

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES**

**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**VINÍCIUS GONÇALVES ALMEIDA**

**TROCAS GASOSAS DE CAFEIROS EM DIFERENTES ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS**

**CERES – GO**

**2019**

**VINÍCIUS GONÇALVES ALMEIDA**

**TROCAS GASOSAS DE CAFEIROS EM DIFERENTES ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação do Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa.

**CERES – GO**

**2019**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

AV785t Almeida, Vinícius  
Trocas gasosas de cafeeiros em diferentes  
estádios fenológicos / Vinícius Almeida; orientador  
Cleiton Sousa. -- Ceres, 2019.  
18 p.

Monografia ( em Bacharelado em Agronomia) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2019.

1. Fotossíntese. 2. Transpiração. 3. Café arábica.  
4. Fases de desenvolvimento . I. Sousa, Cleiton,  
orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES  
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Tese                                   | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                            | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                        | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional          | - Tipo:   |
- 

Nome Completo do Autor: Vinícius Gonçalves Almeida

Matrícula: 2015103200210244

Título do Trabalho: Trocas gasosas de cafeeiros em diferentes estádios fenológicos

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

---

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_/\_\_/\_\_

O documento está sujeito a registro de patente? [ ] Sim [ x ] Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? [ ] Sim [ x ] Não

### **DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

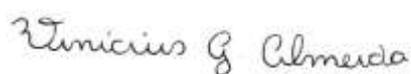
O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres, 13/12/2019.

Local

Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) Dezeto dia(s) do mês de novembro do ano de dois mil e 19, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Vinicius Goncalves Almeida, do Curso de Agroecologia, matrícula 20151072002102 cujo título é "Trabalho Gasodol em Cofreiros no Cerrado". A defesa iniciou-se às 9 horas e 5 minutos, finalizando-se às 10 horas e 15 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho Aprovado com média 7.2 no trabalho escrito, média 8.1 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 7.7 de **pontos**, estando o(a) estudante(a) apto para fins de conclusão do Trabalho de Curso. Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante(a) deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

  
Assinatura Presidente da Banca

  
Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

  
Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

## RESUMO

Áreas do Cerrado goiano possuem poucos estudos sobre café arábica, principalmente sobre seu comportamento fisiológico, o qual é determinante para seleção de materiais adaptados à condições adversas. Ao todo se tem 132 cultivares registradas no MAPA, implicando assim dúvidas ao produtor sobre o melhor material para sua região. Sabendo disso objetivou-se avaliar trocas gasosas de três cultivares de cafeeiros em sua terceira safra, durante o ciclo fenológico, em três horários do dia, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. O experimento foi em parcela sub sub dividida, com 10 estádios fenológicos (Indução Floral, Floração, Chumbinho, Expansão I, Expansão II, Granação I, Granação II, Granação/Maturação, Maturação e Pós-colheita), três horários (9, 12 e 15 horas) e três genótipos (Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 e IBC-Palma II), os quais foram selecionados levando em consideração a produtividade na safra anterior, sendo o de maior, média e menor. As variáveis consistiram na taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e transpiração ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Foi monitorado a entrada de  $\text{CO}_2$  (ppm), temperatura foliar, temperatura do ar e radiação. Os dados foram submetidos à ANOVA, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As trocas gasosas tiveram maior atividade às 9 horas para todos os estádios fenológicos e cultivares estudadas. Os estádios de granação e maturação obtiveram maiores taxa fotossintética para as três cultivares nos três horários do dia.

**Palavras chave:** fotossíntese, transpiração, café arábica, fases de desenvolvimento.

## ABSTRACT

Areas of the Cerrado of Goiás have few studies on arabica coffee, especially on its physiological behavior, which is crucial for the selection of materials adapted to adverse conditions. In all there are 132 cultivars registered in MAPA, thus causing doubts to the producer about the best material for his region. Knowing this, the objective was to evaluate gas exchange of three coffee cultivars in their third crop, during the phenological cycle, at three times of the day, under the edaphoclimatic conditions of Ceres-GO. The experiment was in sub-divided plot, with 10 phenological stages (Floral Induction, Flowering, Chumbinho, Expansion I, Expansion II, Granation I, Granation II, Granation / Maturation, Maturation and Postharvest), three times (9, 12 and 15 hours) and three genotypes (Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 and IBC-Palma II), which were selected taking into consideration the yield of the previous crop, the highest, medium and smallest. The variables consisted of net photosynthetic rate ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) and sweating ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). CO<sub>2</sub> input (ppm), leaf temperature, air temperature and radiation were monitored. Data were submitted to ANOVA, compared by Tukey test at 5% probability. Gas exchange had the highest activity at 9 o'clock for all phenological stages and cultivars studied. The stages of granation and maturation performed the highest photosynthetic rate for the three cultivars at the three times of the day

Keywords: photosynthesis, transpiration, arabica coffee, developmental stages.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Taxa fotossintética líquida de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 09 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO.....	5
Figura 2. Taxa fotossintética líquida de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 12 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO.....	6
Figura 3. Taxa fotossintética líquida de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 15 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO.....	7
Figura 4. Média da entrada de dióxido de carbono em cada fase de desenvolvimento dos cafeeiros, nos três horários de avaliação.....	11
Figura 5. Transpiração de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 09 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO.....	12
Figura 6. Transpiração de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 12 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO.....	12
Figura 7. Transpiração de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 15 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO.....	13

## SUMÁRIO

RESUMO.....	1
INTRODUÇÃO .....	2
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	5
CONCLUSÕES .....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15

# TROCAS GASOSAS DE CAFEIROS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

Vinícius Gonçalves Almeida & Cleiton Mateus Sousa

## RESUMO

Áreas do Cerrado goiano possuem poucos estudos sobre café arábica, principalmente sobre seu comportamento fisiológico, o qual é determinante para seleção de materiais adaptados às condições adversas. Ao todo se tem 132 cultivares registradas no MAPA, implicando assim dúvidas ao produtor sobre o melhor material para sua região. Sabendo disso objetivou-se avaliar trocas gasosas de três cultivares de cafeeiros em sua terceira safra, durante o ciclo fenológico, em três horários do dia, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. O experimento foi em parcela sub sub dividida, com 10 estádios fenológicos (Indução Floral, Floração, Chumbinho, Expansão I, Expansão II, Granação I, Granação II, Granação/Maturação, Maturação e Pós-colheita), três horários (9, 12 e 15 horas) e três genótipos (Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 e IBC-Palma II), os quais foram selecionados levando em consideração a produtividade na safra anterior, sendo o de maior, média e menor. As variáveis consistiram na taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e transpiração ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Foi monitorado a entrada de  $\text{CO}_2$  (ppm), temperatura foliar, temperatura do ar e radiação. Os dados foram submetidos à ANOVA, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As trocas gasosas tiveram maior atividade às 9 horas para todos os estádios fenológicos e cultivares estudadas. Os estádios de granação e maturação obtiveram maiores taxa fotossintética para as três cultivares nos três horários do dia.

**Palavras chave:** fotossíntese, transpiração, café arábica, fases de desenvolvimento.

## INTRODUÇÃO

A média da cafeicultura goiana, no ano de 2019, situou-se numa área plantada de 6.575 ha e produção total de 263,3 mil sacas de café beneficiado, um aumento de 20,9 % em comparação com a safra de 2018, produção essa baixa quando comparado com o estado de Minas Gerais, o qual, obteve cerca de 24 milhões de sacas. Entretanto, a produtividade média goiana foi de 35,94 sacas de café beneficiado.ha<sup>-1</sup>, sendo esta a maior no cenário nacional, devido basicamente ao maior uso da irrigação na cafeicultura estadual (CONAB 2019).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019), o Brasil possui 132 cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) registradas junto ao Registro Nacional de Cultivares (RNC), isso implica em dificuldades para a escolha do agricultor por uma cultivar adequada à sua região, a qual muitas vezes ainda não apresenta estudos específicos sobre a adaptabilidade do cafeeiro às condições edafoclimáticas.

As trocas gasosas são fundamentais para o crescimento vegetativo, vigor e produção de uma planta, pois segundo Tozzi & Ghini (2016) a maior concentração e assimilação de CO<sub>2</sub>, promove aumento na área foliar, altura de planta e diâmetro do caule do cafeeiro, além de diminuir incidências de patógenos. A assimilação de dióxido de carbono pelo cafeeiro desencadeia o processo fotossintético, o qual produz fotoassimilados para a planta, sendo assim Sanches et al. (2017) relata que atmosfera enriquecida com CO<sub>2</sub> em cafeeiros sob déficit hídrico aumentou a fotossíntese e acumulação de carboidratos nas raízes e folhas.

O estudo sobre características produtivas e fenológicas de diferentes cultivares em determinadas regiões, vem sendo amplamente estudado, devido às mudanças climáticas recorrentes, a qual muitas vezes acaba inviabilizando a produção de algumas cultivares, sendo necessário então indicar um novo material genético para a região (Bergo et al. 2008). Estudos apontam que o planeta Terra, tende a aumentar a temperatura média devido ao aquecimento

global. Sabendo desse cenário, foi levantado um estudo de riscos climáticos à cafeicultura nos próximos 100 anos. Os resultados apontam que o aumento de 1°C, irá crescer em 85,9% das áreas inaptas à cultura, e o mais surpreendente é o aumento de 3 a 5,8°C, o qual acarretará em 99,9% de áreas inaptas ao cultivo de café arábica para o estado de Goiás (Assad et al. 2004).

Visto a importância do café arábica no cenário nacional e a necessidade de novos estudos, objetivou-se com esse trabalho avaliar as trocas gasosas em diferentes fases fenológicas de três cafeeiros arábica na terceira safra.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, localizado no Vale São Patrício, altitude de 556 m. O ensaio experimental foi implantado em 08/04/2015 em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas compostas de dez plantas no espaçamento de 3,5 x 0,75 metros. Ao todo são 35 materiais genéticos, dos quais foram escolhidos três para avaliação das trocas gasosas. O critério de seleção foi baseado na maior (36,6 sacas.ha<sup>-1</sup>), média (15,2 sacas.ha<sup>-1</sup>) e menor (3,62 sacas.ha<sup>-1</sup>) produtividade da safra anterior 2017/2018, tendo como cultivares a Obatã Vermelho IAC 1669-20, Paraíso MG 419-1 e IBC-Palma II respectivamente.

Os cafeeiros foram submetidos à irrigação localizada por gotejamento, não diferindo lâminas entre as cultivares. O turno de rega foi dividido em três dias (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), sendo baseado na evapotranspiração da cultura para determinar o período de irrigação. Os dados de evaporação foram coletados diariamente no Tanque Classe A da Instituição e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) determinado de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta.

Os cafeeiros passaram por déficit hídrico controlado durante 21/06/2018 a 20/08/2018 (totalizando 60 dias) para sincronizar o desenvolvimento dos botões florais e conseqüentemente uniformizar a floração. Usou-se como referência o trabalho de Silva et al. (2009), em que concluíram que o déficit hídrico controlado por 60 dias nos meses de julho e agosto proporcionam maior produção e uniformização da florada.

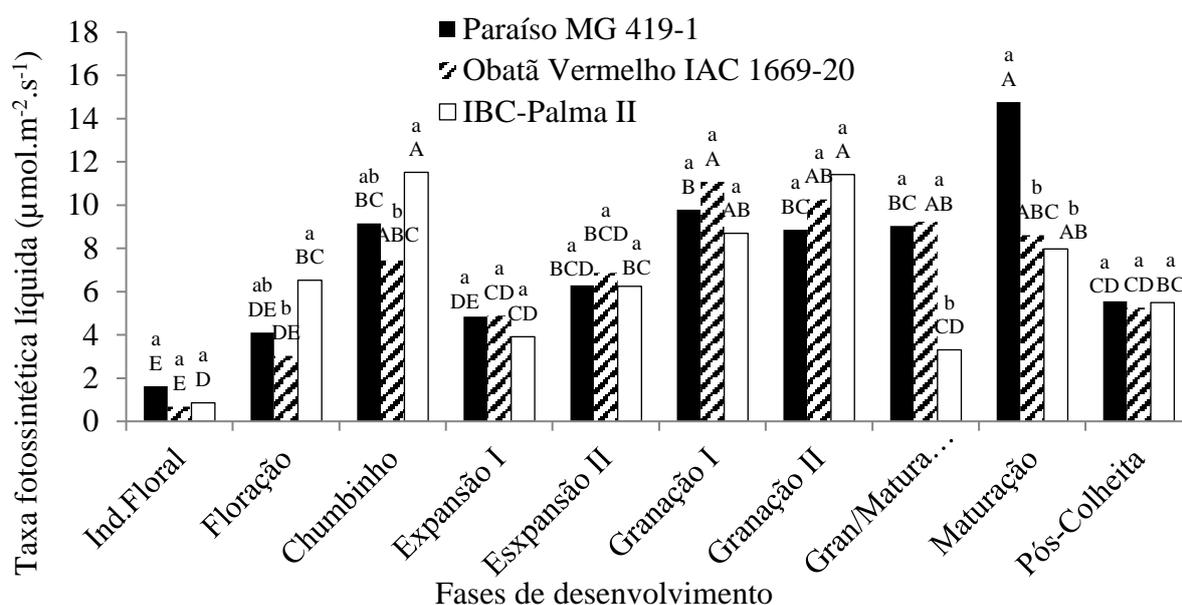
A adubação de correção foi baseada na análise de solo da safra de 2017/2018, foram aplicados 150 kg de superfosfato simples (fonte de fósforo), logo após 30 dias ao retorno da irrigação, além de 650 kg de sulfato de amônio (fonte de nitrogênio) e 160 kg de cloreto de potássio (fonte de potássio), divididas em três aplicações.

As respostas fisiológicas foram realizadas em cada estágio fenológico do cafeeiro em três diferentes horários (09 horas, 12 horas e 15 horas), iniciando no mês de agosto de 2018 e finalizando em junho de 2019. O delineamento experimental foi em parcelas sub sub divididas 10x3x3 (dez fases fenológicas, três horários e três genótipos). As fases avaliadas assim como a data da leitura foram: Indução Floral (19/08/2018), Floração (23/09/2018), Chumbinho (15/10/2018), Expansão I (19/12/2018), Expansão II (16/01/2019), Granação I (24/02/2019), Granação II (17/03/2019), Granação/Maturação (20/04/2019), Maturação (18/05/2019) e Pós-colheita (15/06/2019).

Foi selecionado de uma planta um ramo saudável e uma folha totalmente expandida (terceiro par de folhas) do terço médio, para avaliação da taxa fotossintética líquida (*A*), transpiração (*E*). Também foi monitorado a temperatura foliar, temperatura do ar e radiação. As leituras foram determinadas com o analisador de gases portátil, modelo Bio CID-340 (Ultra-Light Portable Photosynthesis System) e os dados submetidos à ANOVA, para comparação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa estatístico Sisvar 5.6.

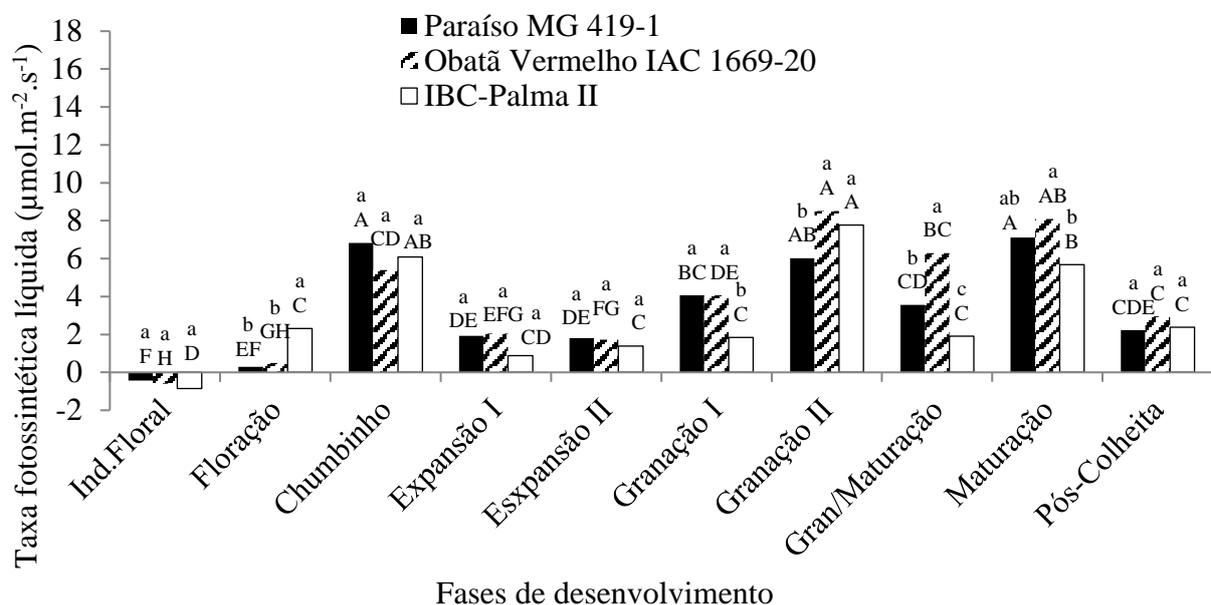
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período das 09 horas (Figura 1), a fase de indução floral foi responsável pelos menores valores de taxa fotossintética líquida, fato que está diretamente ligado às condições ambientais presente nessa época e ao manejo da irrigação. Os cafeeiros estavam em déficit hídrico desde 21 de junho, e a leitura fisiológica foi realizada no dia 19 de agosto de 2019, totalizando um período de 59 dias com restrição hídrica. Mesmo apresentado baixos valores fotossintéticos, nenhuma das cultivares sobressaiam em relação à outra, demonstrando que o efeito da restrição hídrica foi igual. De acordo com Tatagiba et al. (2015), a baixa humidade no solo diminui o teor de água nos tecidos vegetais e acarreta em resistência à condutividade estomática, a qual infringe no fechamento dos estômatos, não havendo, desta maneira, assimilação de carbono da planta com o meio ambiente.

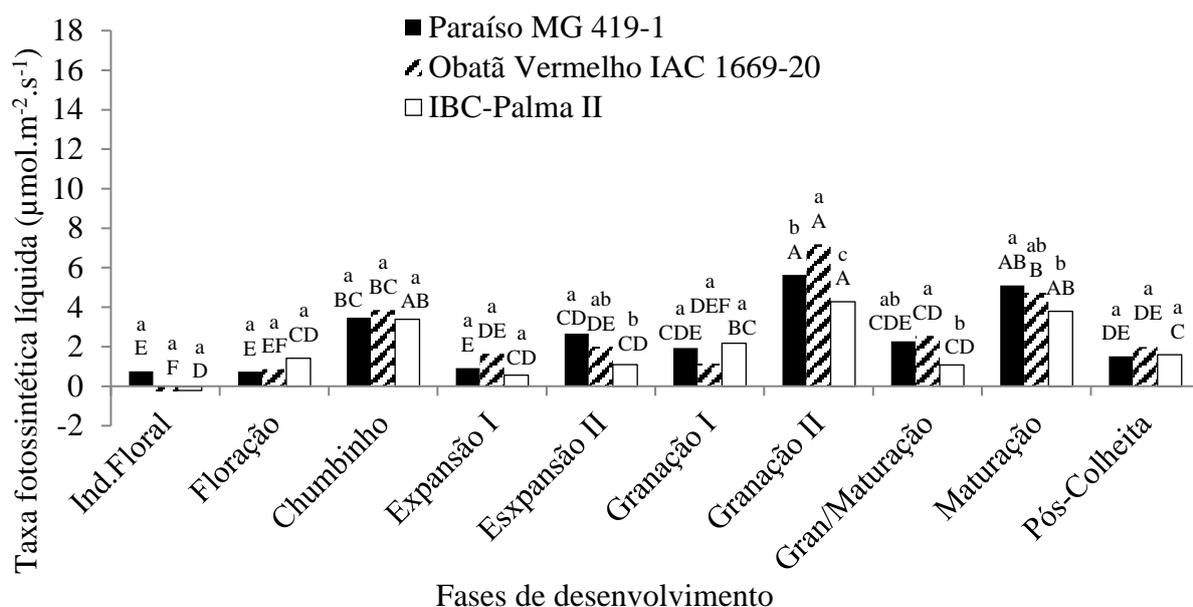


**Figura 1.** Taxa fotossintética líquida de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 09 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. Letras minúsculas diferem entre cultivares em cada fase e letra maiúscula entre estádios da mesma cultivar.

Quando observado a taxa fotossintética da indução floral às 12 horas (Figura 2) nota-se que houve valores negativos para as três cultivar. O motivo pode ter sido ocasionado devido às altas temperaturas foliares as quais atingiram valores entre 53,81 e 54,66 °C e a alta radiação fotossintética ( $1700 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), a qual ultrapassou o ponto de saturação do cafeeiro que é de  $600 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (Silva et al. 2004). Essas condições climáticas aliadas ao déficit hídrico pode ter ocasionado fotorrespiração da planta, a qual acontece devido à irradiância excessiva aliada à alta temperatura foliar, reduzindo assim a assimilação de dióxido de carbono (Damatta & Alemar 2002, Ronquim & Ronquim 2014). No período das 15 horas as condições climáticas estavam semelhantes às 12 horas, com radiação acima do ponto de saturação e temperatura foliar entre 51 e 54 °C. Apenas a cultivar Paraíso não apresentou fotossíntese negativa (Figura 3), mostrando, desta maneira, o efeito da fotorrespiração nos horários mais quentes.



**Figura 2.** Taxa fotossintética líquida de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 12 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. Letras minúsculas diferem entre cultivares em cada fase e letra maiúscula entre estádios da mesma cultivar.



**Figura 3.** Taxa fotossintética líquida de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 15 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. Letras minúsculas diferem entre cultivares em cada fase e letra maiúscula entre estádios da mesma cultivar.

Comparando a taxa fotossintética líquida no período de indução floral entre os horários, nota-se semelhança entre os períodos mais quentes, os quais apresentaram baixa fotossíntese, com valores às 12 horas entre  $-0,43$  a  $-0,85 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e às 15 horas entre  $-0,22$  a  $0,75 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Porém, às 9 horas o saldo foi positivo para as três cultivares com valores entre  $0,68$  a  $1,62 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Essa diferença pode ser explicada pela menor temperatura foliar às 9 horas e a radiação, a qual não atingiu o ponto de saturação. Os altos valores térmicos na folha as 12 e 15 horas podem ter ocasionado escaldadura, a qual, segundo Santos et al. (2016) diminui a produção fotossintética em até 85%.

De acordo com Leite e Faria et al. (2016), a restrição hídrica aumenta o número de flores e frutos, porém se mantida acarreta em baixa produção. Em estudo realizado por Morais et al. (2008) foi observado que no período de indução floral, o qual também apresentava

restrição hídrica, as taxas fotossintéticas foram baixas, atingindo valores médios de 1,36  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , os quais corroboram com o do presente trabalho às 9 horas. Segundo Peloso et al. (2016), a restrição hídrica de até 30% diminui a taxa fotossintética líquida em cafeeiros, devido causar distúrbios celulares, os quais acarretam em redução na clorofila e fechamento estomático.

No estágio da floração a irrigação havia retornado aos cafeeiros, o que mostra um aumento na taxa fotossintética nos três horários. Diferente da indução floral, no estágio da floração houve diferença entre as cultivares para a taxa fotossintética líquida, com destaque para a IBC Palma II as 9 e 12 horas. Vale ressaltar que a leitura nesse estágio foi realizada 34 dias após o retorno da irrigação, período o qual foi suficiente para repor a demanda hídrica da cultura, porém não suficiente para recuperação total dos cafeeiros, os quais ainda apresentavam poucas folhas. De acordo com Carvalho et al. (2013) a cultura do café assim como diversas outras, apresenta maior demanda hídrica na fase reprodutiva, a qual vai da floração até a maturação dos frutos.

As fases de floração e chumbinho foram caracterizadas pela recuperação no balanço hídrico da planta, notando-se maiores taxas fotossintéticas às 9 horas para a cultivar IBC Palma-II. Esse genótipo é caracterizado por apresentar baixa área foliar devido ao ataque severo ocorrido pela *Pseudomonas syringae*, a qual ocasionou grande desfolha e morte dos ramos. Com isso pode ser que sua eficiência tende a ser maior na época de formação das flores e fruto (floração e chumbinho), caracterizando assim um mecanismo de defesa para perpetuação da espécie. Apesar de sobressair às 9 horas, durante as 12 e 15 horas, a cultivar iguala sua taxa fotossintética com as demais no estágio de chumbinho.

A fase de chumbinho é caracterizada pela maior parte da queda dos frutos, além de intensa divisão celular (Dubberstein et al. 2017). Sendo assim, é de grande importância que a

planta produza altas concentrações de fotoassimilados nesse estágio, para que não ocorram elevadas taxas de aborto, o que acarretará em perdas significativas na produção final. Também pode atribuir esse aumento fotossintético a adubação fosfatada realizada 22 dias antes da avaliação fisiológica, pois a maior concentração desse nutriente na planta estimula a abertura estomática e torna o processo de fotossíntese mais eficiente (Da Silva et al. 2010). Porém o aspecto da característica específica do estágio chumbinho é mais plausível, visto que Gama et al. (2017) relataram que em diferentes níveis de adubação NPK não interferiram na taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração, mesmo com o aumento do diâmetro estomático.

Os estádios de expansão (expansão I e expansão II) não diferiram entre as cultivares para a taxa fotossintética líquida as 9 e 12 horas, havendo apenas as 15 horas na expansão II, sendo que, a Paraíso obteve maior valor e a IBC Palma II menor. Porém os estádios de expansão apresentaram menores valores em relação ao estágio anterior (chumbinho), fato que pode estar relacionado à maior temperatura foliar. Os períodos mais quentes do dia (12 e 15 horas) apresentaram alta radiação nos estádios de expansão, chegando a até  $2600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  às 12 horas, ultrapassando assim o ponto de saturação do cafeeiro e conseqüentemente limitando o processo fotossintético. Nessa fase é importante a disponibilidade hídrica, visto que ocorre rápida expansão do fruto a qual é sensível à falta desse recurso, delimitando assim seu tamanho o qual atinge até 80% do crescimento final (Rena & Maestri 1986).

Durante os estádios de granação (granação I e granação II) a taxa fotossintética às 9 horas não diferiu entre as cultivares, porém as 12 e 15 horas houve variação tendo sempre a cultivar Obatã Vermelho com os maiores índices no estágio de granação II, a qual atingiu os maiores valores em comparação com todas as outras fases. Essa cultivar foi responsável por expressar maior produtividade na safra anterior, e mostra que seu comportamento fisiológico é mais acentuado em uma fase na qual ocorre maior acúmulo de matéria seca, açúcares

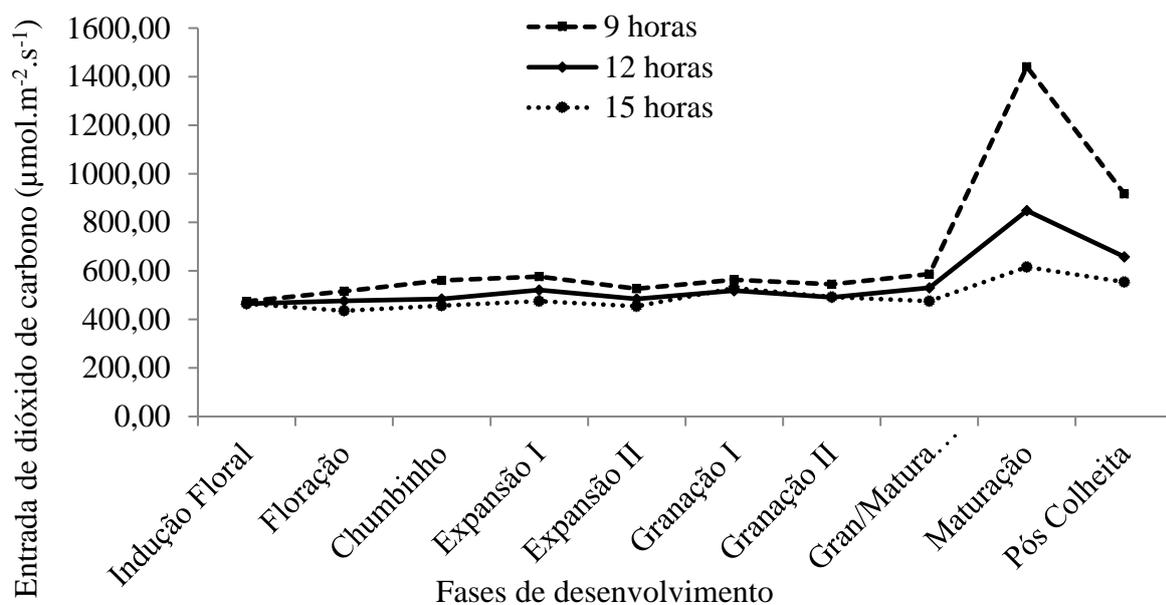
solúveis totais, açúcares redutores e amido mesmo em horários não propícios para fotossíntese (Laviola et al. 2007).

As atividades enzimáticas e metabólicas variam de acordo com o estágio de desenvolvimento do fruto e das condições climáticas presentes acarretando em respostas fisiológicas distintas. Durante a fase de maturação, os cafeeiros estavam sombreados durante todo o dia, devido ao sentido geográfico do plantio. Cafeeiros cultivados a pleno sol apresentam maior atividade da enzima invertase ácida e teor de glicose no estágio de expansão, porém decresce em relação à maturação para os aspectos de açúcares solúveis totais e teor de sacarose, além dos maiores valores para teor de glicose e atividade da enzima sacarose sintase quando o cafeeiro é submetido a altos níveis de sombreamento (Baliza et al. 2014).

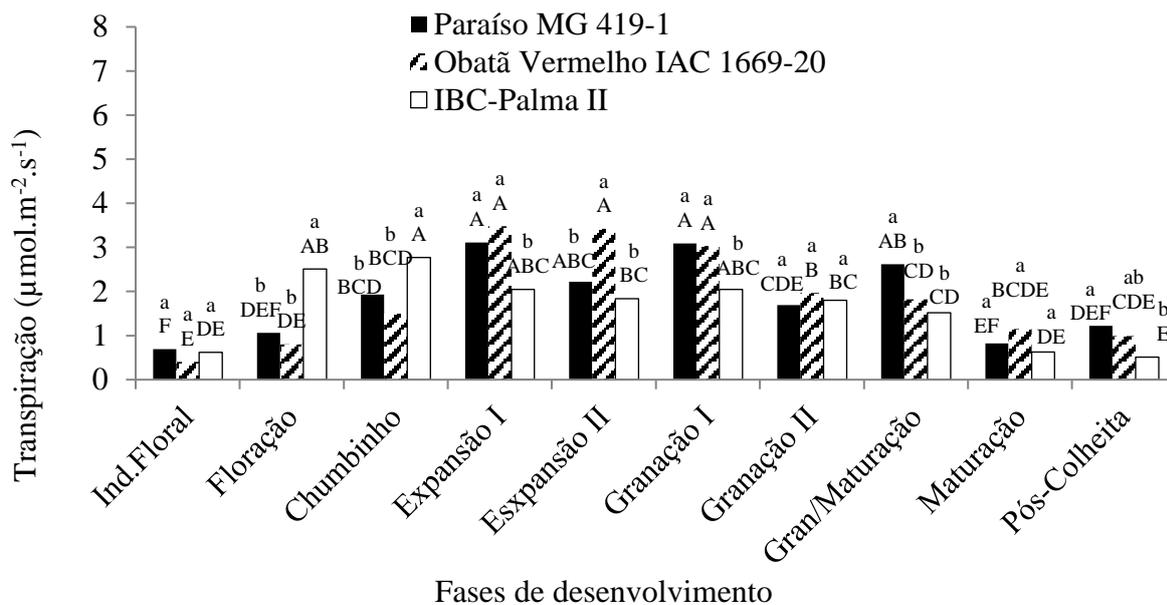
Como descrito anteriormente o estágio de maturação e pós-colheita foram caracterizados pela baixa radiação fotossintética nos três horários, afetando assim a fisiologia dos cafeeiros. Esse sombreamento causou distúrbio nas leituras da condutância estomática, a qual não apresentou comportamento coincidente com as outras variáveis (transpiração e taxa fotossintética), expressando valores extremamente elevados e baixos na mesma leitura.

Mesmo com baixa radiação no estágio de maturação às 9 horas, as três cultivares apresentaram altos valores fotossintéticos, havendo diferença entre elas com destaque para o Paraíso a qual apresentou maior  $A$ , sendo também o maior valor para essa cultivar quando comparado com os demais estádios. As cultivares Obatã Vermelho e IBC Palma, não diferiram. A radiação é limitante na taxa fotossintética do café arábica, porém a cultura mantém seus valores fotossintéticos sem variação em níveis de até 50% de sombreamento (Baliza et al. 2012).

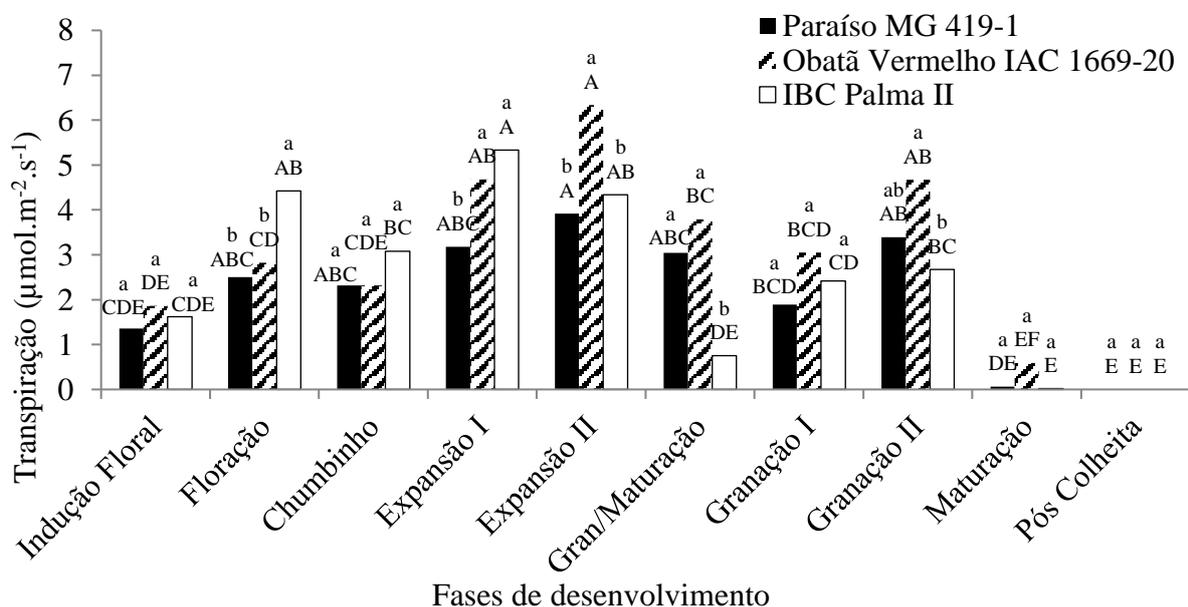
Outro aspecto interessante de analisar em relação ao estágio de maturação e pós-colheita, é o fato de apresentarem alta entrada de CO<sub>2</sub> nos três horários (Figura 4), aumento o qual está relacionado com o processo de respiração dos frutos maduros. A entrada do dióxido de carbono ocorre pelos estômatos, os quais nessas duas fases não houve uma leitura precisa de sua abertura. Os elevados e baixos índices da abertura estomática podem ter contribuído para os altos valores na entrada de CO<sub>2</sub>, porém não coincidem com a transpiração (Figura 5, 6 e 7) devido ao fato de que no processo de trocas gasosas, a planta perde muita água e absorve pouco CO<sub>2</sub> (Taiz & Zeiger 2013).



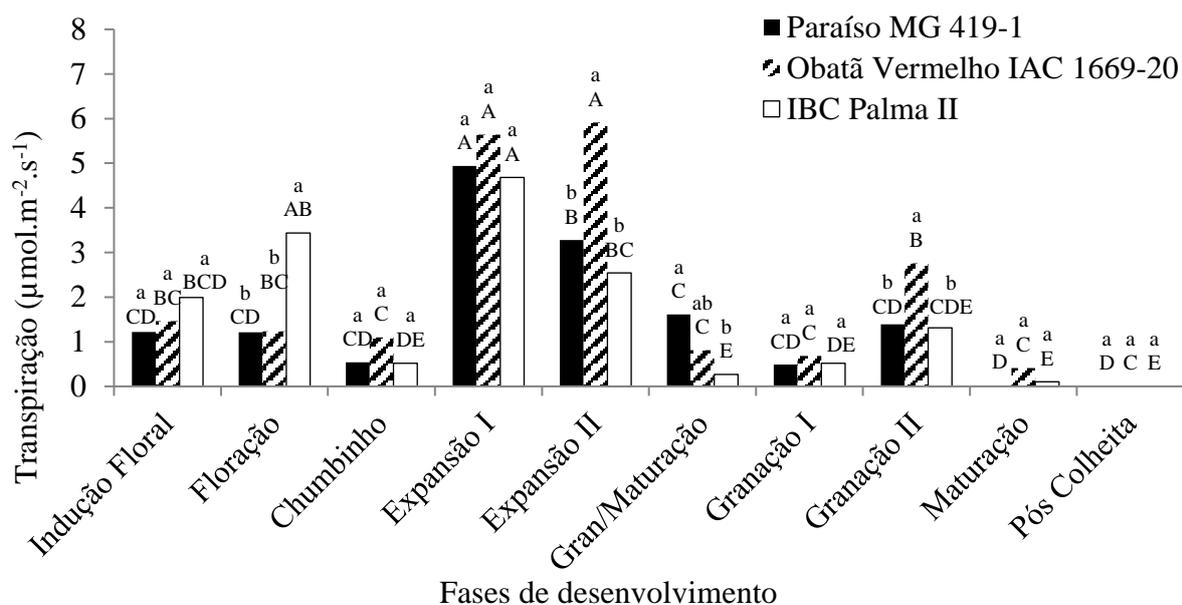
**Figura 4.** Média da entrada de dióxido de carbono em cada fase de desenvolvimento dos cafeeiros, nos três horários de avaliação.



**Figura 5.** Transpiração de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 09 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. Letras minúsculas diferem entre cultivares em cada fase e letra maiúscula entre estádios da mesma cultivar.



**Figura 6.** Transpiração de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 12 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. Letras minúsculas diferem entre cultivares em cada fase e letra maiúscula entre estádios da mesma cultivar.



**Figura 7.** Transpiração de cafeeiros (Paraíso MG 419-1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e IBC-Palma II) às 15 horas, nas condições edafoclimáticas de Ceres-GO. Letras minúsculas diferem entre cultivares em cada fase e letra maiúscula entre estádios da mesma cultivar.

O cafeeiro apresenta suas próprias condições ambientais ideais para seu desenvolvimento, podendo ressaltar principalmente as altas umidades relativas do ar, as quais variam entre 50 a 70% como satisfatório e 70 a 80% sendo o ideal, além da temperatura do ar a qual varia entre 20 e 23 °C, porém existe uma amplitude térmica de temperaturas média mínima superior a 17 °C e médias máximas inferiores 31,5 ° as quais o cafeeiro consegue ser rentável na sua produção (Fernandes et al. 2012). A temperatura do ar as 9 horas no intervalo de 20,56-21,83 °C e temperatura foliar entre 20,36-21,76 °C encontram-se como ideal para que o cafeeiro expresse seu máximo potencial fisiológico, explicando assim a grande entrada de CO<sub>2</sub> para produção fotossintética.

No estágio anterior de granação/maturação também houve diferença entre as cultivares, porém com a cultivar IBC Palma II mantendo-se sozinha com as menores taxas fotossintéticas. De acordo com Baliza et al. (2012) os fatores determinantes para taxa produção fotossintética são a radiação e concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Com isso é

notório que nesse estágio, a baixa radiação associada com pouca entrada de CO<sub>2</sub> quando comparado com a fase de maturação e pós-colheita, acarretou na baixa taxa fotossintética.

A fase de pós-colheita foi caracterizada por valores fotossintéticos médios para as três cultivares, as quais não diferiram seus valores nesse estágio. A queda de produção fotossintética ocorreu devido ao cafeeiro não possuir mais frutos, apresentando apenas gemas florais da safra seguinte e também à queda na entrada de CO<sub>2</sub> associada à baixa radiação fotossintética. Nota-se que ao longo do desenvolvimento cafeeiro, apenas quatro estágios diferiram sua taxa fotossintética entre as cultivares sendo eles floração, chumbinho, granação/maturação e maturação.

O ciclo fenológico do cafeeiro é caracterizado pelo período vegetativo e período reprodutivo, onde a planta na sua reprodução já prepara o crescimento dos novos ramos e gemas florais responsáveis pela safra seguinte (Camargo & Camargo 2001). As maiores taxas fotossintéticas no período das 9 horas para as três cultivares foram nos estágios de Granação I, Granação II, Maturação, Granação/Maturação (exceto para cultivar IBC Palma II) e Chumbinho. Essas fases, com exceção do Chumbinho, são caracterizadas também pelo final da formação das gemas foliares e indução das gemas florais assim como seu amadurecimento (Maireles et al. 2009). Sendo assim, o cafeeiro necessita de alta produção de fotoassimilados para atender a demanda reprodutiva da safra atual e a formação para safra seguinte.

As respostas fisiológicas sempre expressam maiores valores no período da manhã entre 8 e 11 horas independentemente do estágio de desenvolvimento que a planta esteja. Tal fato está relacionado com as temperaturas mais amenas e radiação fotossintética abaixo do ponto de saturação, resultando assim em uma maior eficiência de assimilação de CO<sub>2</sub>, sem ocorrência de grandes perdas de água no processo transpiratório. Oliveira et al. (2005) relatam

que microclimas caracterizados por menores níveis de radiação, menor demanda evaporativa da atmosfera e temperaturas mais amenas, pode favorecer a fotossíntese da cultura.

## CONCLUSÕES

A taxa fotossintética líquida não apresenta relação positiva com a produtividade, sendo que a cultivar Obatã Vermelho, a qual foi responsável pela maior produção na safra anterior não sobressaiu em relação a produção de fotoassimilados em relação à cultivar de menor e média produtividade.

Os estádios fenológicos diferenciam nas trocas gasosas, tendo como destaque na produção fotossintética às 9 horas as fases de chumbinho, granação I, granação II e maturação para as três cultivares. As condições climáticas influenciam nas trocas gasosas do cafeeiro, onde nos períodos mais quentes (12 e 15 horas) as taxas fotossintéticas foram menores.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq) pelo suporte e apoio financeiro

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E. D. Impacto das Mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa agropecuária Brasileira*. Brasília, v.39, n.11, p. 1057-1064, nov. 2004.

BALIZA, D. P. et al. Metabolismo da sacarose em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de sombreamento. *Coffee Science*, Lavras, v.9, n.4, p.445-455, 2014.

BALIZA, D. P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. *Coffe Science*, Lavras, v.7, n.3, p.250-258, 2012.

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, Marcelo Bento Paes de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantina*, Campinas, p.65-68, 2001.

CARVALHO, I. R. et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969, 2013.

Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: café – v. 5, n. 3 – terceiro levantamento, Brasília: Conab, 2019.

Da Matta, F. M.; Rena, A. B. Relações hídricas no cafeeiro. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil* (1. : 2000 : Poços de Caldas, MG). Palestras. Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2002. (374p.), p. 9-44.

DA SILVA, L. et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 9, p. 965-972, 2010.

DUBBERSTEIN, D. et al. Matéria seca em frutos, folhas e ramos plagiotrópicos de cafeeiros cultivados na Amazônia Ocidental. *Coffee Science*, Lavras, v. 12, n. 1, p. 74-81, jan./mar. 2017.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 2, p. 232-240, 2012.

GAMA, T. C. P. da et al. Anatomia foliar, fisiologia e produtividade de cafeeiros em diferentes níveis de adubação. *Coffee Science*, Lavras, v.12, n.1, p.42-48, 2017.

LAVIOLA, B. G. et al. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.11, p.1521-1530, 2007.

LEITE JR, M. C. R; DE FARIA, M. A. IRRIGAÇÃO DO CAFEEIRO: abertura de flores e produtividade de café. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 14, n. 1, p. 519-532, 2016.

MEIRELES, E. J. L. et al. Fenologia do Cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004–2005. *Embrapa Café*, Brasília, Documento 5, 2009.

MORAIS, H. et al. Desenvolvimento de gemas florais, florada, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 4, p. 465-472, 2008.

OLIVEIRA, A. D. de; FERNANDES, E. J; RODRIGUES, T. de JD. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. *Engenharia Agrícola*, p. 86-95, 2005.

PELOSO, A. de F. et al. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. *Coffee Science*, Lavras, v.12, n.3, p.389-399, 2017.

RENA, A. B. et al. Cultura do cafeeiro. Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: *Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato*, 1986.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Eds.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, p. 13-85, 1986.

RONQUIM, C. C.; RONQUIM, J. C. Concentração de CO<sub>2</sub> e potencial hídrico foliar em *Coffea arabica*. *II Inovagri International Meeting*, Fortaleza, 2014.

SANCHES, R. F. E. et al. Influência da alta concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> ( $\uparrow$ [CO<sub>2</sub>] atm)× disponibilidade hídrica nas relações hídricas, trocas gasosas e acúmulo de carboidratos em *Coffea arabica* L. *Hoehnea*, v. 44, n. 4, p. 635-643, 2017

SANTOS<sup>1</sup>, L. A. et al. Escaldadura no cafeeiro: face de exposição e dano fotossintético. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*. João Pessoa, v.10, n.1, p.13-17, 2016.

SILVA, E. A. et al. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, v. 89, n. 2-3, p. 349-357, 2004.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5.ed. Porto Alegre: *Artmed*, 2013. 954p.

TATAGIBA, S. D; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Fotossíntese em Eucalyptus sob diferentes condições edafoclimáticas. *Revista Engenharia na Agricultura-Reveng*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 336-345, 2015.

TOZZI, F. R. O; GHINI, R. Impacto do aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono sobre a ferrugem e o crescimento do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 8, p. 933-941, 2016.