

**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL E  
SUSTENTABILIDADE**

**BRUNO FARDIM CHRISTO**

**ANÁLISE FOTOSSINTÉTICA E ECONÔMICA DE CAFEEIRO ARÁBICA EM  
SISTEMAS CONSORCIADOS E A PLENO SOL**

Ibatiba  
2017

BRUNO FARDIM CHRISTO

**ANÁLISE FOTOSSINTÉTICA E ECONÔMICA DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM  
SISTEMAS CONSORCIADOS E A PLENO SOL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. M.Sc. Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho

Ibatiba

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Ifes Campus Ibatiba)

---

C556a Christo, Bruno Fardim, 1992-

Análise fotossintética e econômica de cafeeiro arábica em sistemas consorciados e a pleno sol / Bruno Fardim Christo. – 2017.  
24 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho.  
Monografia (Especialização) – Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

1. *Coffea arabica* L. 2. Consórcio de culturas. 3. Fotossíntese. 4. Economia. I. Carvalho, Arnaldo Henrique de Oliveira. II Instituto Federal do Espírito Santo. Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade. III. Título.

CDD: 633.73

---



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL E**  
**SUSTENTABILIDADE**

**BRUNO FARDIM CHRISTO**

**ANÁLISE FOTOSSINTÉTICA E ECONÔMICA DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM**  
**SISTEMAS CONSORCIADOS E A PLENO SOL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Aprovado em 26 de setembro de 2017

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. M.Sc. Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador

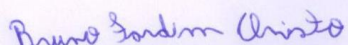
Profª. D.Sc. Ivanete Tonole da Silva  
Instituto Federal do Espírito Santo

Prof. M.Sc. Tafarel Victor Colodetti  
Universidade Federal do Espírito Santo

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Ibatiba, 26 de setembro de 2017.

  
Bruno Fardim Christo

Dedico esta monografia aos meus pais, Dirceu e Sônia Christo e à minha família, que desde cedo me ensinaram a importância da educação na formação de um ser humano, sempre oferecendo suporte, amor e incentivo a qualquer coisa que eu quisesse aprender e fazer.

*Dedico esta monografia aos meus pais, Dimas Sasso Christo e Maria Inês Fardim, que desde cedo me ensinaram a importância da educação na formação de um ser humano, sempre prestaram suporte, apoio e incentivo a minhas decisões e souberam valorizar minhas escolhas.*

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

## **BIOGRAFIA**

Bruno Fardim Christo, filho de Dimas Sasso Christo e Maria Inês Fardim, nasceu em 01 de junho de 1992, em Castelo, estado do Espírito Santo. Coursou o ensino fundamental, entre 2004 a 2007, na Escola Municipal Constantino José Vieira, em Castelo, ES. Coursou o ensino médio, entre 2008 a 2010, na Escola Estadual Emílio Nemer, em Castelo, ES. Em fevereiro de 2010 ingressou no curso Técnico em Eletromecânica no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), concluindo o mesmo no ano de 2012. No ano de 2011 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES, graduando-se em fevereiro de 2016. Em março de 2016, 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 21 de julho de 2017. Em agosto de 2016 iniciou o curso de Pós-graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade no Instituto Federal do Espírito Santo, tendo defendido sua monografia em 26 de setembro de 2017.





**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL E  
SUSTENTABILIDADE

**RESUMO**

Os cultivos consorciados surgem como alternativa para mitigar os efeitos das mudanças climáticas globais sobre a agricultura contemporânea. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar a fotossíntese e aspectos econômicos de cafeeiro em três sistemas consorciados e a pleno sol. Para isso, procedeu-se um ensaio com quatro tratamentos, sendo: cafeeiro a pleno sol, cafeeiro consorciado com mandioca, cafeeiro consorciado com banana prata e cafeeiro consorciado com palmito pupunha, em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. O cultivo do cafeeiro em sistema consorciado influenciou positivamente as trocas gasosas, com destaque para o consórcio de café com banana. Também se pode constatar que este sistema de consórcio é capaz de possibilitar a geração de renda extra aos agricultores.

Plavras-chave: *Coffea arabica* L. Consórcio de culturas. Fotossíntese. Economia.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL E**  
**SUSTENTABILIDADE**

**ABSTRACT**

Intercropping coffee system is an alternative to reduce the effects of global climate change in conventional agriculture. Therefore, the objective of this study was to evaluate the economic and photosynthesis aspects of three intercropping coffee systems and one conventional coffee system. An experiment was carried out with four treatments: conventional coffee system, coffee tree intercropped with cassava, coffee tree intercropped with banana and coffee tree intercropped with heart of palm, in a completely randomized design with six replicates. Coffee planted in intercropping systems positively influenced gas exchanges, especially when intercropped with banana. Also, it was observed that intercropping coffee system may generate extra income for farmers.

Keywords: *Coffea arabica* L. Intercropped crops. Photosynthesis. Economy.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL.....	12
2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	12
2.3	AVALIAÇÕES .....	12
<b>2.3.1</b>	<b>Análise fotossintética .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Análise econômica .....</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
3.1	ANÁLISES FISIOLÓGICAS .....	15
3.2	VARIAÇÃO DOS PREÇOS DOS PRODUTOS .....	18
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como o maior produtor e exportador de café, sendo responsável por cerca de um terço da produção e das exportações globais (OECD-FAO, 2015). A produção tem crescido de forma considerável no decorrer dos anos, impulsionada pelo emprego de novas tecnologias. No entanto, atenção deve ser dada aos riscos que as mudanças climáticas podem trazer para a cafeicultura, gerando um cenário instável para os agricultores (HERSZKOWICZ, 2008).

Nesse sentido, os cultivos consorciados têm sido apresentados como uma alternativa interessante, visto que estes podem mitigar as mudanças climáticas. Esse fato possibilita o cultivo do cafeeiro em regiões marginais, além de alcançar uma produção diversificada e melhorar a renda dos produtores (SILVA et al., 2013; CAMARGO, 2010).

Os cultivos em sistemas consorciados promovem alterações na morfologia das plantas devido a competição por luz (ARAÚJO et al., 2015), assim, quando se submete o cafeeiro ao sombreamento, pode ocorrer o atraso na maturação dos frutos, permitindo assim a realização do escalonamento da colheita (RICCI et al., 2011). Cabe ressaltar também que o cafeeiro, quando produzido em sistemas consorciados, tem apresentado vantagens na qualidade dos grãos e na diversificação da produção de alimentos (BEER et al., 1998; STAVER et al., 2001; VAAST et al., 2006).

O cultivo do cafeeiro a pleno sol promove uma maior exposição das plantas de café a radiação solar (CAVATTE et al., 2013). Apesar das plantas de café serem eficientes no mecanismo de dissipação de energia, o excesso de radiação pode causar danos fotooxidativos nas folhas, comprometendo o metabolismo vegetal (RAMALHO et al., 2000; PINHEIRO et al., 2004; DaMATTA, 2004). Assim, os cultivos consorciados com espécies que proporcionam sombra para o cafeeiro, podem diminuir o excesso de radiação solar sobre as plantas, e conseqüentemente, o estresse nas plantas (CAVATTE et al., 2013).

Conforme Siqueira e Souza (2012), a cafeicultura contribui consideravelmente para a geração de postos de trabalho e de renda no campo, diminuindo o êxodo rural. No entanto, a cafeicultura está submetida a inúmeras condições de risco e incertezas, tal como as mudanças abruptas de preços no mercado, podendo gerar

um cenário instável para os cafeicultores (HERSZKOWICZ, 2008). Diante disso, muitos agricultores têm adotado sistemas consorciados, visto que estes podem proporcionar uma produção agrícola mais diversificada e promover melhorias na renda familiar dos agricultores (SILVA et al., 2013; CAMARGO, 2010).

Os cultivos consorciados se apresentam como uma alternativa para a cafeicultura, visto que esses sistemas de produção podem diminuir as incertezas da produção agrícola e manter os agricultores menos vulneráveis aos preços de mercado, clima, pragas, doenças, pois a diversificação favorece a biodiversidade local e aumenta significativamente a presença de inimigos naturais (WILLIAMS-GUILLÉN et al., 2008; NAIR et al., 2009).

Diante dos benefícios gerados em sistemas consorciados e a crescente adoção desses sistemas por parte dos agricultores, objetivou-se com o presente estudo, caracterizar as análises fotossintéticas do cafeeiro durante as horas mais críticas do dia, conduzido a pleno sol e consorciado com banana, mandioca e palmito. Além disso, também se buscou apresentar as variações dos preços praticados ao longo do tempo (de 2012 a 2016), a fim de identificar vantagens econômicas no consórcio de culturas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado em uma propriedade rural na localidade de Lagoa seca, distrito no município de Alegre, Espírito Santo, Brasil (20°53'30" S; 41°28'00" W).

A altitude do local é de 740 m e o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2014). O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo "Cwa", com duas estações bem definidas durante o ano, sendo o verão quente e chuvoso e, o inverno frio e seco.

A lavoura cafeeira onde o experimento foi implantado, tinha aproximadamente 25 anos de idade, foi conduzida com duas mudas por cova e com espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas. A lavoura é conduzida em condição de sequeiro e o manejo da calagem e adubação foi realizado de acordo com as recomendações para a cultura do cafeeiro arábica no estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

### 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Adotou-se delineamento inteiramente casualizado para avaliação de quatro sistemas de cultivo do cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, em seis repetições, sendo cada repetição composta por uma planta útil.

Os quatro sistemas de cultivo (tratamentos) foram: (T1) cafeeiro a pleno sol; (T2) cafeeiro consorciado com mandioca; (T3) cafeeiro consorciado com banana prata; e (T4) cafeeiro consorciado com palmito pupunha.

### 2.3 AVALIAÇÕES

#### 2.3.1 Análise fotossintética

As avaliações ocorreram no ciclo produtivo do ano de 2017. Em cada planta útil foi selecionado um ramo plagiotrópico produtivo na região mediana da copa da planta, sendo neste, realizada as avaliações de trocas gasosas.

Foram realizadas análises de trocas gasosas no estágio de granação dos grutos, quando o metabolismo da planta se encontra mais ativo e em plena atividade vegetativa e reprodutiva (LAVIOLA et al., 2007). Essas análises foram realizadas por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), obtendo assim, estimativas da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), déficit de pressão de vapor (DPV, kPa), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), estimativa da eficiência instantânea do uso da água ( $A/E$ ,  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ), estimativa da eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e a eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). As avaliações foram realizadas em dia sem nebulosidade, no horário de 13 horas da tarde, visto ser o período mais crítico para as plantas. Utilizou-se folhas do cafeeiro entre o terceiro/quarto par de folhas a partir do ápice do ramo plagiotrópico, de modo a selecionar folhas totalmente expandidas e completamente maduras e sem a ocorrência visual de qualquer tipo de anomalia. A radiação fotossinteticamente ativa foi padronizada em luz saturante artificial de  $1000 \mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e o CO<sub>2</sub> em concentração na câmara de 420 ppm.

Os resultados obtidos para as variáveis relacionadas às trocas gasosas foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, quando observada significância das fontes de variação, aplicou-se o critério de Tukey em nível de 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

### **2.3.2 Análise econômica**

Como metodologia complementar, foi realizada uma análise temporal dos preços dos produtos praticados pelos agricultores. Tal estudo se classifica como exploratório, descritivo, qualitativo e quantitativo.

Como base de dados, buscou-se informações sobre os preços praticados pelos agricultores na comercialização de seus produtos, sendo esta etapa realizada por meio de pesquisas de informações fornecidas pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão

Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), constituindo-se, portanto, de dados secundários.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISES FISIOLÓGICAS

Observa-se na Tabela 1 as médias de taxa de assimilação líquida de carbono (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e déficit de pressão de vapor (DPV), de modo a evidenciar diferenças estatísticas entre os tratamentos e para todas as variáveis analisadas.

**Tabela 1.** Taxa de assimilação líquida de carbono (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e déficit de pressão de vapor (DPV) de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 em diferentes sistemas de consórcio e a pleno sol (Alegre-ES, safra de 2017).

Manejo	<i>A</i> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	<i>gs</i> ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	<i>E</i> ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	DPV (kPa)
Cafeeiro a pleno sol	1,93 c	0,03 c	0,59 c	1,75 a
Cafeeiro x mandioca	4,78 b	0,05 b	0,72 bc	1,39 b
Cafeeiro x banana	8,01 a	0,09 a	1,06 a	1,08 c
Cafeeiro x palmito	5,10 b	0,05 b	0,81 b	1,46 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2017).

A taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  (*A*) atingiu maior média no consórcio do cafeeiro com banana, seguido do consórcio de cafeeiro com mandioca e palmito, e menor média no cafeeiro a pleno sol (Tabela 1). Esse fato pode ser explicado pelo sombreamento do cafeeiro causado pelo consórcio. As culturas de maior porte promovem diminuição da irradiância sobre as plantas de cafeeiro. As plantas C3, como é o caso do cafeeiro, podem saturar o aparelho fotossintético com baixos níveis de radiação (LARCHER, 2000), o que ajuda a explicar, em parte, a ocorrência de maiores taxas de assimilação de carbono em horários críticos do dia.

Como visto na Tabela 1, o cafeeiro a pleno sol apresentou as menores médias de fotossíntese líquida (*A*). A exposição das folhas do cafeeiro a níveis elevados de irradiância podem causar danos fotooxidativos ao aparelho fotossintético e, conseqüentemente, aumentos na fotorrespiração do cafeeiro, reduzindo assim a fotossíntese líquida (*A*) (CAVATTE et al., 2012). No entanto, mesmo a pleno sol e às 13 horas da tarde, as plantas apresentaram *A* positiva, quando se esperava valores negativos (fotorrespiração), este fato pode ser explicado pelos baixos valores de DPV encontrado no presente estudo.

A condutância estomática ( $g_s$ ) se comportou de forma semelhante à  $A$ , onde as maiores médias foram observadas no consórcio do cafeeiro com banana, seguido do consórcio de cafeeiro com mandioca e palmito, e menor média no cafeeiro a pleno sol (Tabela 1). Cabe ressaltar que maiores valores de  $g_s$  contribuem para maiores taxas fotossintéticas (DaMATTA et al., 2008).

A resistência estomática pode limitar consideravelmente as taxas fotossintéticas do cafeeiro, podendo essa limitação causar efeitos negativos no crescimento das plantas (SILVA et al., 2004). Além disso, restrições na condutância estomática dificultam a difusão de  $CO_2$  atmosférico para o mesófilo foliar, causando diminuição da taxa de assimilação de carbono, o que pode levar ao aumento do processo de fotorrespiração (AMARAL et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).

No que se refere às taxas transpiratórias ( $E$ ), observa-se que apresentaram comportamento semelhante a  $g_s$ , isso porque a  $E$  está diretamente relacionada com a condutância (Tabela 1). Assim, quanto maior a abertura estomática, eleva-se a possibilidade de maiores taxas de assimilação de carbono e, conseqüentemente, maiores quantidades de vapor de água por transpiração para a atmosfera ( $E$ ).

É possível que o consórcio de culturas com o cafeeiro tenha favorecido a formação de um microclima local capaz de propiciar maiores valores de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$ , sendo tal observação embasada em DaMatta e Rena (2002).

A maior média de déficit de pressão de vapor (DPV) nas folhas foi observado no cafeeiro a pleno sol, seguido do consórcio com mandioca e palmito, e menor média no consórcio com banana (Tabela 1). Valores elevados de DPV ocasionam um relevante declínio na  $g_s$  e, conseqüentemente, diminuição considerável nas taxas de assimilação de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, observa-se que a formação de um microclima (com possibilidade de temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar) nas plantas de café consorciadas, principalmente com banana, provavelmente tenha ocasionado menores médias de DPV, o que é justificado pelos valores de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$  (Tabela 1).

Na Tabela 2, encontram-se as médias da concentração subestomática de  $CO_2$  ( $C_i$ ), da eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ), da eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) e da eficiência intrínseca no uso da água ( $A/g_s$ ). Observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas.

**Tabela 2.** Concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (Ci), eficiência de carboxilação (A/Ci), eficiência instantânea no uso da água (A/E) e eficiência intrínseca no uso da água (A/g<sub>s</sub>) de plantas de cafeeiro arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 em diferentes sistemas de consórcio e a pleno sol (Alegre-ES, safra de 2017).

Manejo	Ci ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	A/Ci ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	A/E ( $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ )	A/g <sub>s</sub> ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )
Cafeeiro a pleno sol	325,93 a	0,0058 c	3,25 b	64,70 b
Cafeeiro x mandioca	240,66 c	0,0198 b	6,82 a	100,37 a
Cafeeiro x banana	274,10 b	0,0293 a	7,64 a	88,44 a
Cafeeiro x palmito	240,96 c	0,0204 b	6,28 a	99,81 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2017).

Nota-se que o cultivo de cafeeiro a pleno sol obteve maiores médias de concentração de CO<sub>2</sub> (Ci), seguido do consórcio com banana, mandioca e palmito (Tabela 2). No entanto, percebe-se menor eficiência instantânea de carboxilação para o cafeeiro a pleno sol, maior eficiência para o consórcio com banana e intermediário para os consórcios com mandioca e palmito (Tabela 2); o que demonstra que a maior disponibilidade de substrato para a fotossíntese (CO<sub>2</sub>), não necessariamente resultou em maiores taxas de fixação deste substrato pelo ciclo fotossintético, possivelmente, por limitações no aparato fotossintético das plantas a pleno sol.

A maior eficiência no uso da água, tanto a intrínseca (A/g<sub>s</sub>) quanto a instantânea (A/E), ocorreram nos cultivos consorciados, diferindo estatisticamente do cafeeiro a pleno sol (Tabela 2). Tal constatação permite inferir que as plantas de cafeeiro consorciadas apresentam maior capacidade de assimilar carbono por unidade de água transpirada via fluxo estomático, o que as torna mais eficientes. Tal fato foi observado em todos os consórcios avaliados, sendo estes resultados relacionados com o DPV, pois quando as plantas de café estão condicionadas em um microclima favorável, as mesmas conseguem manter a abertura estomática sem traduzir em grandes perdas de vapor de água para a atmosfera, aumentando a eficiência no uso da água das mesmas. Este fato é de grande importância, visto consideráveis estiagens atípicas na região a qual o estudo foi realizado, podendo assim, o consórcio ser uma alternativa para mitigar tais efeitos.

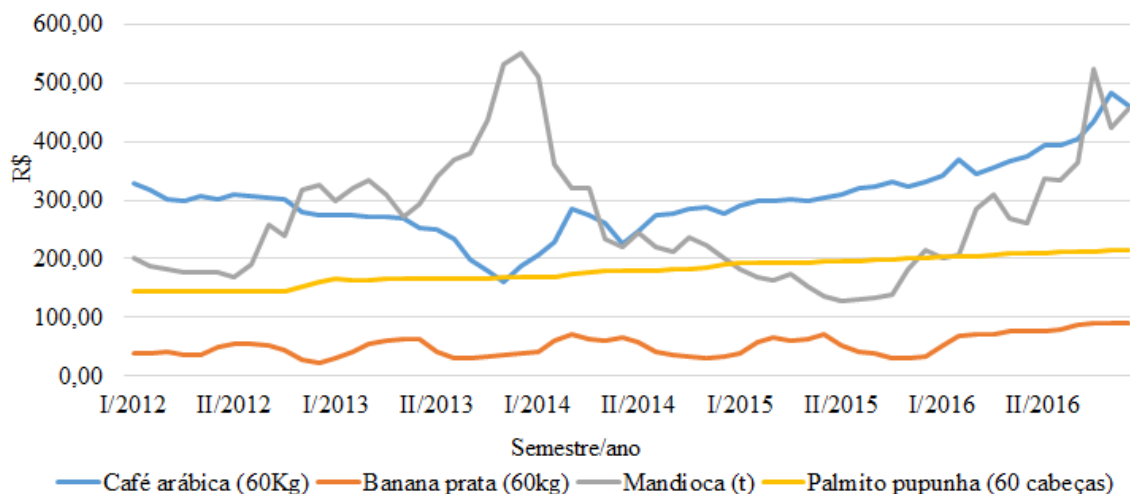
Nesse contexto, observa-se os efeitos positivos em variáveis fotossintéticas do cafeeiro quando consorciado com outras culturas. Ao estudar alterações microclimáticas em cultivo de cafeeiro arborizado com coqueiro, Pezzopane et al. (2011) observou que o consórcio causou alterações nos padrões de incidência de

radiação, redução da incidência dos ventos sobre os cafeeiros, alterações no regime térmico e de umidade relativa do ar. Assim, acredita-se que os efeitos microclimáticos causados pelo consórcio de culturas com o cafeeiro favoreceu consideravelmente todas as variáveis fotossintéticas analisadas, com destaque para o consórcio com banana.

Cabe ressaltar ainda, que a ocorrência de maiores taxas fotossintéticas nos horários mais críticos do dia (Tabela 1), podem contribuir para a sustentação da capacidade produtiva e crescimento vegetativo das plantas.

### 3.2 VARIAÇÃO DOS PREÇOS DOS PRODUTOS

A Gráfico 1 apresenta a variação de preços praticados pelos agricultores referente as culturas estudadas, pode-se observar a variabilidade dos preços durante o período de 2012 até 2016, sendo essas informações fornecidas pela CONAB (2017) para as culturas do café da banana, CEPEA (2017) para a cultura da mandioca e EPAGRI (2017) para a cultura do palmito.



**Gráfico 1.** Variação dos preços de 2012 até 2016 de café arábica, banana prata, mandioca e palmito pupunha, praticados pelos agricultores.  
Fonte: do autor (2017).

Observa-se que no primeiro semestre de 2014, o café arábica sofreu uma desvalorização considerável, no entanto, o preço da mandioca sofreu uma valorização acentuada. Por outro lado, no segundo semestre de 2015, o preço da

mandioca sofreu uma queda considerável, no entanto, o preço do café arábica se elevou consideravelmente. Nota-se também que os preços praticados na venda do palmito pupunha não sofreu nenhuma queda durante o período analisado, sendo até valorizado gradativamente ao longo dos anos (Gráfico 1). Vale lembrar que a cultura da bananeira, mesmo não sendo considerada como cultura economicamente primária quando cultivado com o cafeeiro, proporciona rendimentos financeiros durante todo o ano para o agricultor.

Nesse sentido, o consórcio do cafeeiro com as referidas culturas na Gráfico 1 torna-se uma estratégia interessante, pois pode contribuir para uma rentabilidade financeira mais estável.

Estudos realizados por Olivas et al. (2016) também observaram comportamentos semelhantes aos evidenciados no presente trabalho, mostrando que a diversificação de culturas, como é o caso dos consórcios, deixa os agricultores menos vulneráveis às incertezas do mercado, mantendo uma remuneração consistente mesmo em épocas de queda de preços de um dos produtos. Nesse mesmo sentido, Van Asten et al. (2011), ao realizar avaliações agrônômicas e econômicas de um sistema consorciado entre café arábica e banana, verificou que o consórcio gerou um incremento adicional de \$1.754,00, representando uma taxa marginal de retorno de 911%.

Contudo, a consorciação de culturas com o cafeeiro arábica pode trazer muitos benéficos, como a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e a diminuição da vulnerabilidade econômica dos agricultores.

#### **4. CONCLUSÃO**

Para as condições do estudo, o cultivo do cafeeiro arábica consorciado, principalmente com banana prata, promove aumentos consideráveis na taxa de assimilação de carbono, na condutância estomática, na transpiração, na eficiência de carboxilação e na eficiência no uso da água nos horários mais críticos do dia.

Técnicas de diversificação de culturas, como é o caso dos consórcios, pode, além de diminuir a vulnerabilidade dos agricultores frente às intempéries climáticas, trazer benefícios econômicos.

## 5. REFERÊNCIAS

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

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 consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 214-222, 2015.

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 2, p. 139-164, 1998.

CAMARGO, M. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**, v. 114, 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, 2013. p. 421-444.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Preços agropecuários**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/mandioca.aspx>>. Acesso em 29 de maio de 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Preços agrícolas, da sociobio e da pesca**. Disponível em: <<http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb>>. Acesso em 29 de maio de 2017.

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

DaMATTA, F. M.; CUNHA, R. L.; ANTUNES, W. C.; MARTINS, S. C. V.; ARAUJO, W. L.; FERNIE, A. R.; MORAES, G. A. B. K. In field grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, v. 178, n. 2, p. 348-357, 2008.

DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de Cafezais sombreados e a pleno Sol. In: ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 93-135.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4 ed. Brasília, 2014. 377p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Preço médio mensal ao produtor**. Disponível em: <[http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=15458](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=15458)>. Acesso em 29 de maio de 2017.

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

HERSZKOWICZ, N. Ameaças e oportunidades para os cafés do Brasil. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JÚNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M (Ed). **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: UFES, 2008. p.271-88.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Prado. São Carlos: Rima, 2000. 532p.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; PAULA, N. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, 2007.

NAIR P. K. R.; KUMAR B. M.; NAIR V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009.

OLIVAS, D. B. L.; CHRISTO, B. F.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T.; RODRIGUES, W. N. Cultivo do cafeeiro em sistemas biodiversos. In: FERREIRA, A.; LOPES, J. C.;



FERREIRA, M. F. S.; SOARES, T. B. (Org.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI**. Alegre: CCAEUFES, 2016. p. 294-315.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT AND FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural Outlook 2015-2024**. 1. ed. Paris cedex, p. 87, 2015.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; FERRARI, W. R.; PEZZOPANE, J. E. M. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

PINHEIRO, H. A.; DaMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; FONTES, E. P. B.; LOUREIRO, M. E. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. **Plant Science**, v. 167, n. 6, p. 1307-1314, 2004.

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

RAMALHO, J. C.; PONS, T. L.; GROENVELD, H. W.; AZINHEIRA, H. G.; NUNES M. A. Photosynthetic acclimation to high light conditions in mature leaves of *Coffea arabica* L.: role of xanthophylls, quenching mechanisms and nitrogen nutrition. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 1, p. 43-51, 2000.

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

SILVA, E. A.; DaMATTA, F. M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v. 89, p. 349-357, 2004.

SILVA, V. A.; COLARES, M. F. B.; ANDRADE, F. T.; LIMA L. A. Viabilidade técnica e econômica da cafeicultura consorciada com mamão no norte de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 519-529, 2013.

SILVA, V. A.; COLARES, M. F. B.; ANDRADE, F. T.; LIMA, L. A. Viabilidade técnica e econômica da cafeicultura consorciada com mamão no norte de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 519-529, 2013.

SIQUEIRA, H. M.; SOUZA, P. M. O sistema orgânico e a cafeicultura familiar do Caparaó-ES: alternativa para a sustentabilidade socioeconômica? **Custos e @gronegocio**, v. 8, n. 2, 2012.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R. G. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 3, p. 151-170, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2013.

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.

VAN ASTEN, P. J. A.; WAIREGI, L. W. I.; MUKASA, D.; URINGI, N. O. Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda’s smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 4, p. 326-334, 2011.

WILLIAMS-GUILLÉN, K.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Bats limit insects in a tropical agroforestry system. **Science**, v. 4, n. 320, p. 70, 2008.