106, 108 e 302 exibiram menor NR quando sombreados do que quando cultivados a pleno sol, todos os demais genótipos foram iguais ou superiores para o NR quando sombreado.

Em estudo realizado por Ricci, Cochetto Junior e Almeida (2013), não foram observadas diferenças no número de rosetas entre o cafeeiro sombreado e a pleno sol. Sendo assim, neste estudo, a maior parte dos genótipos apresentou igual ou maior NR quando sombreados em comparação ao cultivo a pleno sol.

Matta e Rodríguez (2007) relatam que cafeeiros cultivados em ambientes sombreados, à medida que o nível de sombreamento aumenta, ocorre maior estímulo à emissão de gemas vegetativas e diminuição da formação de gemas florais. Consequentemente, tais alterações causam redução do número de rosetas por ramo e do número de botões florais por roseta, o que pode ocasionar queda de produção.

Entretanto, o genótipo 108-P, mesmo apresentando menor NR quando sombreado, apresentou maior índice de colheita quando sombreado em comparação ao cultivo a pleno sol.

Analisando o índice de colheita (IC), é possível verificar que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo o genótipo 604/97 o que se destacou a pleno sol e os genótipos 106, 105 e 604/97 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, para a variável IC os genótipos 103, 2B/88, 109, 604/97 e 302 apresentaram menor IC quando sombreados, comparados com o cultivo a pleno sol. Todos os demais genótipos foram iguais ou superiores quando sombreados.

Cabe ressaltar a importância do equilíbrio da relação folha/fruto, pois, se não ocorrer um investimento adequado em folhas (fonte) até final da fase de crescimento dos frutos (dreno), poderá haver competição entre o crescimento vegetativo e reprodutivo (DaMATTA et al., 2008).

6.4 VARIÁVEIS RELACIONADAS AOS PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

Os resultados encontrados para teor de clorofila (CLO), teor de flavonoides (FLAV), teor de antocianinas (ANT) são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Teor de clorofila (CLO), teor de flavonoides (FLAV) e teor de antocianinas (ANT) de genótipos de cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018)

| Genótipos | CLO | | FLAV | | ANT | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado |
| 103 | 46,95 Aa | 47,05 Ab | 1,36 Aa | 1,00 Bb | 0,10 Ab | 0,09 Aa |
| 2B/88 | 52,90 Aa | 54,87 Aa | 1,44 Aa | 0,73 Bb | 0,09 Ab | 0,06 Bb |
| 106 | 37,60 Bb | 46,51 Ab | 1,51 Aa | 1,26 Ba | 0,13 Aa | 0,09 Ba |
| 104 | 40,40 Ab | 45,64 Ab | 0,62 Bc | 1,31 Aa | 0,09 Ab | 0,08 Aa |
| 105 | 37,49 Bb | 46,84 Ab | 1,43 Aa | 1,00 Bb | 0,08 Ac | 0,08 Aa |
| 108 | 45,56 Aa | 45,36 Ab | 1,09 Ab | 0,90 Ab | 0,07 Ac | 0,06 Ab |
| 80S | 39,65 Bb | 49,56 Aa | 1,19 Ab | 1,06 Ab | 0,10 Ab | 0,07 Ba |
| 109 | 42,58 Ab | 49,69 Ab | 1,40 Aa | 0,91 Bb | 0,10 Ab | 0,09 Aa |
| 604/97 | 35,32 Bb | 49,68 Ab | 1,48 Aa | 1,14 Ba | 0,14 Aa | 0,07 Bb |
| 820/87 | 52,25 Aa | 55,89 Aa | 1,66 Aa | 0,98 Bb | 0,08 Ac | 0,07 Ab |
| 207 | 60,69 Aa | 58,50 Aa | 1,13 Ab | 0,79 Bb | 0,06 Ac | 0,05 Ab |
| 302 | 50,20 Aa | 50,57 Ab | 1,29 Aa | 1,05 bb | 0,07 Ac | 0,07 Ab |
| 303 | 47,44 Aa | 49,23 Ab | 1,06 Ab | 1,24 Aa | 0,09 Ab | 0,06 Bb |
| 304 | 53,09 Aa | 43,58 Bb | 1,37 Aa | 1,11 Ba | 0,07 Ac | 0,08 Aa |

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os genótipos dentro de cada tratamento (pleno sol ou sombreado) pelo teste de Scott-Knott, e de mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada genótipo pelo teste de Tukey, ambos em 5% de significância.

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela captura e conversão da radiação luminosa em energia química, sob a forma de ATP e NADPH. Por essa razão, estes pigmentos estão estreitamente relacionados com a eficiência fotossintética das plantas (TAIZ et al., 2017). Uma planta com maiores concentrações de clorofilas pode apresentar taxas fotossintéticas mais elevadas (CASTRO et al., 2014).

Estudando o índice de clorofila (CLO), verifica-se que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 103, 2B/88, 108, 820/87, 207, 302, 303 e 304 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 2B/88, 80S, 820/87, 207 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, apenas o genótipo 304 exibiu menor CLO quando sombreado comparado com o cultivo a pleno sol, todos os demais genótipos foram iguais ou superiores para CLO quando sombreados.

Folhas desenvolvidas em ambientes sombreados, normalmente apresentam alto teor de clorofilas totais por unidade de massa, de forma a aumentar sua capacidade de absorção de luz (FENG; CAO; ZHANG, 2004).

Em estudo realizado por Araújo et al. (2015) em cultivo de cafeeiro conilon consorciado, foram observados maiores valores de clorofila nos cafeeiros sombreados situados próximos às bananeiras. Souza (2016), estudando cafeeiro conilon cultivado a campo sob condições contrastantes de disponibilidade de luz, observou maiores valores de clorofila por área foliar em cafeeiro sombreado.

Já Pereira et al. (2011), estudando a campo cafeeiro arábica verificaram que os níveis 35, 50, 65 e 90% de sombra promoveram valores superiores para o teor de clorofila. Souza et al. (2013), também verificaram que o teor de clorofila de cafeeiro arábica sofre acréscimos com o aumento da densidade de sombreamento. Já em estudo realizado por Coelho et al. (2007), o teor de clorofila nas folhas de cafeeiro arábica em monocultivo e dois sistemas agroflorestais não apresentou diferença entre os níveis de sombreamento.

Portanto, aumento no nível de radiação pode ou não ocasionar a redução do teor de clorofila nas folhas. Folhas de sombra tendem a produzir e acumular mais pigmentos nos seus tecidos para aumentar o aproveitamento da radiação disponível (clorofila b).

As antocianinas e flavonoides são compostos fenólicos presentes nas plantas de café, e proporcionam proteção contra a radiação ultravioleta (FERREIRA et al., 2008). Os flavonoides e antocianinas são metabólitos secundários que podem ser considerados pigmentos naturais, que também exercem um papel fundamental na proteção vegetal, onde atua na proteção contra agentes oxidantes como os raios ultravioletas (GARCÍA; CARRIL, 2009).

A produção e o acúmulo de compostos fenólicos pelas plantas aumentam sob estresse, principalmente quando o uso do carbono para o crescimento ou reprodução das plantas é reduzido pela falta de nutrientes (KANDIL et al., 2004).

Com relação ao índice de flavonoides (FLAV), verifica-se que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo o genótipo 104 o que se destacou a pleno sol, apresentando menor valor de FLAV e os genótipos 103, 2B/88, 105, 108, 80S, 109, 820/87, 207 e 302 menores valores quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, apenas o genótipo 104-P mostrou-se estatisticamente superior quando sombreado em comparação com o cultivo a pleno sol, apresentando maiores valores de FLAV. Todos os demais genótipos apresentaram menores valores de FLAV quando sombreados.

Quanto ao índice de antocianinas (ANT), verifica-se que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 105, 108, 820/87, 207, 302 e 304 os que apresentaram menores valores para ANT a pleno sol, e os genótipos 2B/88, 108, 604/97, 820/87, 207, 302 e 303 os que apresentaram menores valores para ANT quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, os teores médios foram estatisticamente iguais ou inferiores em plantas sombreadas em comparação ao cultivo a pleno sol.

Resultados que indicam uma possível condição de estresse em determinados genótipos manifestaram maiores valores de FLAV e ANT.

Em estudo realizado por Araújo (2012), avaliando a cultura do cacaueteiro a pleno sol, 50% e 95% de sombreamento, observou-se um aumento no teor de flavonoides e uma redução no de antocianinas a pleno sol. Cavalcanti Filho (2017), avaliando mudas de cafeeiro arábica observou que mudas expostas a pleno sol apresentaram maiores médias de antocianinas e flavonoides quando comparadas com mudas aclimatadas ao sombreamento gradual.

Em diversos estudos em espécies vegetais submetidas a variadas condições de estresse, fica evidente sua influência na formação de compostos secundários antioxidantes, como é o caso dos flavonoides e antocianinas (SHANKER et al., 2005; MICHALAK, 2006; KEILIG; LUDWIG-MÜLLER, 2009; ZENG et al., 2010; SINGH et al., 2013).

6.5 VARIÁVEIS RELACIONADAS À NUTRIÇÃO NITROGENADA

Os resultados encontrados para índice de balanço de nitrogênio (NBI), teor de nitrogênio foliar (TeorN) e acúmulo de nitrogênio foliar (ANF) são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 -Índice de balanço de nitrogênio (NBI), teor de nitrogênio foliar (TeorN) e acúmulo de nitrogênio foliar (ANF) de genótipos de cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) cultivados a pleno sol e sombreados, em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES (Ciclo 2017-2018)

| Genótipos | NBI | | TeorN | | ANF | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado | Pleno sol | Sombreado |
| 103 | 34,94 Bb | 51,63 Ab | 17,91 Aa | 19,30 Aa | 101,17 Bb | 244,50 Aa |
| 2B/88 | 37,20 Bb | 80,84 Aa | 20,45 Aa | 22,19 Aa | 81,41 Bc | 251,46 Aa |
| 106 | 26,21 Ac | 37,49 Ac | 18,41 Aa | 18,95 Aa | 53,18 Bc | 100,26 Ad |
| 104 | 66,23 Aa | 36,80 Bc | 18,53 Aa | 19,24 Aa | 77,40 Ac | 61,56 Ae |
| 105 | 26,77 Bc | 50,52 Ab | 18,53 Aa | 15,32 Bb | 77,85 Bc | 130,10 Ac |
| 108 | 42,04 Ab | 52,39 Ab | 17,06 Ba | 19,83 Aa | 163,99 Aa | 146,06 Ac |
| 80S | 35,47 Bb | 53,03 Ab | 16,58 Aa | 16,53 Ab | 143,84 Ba | 193,88 Ab |
| 109 | 30,75 Bc | 54,93 Ab | 19,03 Aa | 19,98 Aa | 79,25 Bc | 126,87 Aa |
| 604/97 | 24,74 Bc | 48,95 Ab | 17,62 Aa | 18,00 Ab | 41,39 Bc | 148,00 Ac |
| 820/87 | 31,66 Bc | 59,34 Ab | 18,86 Aa | 19,80 Aa | 105,72 Bb | 178,73 Ab |
| 207 | 55,10 Ba | 77,15 Aa | 17,03 Aa | 18,12 Ab | 96,54 Bb | 194,59 Ab |
| 302 | 39,82 Ab | 49,72 Ab | 16,94 Aa | 16,88 Ab | 106,21 Bb | 146,82 Ac |
| 303 | 45,99 Ab | 41,30 Ac | 18,83 Aa | 19,98 Aa | 174,34 Ba | 213,80 Ab |
| 304 | 39,28 Ab | 39,07 Ac | 17,53 Aa | 18,95 Aa | 111,50 Bb | 239,88 Aa |

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os genótipos dentro de cada tratamento (pleno sol ou sombreado) pelo teste de Scott-Knott, e de mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada genótipo pelo teste de Tukey, ambos em 5% de significância.

Analisando o índice de balanço de nitrogênio (NBI), verifica-se que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 104 e 207 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 2B/88 e 207 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, verifica-se que para o NBI apenas o genótipo 104-P foi estatisticamente inferior para quando sombreado, todos os demais genótipos foram iguais ou superiores para NBI quando sombreados.

A relação entre clorofila e flavonoides, medida com o índice de balanço de nitrogênio, possibilita a avaliação do estado de N das plantas (CARTELAT et al., 2005).

No geral, genótipos com maiores teores de clorofila apresentaram maior NBI, concomitantemente índices de FLA menores. Como o NBI é uma variável dependente do índice

CLO/FLA (GOULAS et al., 2004), espera-se relação inversa entre NBI e FLA, uma vez que aumentando índices de clorofila, automaticamente haverá decréscimos nos índices de flavonoides, e o contrário também pode ser verificado.

Esta relação da clorofila com nitrogênio é esperada, uma vez que grande concentração do nitrogênio está alocado em folhas, e grande parte deste nitrogênio é constituinte das moléculas de clorofila (PETERSON et al., 1993).

O índice de balanço de nitrogênio foi capaz de indicar indiretamente o estado nutricional de N e prognosticar a produtividade na batata (COELHO et al., 2012) e em trigo (TREMBLAY; WANG; BÉLEC, 2010).

A utilização de índices determinados por clorofilômetros portáteis tem sido aplicada em diversas culturas e espécies vegetais (MOREIRA et al., 2011; COELHO et al., 2012; BERG; PERKINS, 2014; CASTRO et al., 2014; CONFORTO et al., 2014; PÔRTO et al., 2014; FONTES et al., 2016; SILVA et al., 2016; KALAJI et al., 2018; SILVA FILHO et al., 2018; SILVA, 2020).

Portanto, por meio de metodologias de rápidas análises, como a utilização de clorofilômetros portáteis, torna-se possível o diagnóstico do estado nutricional da lavoura, permitindo manejo adequado da adubação, evitando adubação em excesso, contaminação do solo e água, além de contribuir também para compreensão sobre o desempenho fotossintético da cultura (SILVA, 2020). Uma vez que a concentração de N foliar influencia na concentração de clorofila, ocorrendo redução na concentração deste nutriente, haverá decréscimos na concentração de clorofila, comprometendo o processo fotossintético tal como o crescimento e desenvolvimento vegetal (MOSS, 1984).

Para o teor de nitrogênio foliar (TeorN), verifica-se que não houve diferença significativa para o nível pleno sol, apenas o nível de comparação sombreado apresentou diferença, sendo os genótipos 103, 2B/88, 106, 104, 108, 109, 820/87, 303 e 304 os que se destacaram apresentando os maiores teores de nitrogênio foliar. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, verifica-se que apenas os genótipos 105 e 108 apresentaram diferença, sendo o genótipo 105 superior a pleno sol e o genótipo 108 superior sombreado.

Para o acúmulo de nitrogênio foliar (ANF), verifica-se que os genótipos apresentam comportamento diferente dentro de cada nível de comparação (pleno sol e sombreado), sendo os genótipos 108, 80S e 303 os que se destacaram a pleno sol e os genótipos 103, 2B/88, 109 e 304 quando sombreados. Entre os níveis de comparação, pleno sol e sombreado, verifica-se que o ANF foi estatisticamente igual ou superior para todos os genótipos em cultivo sombreado em comparação ao cultivo a pleno sol.

De acordo com Matiello et al. (2010), os cafeeiros em sistemas sombreados requerem menos fertilizantes, sobretudo os nitrogenados, para produzir uma mesma quantidade de grãos de café. Machado et al. (2016), verificaram que o suprimento de nitrogênio modula a produção de matéria seca e o acúmulo de nitrogênio nos genótipos de cafeeiro conilon.

Segundo Khouri (2007), cafeeiros mantidos em ambiente sombreado apresentam maior atividade da redutase do nitrato (enzima chave no metabolismo de nitrogênio das plantas). Em concordância, em estudo realizado por Lemos et al. (2010), cafeeiros cultivados em sistemas sombreados apresentaram em geral maior atividade enzimática da redutase do nitrato. De acordo com esses autores, isso contribuiu para maiores teores de nitrogênio total no período de veranico, em plantas de café sombreadas.

6.6 GANHOS E PERDAS RELATIVOS EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO DE CADA GENÓTIPO

O ganho relativo, em porcentagem (%), foi determinado objetivando identificar o ganho dos genótipos nas variáveis avaliadas, quando sombreados, em comparação a pleno sol. A análise de ganho relativo permite discriminar de forma clara e objetiva quais genótipos apresentaram melhor desempenho quando sombreados, bem como quais variáveis foram influenciadas positiva ou negativamente pelo sombreamento.

Os ganhos relativos para as variáveis diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP), comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), área foliar unitária (AFU), área foliar total (AFT), matéria seca de folhas por ramo (MSF), número de rosetas por ramo plagiotrópico (NR), índice de colheita do ramo plagiotrópico (IC), índices de clorofilas (CLO), flavonoides (FLAV), antocianinas (ANT), índice de balanço de nitrogênio (NBI) e acúmulo de nitrogênio foliar (ANF) de genótipos precoces quando sombreados são apresentados na Figura 14.

Os genótipos precoces 80S e 105 se destacaram por apresentar ganho relativo quando sombreados em todas as variáveis analisadas (Figura 14), visto que FLA e ANT negativo é indicativo de ganho, ou seja, quando sombreado esses valores foram menores que a pleno sol, indicando que as plantas se encontravam em uma condição menos estressada. O genótipo 106 também merece destaque, mesmo apresentando menor DRP e NR quando sombreado, foi um genótipo que apresentou elevados ganhos nas demais variáveis avaliadas. Em comparação, os genótipos 104 e 108 foram os que apresentaram piores resultados em relação ao ganho relativo quando sombreados, apenas algumas variáveis apresentaram ganhos, mas não sendo estes expressivos. Os genótipos 103, 2B-88 e 109 apesar de terem apresentado menor IC quando

sombreados em comparação ao cultivo a pleno sol, foram superiores em todas as demais variáveis avaliadas quando sombreados. Portanto, os genótipos que apresentaram ganhos quando sombreados são plantas que no próximo ciclo se encontrarão com elevado vigor, menos dependência de insumos e maior tolerância às perturbações do ambiente. Além de serem plantas que podem ser selecionadas para a implementação de cultivos consorciados onde ocorrerá sombreamento.

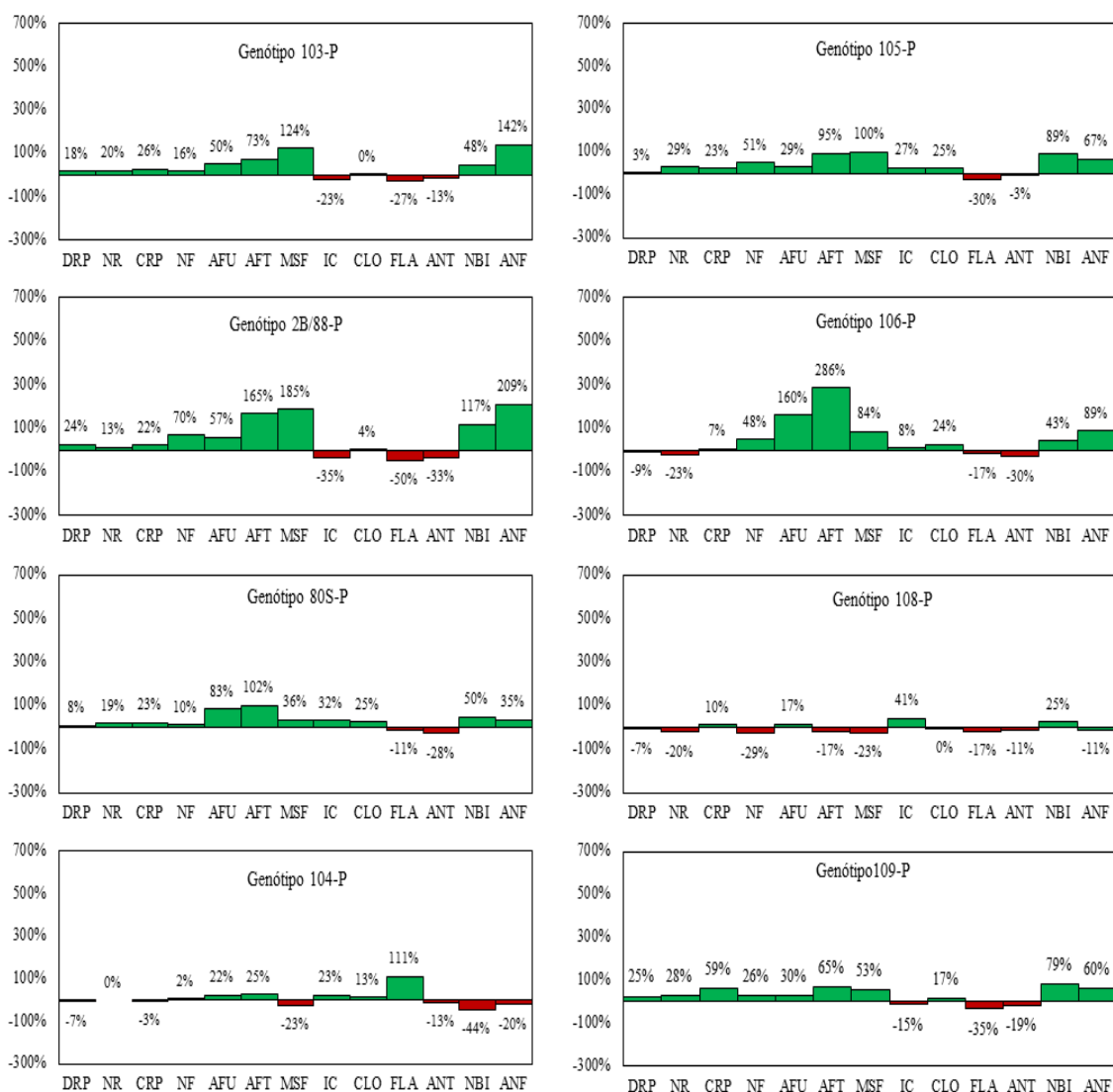


Figura 1 - Ganhos e perdas relativos observados em genótipos de ciclo de maturação precoce de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento (30%), em relação ao seu cultivo a pleno sol

Os ganhos relativos para as variáveis diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP), comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), número de folhas por ramo plagiotrópico (NF),

área foliar unitária (AFU), área foliar total (AFT), matéria seca de folhas por ramo (MSF), número de rosetas por ramo plagiotrópico (NR), índice de colheita do ramo plagiotrópico (IC), índices de clorofilas (CLO), flavonoides (FLAV), antocianinas (ANT), índice de balanço de nitrogênio (NBI) e acúmulo de nitrogênio foliar (ANF) de genótipos intermediários quando sombreados são apresentados na Figura 15.

Dentre os genótipos intermediários (Figura 15), todos obtiveram ganhos quando sombreados em sua maioria das variáveis avaliadas. Atenção especial destina-se ao genótipo 604/97, que dentre todos os genótipos estudados foi o que apresentou maiores ganhos relativos quando sombreado. Mesmo apresentando um IC 10% menor quando sombreado, foi o genótipo que apresentou o maior IC dentre todos os genótipos estudados nos diferentes níveis de irradiância. Esta condição proporciona plantas com alto vigor, menos estressadas, que não se apresentarão depauperadas no próximo ciclo e possivelmente contornarão a problemática da bienalidade. Além de serem plantas que podem ser selecionadas para a implementação de cultivos consorciados onde ocorrerá sombreamento.

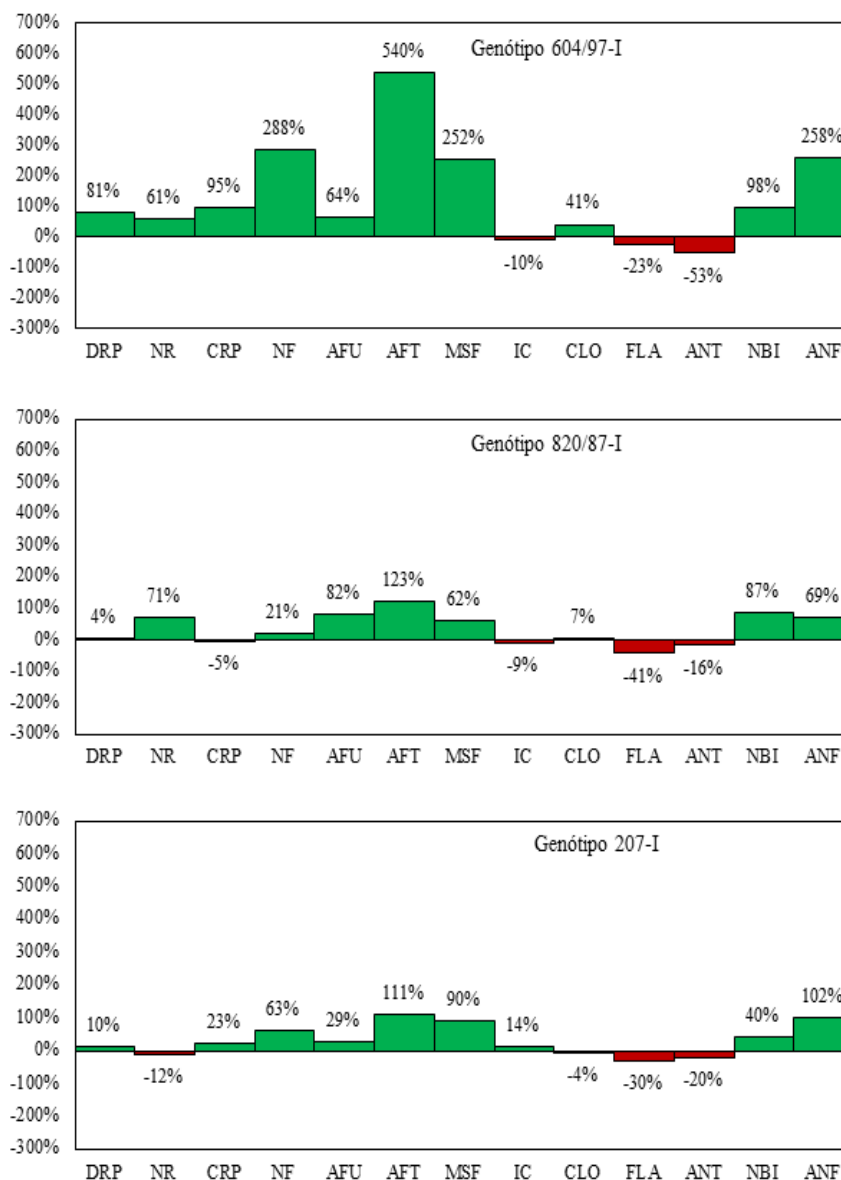


Figura 2 - Ganhos e perdas relativos observados em genótipos de ciclo de maturação intermediário de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento (30%), em relação ao seu cultivo a pleno sol

Os ganhos relativos para as variáveis diâmetro do ramo plagiotrópico (DRP), comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), número de folhas por ramo plagiotrópico (NF), área foliar unitária (AFU), área foliar total (AFT), matéria seca de folhas por ramo (MSF), número de rosetas por ramo plagiotrópico (NR), índice de colheita do ramo plagiotrópico (IC), índices de clorofilas (CLO), flavonoides (FLAV), antocianinas (ANT), índice de balanço de nitrogênio (NBI) e acúmulo de nitrogênio foliar (ANF) de genótipos intermediários quando sombreados são apresentados na Figura 16.

Os genótipos de maturação tardia apresentaram ganhos menos expressivos quando sombreados em comparação ao cultivo a pleno sol, sendo o genótipo 304 o que mais se destacou em algumas variáveis (Figura 16). O genótipo 303 apresentou maiores teores de flavonoides e o genótipo 304 maiores teores de antocianinas, indicando que quando sombreadas, essas plantas manifestaram um comportamento de estresse. No geral, o desempenho dos genótipos tardios foi menos expressivo comparado aos genótipos precoces e intermediários.

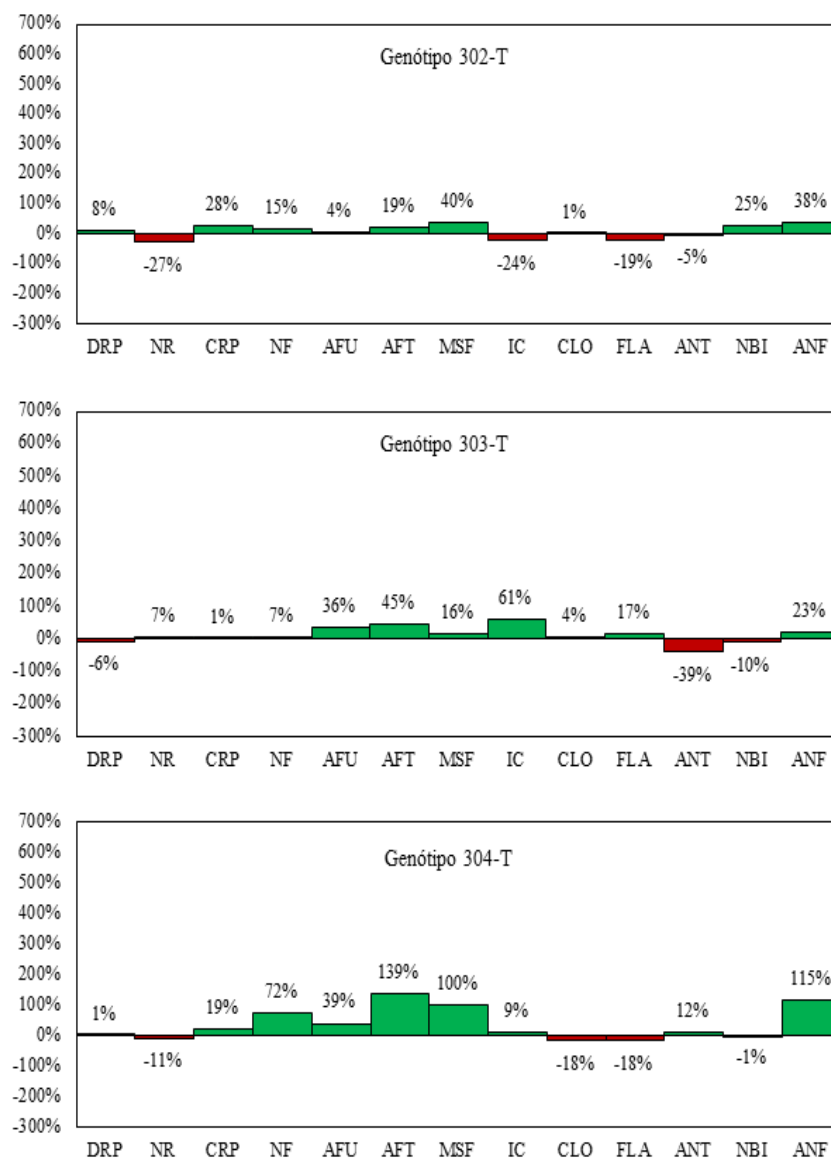


Figura 3 - Ganhos e perdas relativos observados em genótipos de ciclo de maturação tardia de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento (30%), em relação ao seu cultivo a pleno sol

7. CONCLUSÕES

Existem diferentes respostas morfológicas, fisiológicas e nutricionais entre os genótipos nos diferentes níveis de irradiância.

Os genótipos 105, 106 (12 e 6 Vitória Incaper 8142), 80S, 820/87, 604/97, 207, 303 (408 Marilândia) e 304 apresentam respostas que podem estar relacionadas a uma maior aptidão para o cultivo sombreado. Os genótipos 104, 108, 207 e 303 apresentaram repostas a pleno sol reforçando seu potencial para esse sistema de cultivo.

Após as análises é possível verificar que o ganho relativo se constitui em uma análise adequada para discriminação de genótipos de *coffea canephora* quanto às variáveis estudadas.

8. REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 50-59, 2008.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de G. Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ARAÚJO, R., P. **Respostas moleculares e morfofisiológicas ao estresse por irradiância em *Theobroma cacao*: o papel das antocianinas**. Dissertação. (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, março de 2012.

ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; PEZZOPANE, J. R. M.; FALQUETO, A. R.; CAVATTE, P. C. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 214 - 222, abr./jun., 2015.

BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L.; GUIMARÃES, R. J.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; ÁVILA, F. W.; PASSOS, A. M. A. Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 37-43, 2012.

BERG, A. K. V. D.; PERKINS, T. D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. **Forest Ecology and Management**, v.200, n.3, p.113 – 117, 2004.

BOTE, A. D.; STRUIK, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, v.3, n.11, p.336-341, 2011.

CARTELAT, A.; CEROVIC, Z. G.; GOULAS, Y.; MEYER, S.; LELARGE, C.; PRIOUL, J. L.; BARBOTTIN, A.; JEUFFROY, M. H.; GATE, P.; AGATI, G.; MOYA, I. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v.91, p.35-49, 2005.

CARVALHO, C. H. S.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; FERREIRA, R. A.; PADILHA, L.; FERREIRA, I. B.; GALDINO, P. Qualidade da bebida de cultivares de café com resistência à ferrugem do cafeeiro. In: **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Araxá - MG. Resumos expandidos. Embrapa Café, Brasília. 2011.

CARVALHO, M. A. F.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. **Utilização do Clorofilômetro para Racionalização da Adubação Nitrogenada nas Culturas do Arroz e do Feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 14p. 2012.

CASTRO, F. A.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; GOMES, M. M. A.; FERRAZ, T. M.; GLENN, D. M. Portable chlorophyll meter (PCM-502) values are related to total chlorophyll concentration and photosynthetic capacity in papaya (*Carica papaya* L.). **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 4, p.201-210, 2014.

CAVALCANTI FILHO, P. F. M. **Silicato de potássio na aclimação de mudas de *Coffea arabica* L.** 66 f. 2017. Dissertação (Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro). 2017.

CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA A. A.; MORAIS L. E.; MARTINS S. C.; SANGULARD L. M.; DAMATTA F. M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**. v. 144, n.1, p. 111–122. 2012.

CAVATTE, P. C.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; PEREIRA, S. M. A.; VENANCIO, L. P. Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; OLIVEIRA, F. L.; COELHO, R. I. (Org.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal IV**. Alegre: CAUFES, p. 421-444. 2013.

CÉSAR, F. R. C. F.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; BONFIM, J. A. Morphological plasticity of three coffee cultivars under light gradient. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 121-131, 2013.

COELHO F. S.; FONTES P. C. R.; FINGER F. L.; CECON P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47:584-592. 2012.

COELHO, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; BONFIM, J. A.; LEMOS, C. L.; CESAR, F. R. C. F.; SANTOS, M. A. F.; LIMA, J. M.; ARAUJO, G. S.; GUIMARÃES, M. M. C.; FARIAS, D. H. Teor de clorofila nas folhas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em monocultivo e dois sistemas agroflorestais em Barra do Choça, BA In: **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (5: Águas de Lindóia, SP: 2007)**. Anais. Brasília, D.F.: Embrapa - Café, 2007.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café, v. 5– Safra 2019, n. 3 - **Terceiro levantamento, Brasília**, p. 1-48, setembro de 2019.

CONFORTO, E. C.; CORNÉLIO, M. L.; ANDREOLI, R. P.; GONÇALVES, E. C. P. Validation of arbitrary units of chlorophyll contents obtained in intact leaves of rubber tree. **Revista Agro@mbiente**, v.8, n.2, p.288-292, 2014.

DaMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research** v. 86, n. 2-3, p. 99-114, 2004.

DaMATTA, F. M.; CUNHA, R. L.; ANTUNES, W. C.; MARTINS, S. C.; ARAUJO, W. L.; FERNIE, A. R.; MORAES, G. A. In field-grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, v. 178, p. 348-357, 2008.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. O café Conilon em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.). **Café Conilon**. 2 ed. Vitória, ES: Incaper, p. 481-493, 2017.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. **Revista Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 230p. 2011.

FENG, Y. L.; CAO, K. F.; ZHANG, J. L. Photosynthetic characteristics, dark respiration and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, v. 42, n. 3, p. 431-437, 2004.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. 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.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. M. M.; OLIVEIRA, AHC; SANTOS, N. S. Flavonas e flavonóis: novas descobertas sobre sua estrutura química e função biológica. **Revista Agro@mbiente**, v.2, n.2, p.57-60, 2008.

FONSECA, A. F. A.; SAKIYMA, N. S.; BORÉM, A. **Café Conilon: do plantio a colheita**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 257p. 2015.

FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; SILVA, M. C. C.; COELHO, F. S.; CECON, P. R.; PARTELLI, F. L. Tuber yield prognosis model and agronomic nitrogen use efficiency of potato cultivars. **Australian Journal of Crop Science**. v.10, p.933-939, 2016.

FORCEA. DUALEX® SCIENTIFIC. **Manual do medidor eletrônico de clorofila DUALEX**, França, 20 p, 2018.

GARCÍA, A. Á.; CARRIL, E. P-U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (Biología)**, Serie Fisiologia Vegetal, 2 (3): 119-145. 2009.

GHOLIZADEH, A.; AMIN, M. S. M.; ANUAR, A. R.; AIMRUN, W.; SABERIOON, M. M. Temporal variability of SPAD chlorophyll meter readings and its relationship to total Nitrogen in neaves within a Malaysian paddy field. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.5, p.236-245, 2011.

GOULAS, Y.; CEROVIC, Z. G.; CARTELAT, A.; MOYA, I. Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. **Applied Optics**, v. 43, n. 23, p.4488-4496, 2004.

HOLMGREN, M.; GÓMEZ-APARICIO, L.; QUERO, J. L.; VALLADARES, F. Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. **Oecologia, Gewerbestrasse**, v. 169, n. 2, p. 293-305, 2012.

IGLESIAS, M. J.; SELLARO, R.; ZURBRIGGEN, M. D.; CASAL, J. J. Multiple links between shade avoidance and auxin networks. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.69, ed.2, p. 212-228, 2018.

KALAJI, H. M.; RASTOGI, A.; ŽIVČÁK, M.; BRESTIC, M.; DASZKOWSKA-GOLEC, A.; SITKO, K.; ALSHARAF, K. Y.; LOTFI, R.; STYPIŃSKI, P.; SAMBORSKA, I. A. CETNER, M. D. Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors. **Photosynthetica**, v.56, n.3, p.953-961, 2018.

KANDIL, F. E.; GRACE, M. H.; SEIGLER, D. S.; CHEESEMAN, J. M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. **Trees**, v.18, p.518-528, 2004.

KEILIG, K.; LUDWIG-MÜLLER, J. Effect of flavonoids on heavy metal tolerance in *Arabidopsis thaliana* seedlings. **Botanical Studies**, v.50, n.3, p.311-318, 2009.

KHOURI, C. R. **Atividade da redutase do nitrato, teores de nitrogênio e de carboidratos em cafeeiro influenciados pelo sombreamento e estágio fenológico**. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LEMOS, C. L. **Características morfo-fisiológicas e assimilação de nitrogênio e cafeeiros em sistema a pleno sol e associados com abacateiro (*Persea americana*) e ingazeiro (*Inga edulis*) em barra do Choça-BA**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista – BA. 94 f. 2008.

LEMOS, C. L.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; COELHO, R. A.; CÉSAR, F. R. C. F. Metabolismo de nitrogênio em dois sistemas de cultivo de café sob veranico da estação úmida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 34-41, 2010.

LONG, S. P.; ORT, D. R. More than taking the heat: crops and global change. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 13, n. 3, p. 241-248, 2010.

LUNZ, A. M. P.; BERNARDES, M. S.; RIGHI, C. A. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sob diferentes níveis de sombreamento com seringueira**. In: GONÇALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. de (Ed.). Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009.

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

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

MANCUSO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; PERDONÁ, M. J. Produção de café sombreado. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 9, n. 1, p. 3-44, 2013.

MATTA, F. M.; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del eotrópico: una vision agronómica y ecofisiológica. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 25, n. 1, p. 113-122, 2007.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. A.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 542 p. 2010.

MICHALAK, A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. **Polish Journal of Environmental Studies, Olsztyn**, v.15, n.4, p.523-530, 2006.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ARAUJO, R. F. Índices para avaliar o estado de nitrogênio da batata multiplicada por distintos materiais propagativos. **Revista Ceres**, v.58, p.384392, 2011.

MOSS, D. N. Photosynthesis, respiration, and photorespiration in higher plants. In: TESAR, M. B. **Physiological Basis of Crop Growth and Development**. Madison: American Society of Agronomy, p. 131-152, 1984.

OLIOSI, G.; GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; RODRIGUES, J. P.; RAMALHO, J. C. Crescimento do cafeeiro conilon em sistema agroflorestal com cedro australiano. **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Curitiba - PR. 2015.

PAIVA, L. C.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n.1, p.134- 140, 2003.

PARTELLI, F. L.; ARAÚJO, A. V.; VIEIRA, H. D.; DIAS, J. R. M.; MENEZES, L. F. T.; RAMALHO, J. C. Microclimate and development of “Conilon” coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 872-881, 2014.

PEREIRA, T. B.; BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L.; GUIMARÃES, R. J.; GOMES, R.A.; PEREIRA, V. A. Teores de clorofila em cafeeiros submetidos a diferentes ambientes avaliados por dois métodos de determinação. **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Araxá – MG. 2011.

PETERSON, T. A.; BLACKMER, T. M.; FRANCIS, D. D.; SCHEPERS, J. S. Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management. **Historical Materials from University of Nebraska- Lincoln Extension**, p.1-7, 1993.

POMPELLI, M. F.; POMPELLI, G. M.; CABRINI, E. C.; ARRUDA, E. C.; VENTRELLA, M. C.; DaMATTA, F. M. Leaf anatomy, ultrastructure and plasticity of *Coffea arabica* L. in response to light and nitrogen availability. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25 n. 4, p. 13-28, 2012.

PÔRTO M. LA.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C.; CECON, P. R.; ALVES, J. C. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. v.32: 292-296. 2014.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA; INCAPER; CEDAGRO, 305 p. 2007.

RIBEIRO, A. F. F. **Morfofisiologia de plantas jovens de café arábica submetidas a níveis de sombreamento artificial e doses de paclobutrazol**. Vitória da Conquista - BA: UESB, 104p. 2018.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.

RICCI, M. S. F.; COCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenológicas e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; MARTINS, S. C. V.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MORAIS, L. E.; PEREIRA, L. F.; REIS, J. V.; ÁVILA, R. T.; GODOY, A. G.; LAVINSKI, A. O.; DaMATTA, F. M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. *Environmental and Experimental Botany*, **Amsterdam**, v. 102, p. 1-10, 2014.

SCHEINER, S. M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual review of ecology and systematics**, v. 24, p. 35-68, 1993.

SHANKER, A. K.; CERVANTES, C.; LOZATAVERA, H.; AVUDAINAYAGAM, S. Chromium toxicity in plants. **Environment international**, v.31, n.5, p.739-753, 2005.

SILVA, A. T. **Intensidade da coloração verde foliar em genótipos de *Coffea canephora*: divergência genética e relação com o desempenho fotossintético**. 76 f. 2020. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2020.

SILVA, D. V.; ANJOS, L.; BRITO-ROCHA, E.; DALMOLIN, A. C.; MILKE, M. S. Calibration of a multi-species model for chlorophyll estimation in seedlings of Neotropical tree species using hand-held leaf absorbance meters and spectral reflectance. **IForest Biogeosciences and Forestry**, v. 9, n. 5, p.829-834, 2016.

SILVA FILHO, J. B.; FONTES, P. C. R.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R.; MACGIFFEN, M. E. Index for potato nitrogen status diagnosis in three-phase hydroponic system. **Journal of Plant Nutrition**, v.1, p.1-6, 2018.

SIMONS, M.; RAJIB, S.; LENAÏG, G; GUILLARD, G.; CLÉMENT, P. A.; RAFAEL, C.; COSTAS, D. M.; PETER, J.; LEA, B. H. Nitrogen-use efficiency in maize (*Zea mays* L.): from ‘omics’ studies to metabolic modelling. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 19, p. 5657-5671, 2014.

SINGH, H. P.; MAHAJAN, P.; KAUR, S.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Chromium toxicity and tolerance in plants. **Environ Chem Lett**, v.11, p.229–254, 2013.

SOUZA, A. J. J. **Qualidade do café arborizado e a pleno sol submetido a diferentes manejos pós-colheita em Barra do Choça, BA**. 73 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2010.

SOUZA, D. M. de. **Crescimento e variações diurnas da fotossíntese de genótipos de *coffea canephora* cultivados à campo sob condições contrastantes de disponibilidade de luz.** 63f. 2016. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.

SOUZA G. S.; DAN. M. L.; ARAÚJO J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 180-186, 2016.

SOUZA, T. P.; CASTELLANI, M. A.; LEMOS, R. N. S.; PÉREZ-MALUF, R.; MOREIRA, A. A.; SILVA, B. S.; RIBEIRO, E. B. Teores de clorofila e nitrogênio foliar em cafeeiros associados a grevíleas: relação com infestação de *leucoptera coffeella* (GUÉRINMÉNEVILLE, 1842) (lepidoptera: Lyonetiidae). **VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Salvador - BA. 2013.

STEWART, J. J.; ADAMS III, W. W.; COHU, C. M.; POLUTCHKO, S. K.; LOMBARDI, E. M.; DEMMIGADAMS, B. Differences in light-harvesting, acclimation to growth-light environment, and leaf structural development between Swedish and Italian ecotypes of *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, v.242, n. 6, p. 1277-1290, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fotossíntese: reações luminosas. **Fisiologia Vegetal 6ªed.** Porto Alegre: Artmed, p. 171-199, 2017.

TATAGIBA, S. D.; SANTOS, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

TREMBLAY, N.; WANG, Z.; BÉLEC, C. Performance of Dualex in spring wheat for crop nitrogen status assessment, yield prediction and estimation of soil nitrate content. **Journal of Plant Nutrition**, 33:57-70. 2010.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006.

VENANCIO, L. P.; AMARAL, J. F. T.; CAVATTE, P. C.; VARGAS, C. T.; REIS, E. F.; DIAS, J. R. Vegetative growth and yield of robusta coffee genotypes cultivated under different shading levels. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v.35, n.5, p.1490-1503, 2019.

VENANCIO, L. P. **Sombreamento de clones de *Coffea canephora* em condições de campo: crescimento vegetativo, produção e qualidade**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. 76f. 2015

ZENG, F.; ALI, S.; QIU, B.; WU, F.; ZHANG, G. Effects of chromium stress on the subcellular distribution and chemical form of Ca, Mg, Fe, and Zn in two rice genotypes. **Journal Plant Nutrition Soil Science**. v.173, n.1, p.135-148, 2010.