

MICROCLIMA E CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFÉ CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRAS

André Vasconcelos Araújo¹, Fábio Luiz Partelli², Marcos Goes Oliveira³,
José Ricardo Macedo Pezzopane⁴, Antelmo Ralph Falqueto⁵, Paulo César Cavatte⁶

(Recebido: 13 de agosto de 2014; aceito: 27 de outubro de 2014)

RESUMO: O consórcio de café Conilon (*Coffea canephora*) com bananeira (*Musa* sp.), vem sendo muito utilizado entre os agricultores. Objetivou-se caracterizar o microclima existente num sistema de consórcio de café Conilon com bananeira e seus efeitos no crescimento do cafeeiro. O café foi plantado com espaçamento de 3,5 x 1,2 m, consorciado com banana subgrupo Terra, com espaçamento 10,5 x 1,5 m, plantados no sentido Leste-Oeste. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos divididos de acordo com a distância entre as bananeiras e a lavoura cafeeira. As avaliações climáticas incluíram a irradiância, temperatura e umidade relativa do ar, em fevereiro (verão) e junho (inverno). Em relação ao cafeeiro, avaliaram-se a concentração de nutrientes foliares, o comprimento dos internódios dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, área foliar e estimativa do teor de clorofilas (*a* e *b* e total) dos cafeeiros, no verão e no inverno. A bananeira diminuiu a incidência de radiação e temperatura, ao longo do dia, nos cafeeiros, especialmente naqueles situados mais próximos às bananeiras e, em particular, no período de verão. O sombreamento promovido pela bananeira não foi suficiente para promover alterações morfológicas no cafeeiro. Contudo, os teores foliares de P, K, Ca, Mg, S, B, diminuíram principalmente nas plantas situadas a 1,75 m da bananeira. Os valores de clorofila *b* e total, foram maiores nos cafeeiros situados próximos às bananeiras, no período de inverno.

Termos para indexação: *Coffea canephora*, *Musa* sp., sombreamento, irradiância.

MICROCLIMATIC AND VEGETATIVE GROWTH IN COFFEE AND BANANA INTERCROP

ABSTRACT: Intercropping Conilon coffee (*Coffea canephora*) and banana (*Musa* sp.), has been widely used among farmers. The objective of this work was characterize the existing microclimate in intercropping Conilon coffee and banana and its effects in vegetative growth. The coffee was planted at a spacing of 3.5 x 1.2 m, intercropped with banana subgroup Terra, spacing 10.5 x 1.5 m, planted on the east-west direction. It was used a completely randomized statistical design, with three treatments and four replicates, divided according to the distance between the banana plants and coffee plantation. Measurements included the irradiance, temperature and relative humidity of air, evaluated in February (summer) and June (winter). Regarding the coffee plant, were evaluated the leaf mineral concentration, internodes length of plagiotropic and orthotropic branches, leaf area and estimate of leaf chlorophyll (*a*, *b* and total) contents, both in summer and winter. The shading of banana decreased the incidence of radiation and temperature in the coffee trees throughout the day, especially in those plants closer to the banana trees and, particularly, during the summer. The shading promoted by banana was not sufficient to promote morphological changes in the coffee. However, the contents of P, K, Ca, Mg, S, B, decreased mainly in the plants located 1.75 m from the banana plant, whereas the values of chlorophyll *b* and total were higher in coffee plants located near the banana plants in the winter.

Index terms: *Coffea canephora*, *Musa* sp., shading, irradiance.

1 INTRODUÇÃO

O uso de arborização em cafezais com fins de proteção é uma técnica mais utilizada em cultivos de café arábica (*Coffea arabica* L.), quando comparados aos cultivos de café Conilon (PEZZOPANE et al., 2010). Segundo Damatta (2004), o principal motivo da baixa utilização de arborização, em lavouras de café Conilon, está relacionado com a maior adaptação do seu cultivo a pleno sol, devido à especificidade do Conilon de ter sido originado de uma região caracterizada por temperaturas elevadas e estação seca moderada a acentuada.

A proposta de cultivos arborizados, por meio do sombreamento moderado, visa atenuar os efeitos de condições climáticas extremas, além de proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas (PEZZOPANE et al., 2007) Em cafeeiro, o uso desses tipos de cultivo, além de minimizar a exposição das plantas a riscos climáticos, tais como geadas, excessos de radiação solar, temperaturas elevadas e ventos excessivos, também melhora a fertilidade do solo e reduz a lixiviação de nutrientes (SILES; HARMAND; VAAST, 2010).

^{1,2,3,5}Universidade Federal do Espírito Santo - Rodovia BR101 Norte - Km 60 - Bairro Litorâneo - 29932-540 - São Mateus - ES
andre_vasconcellos@hotmail.com, partelli@yahoo.com.br, mgoesoliveira@hotmail.com, antelomofalqueto@gmail.com

⁴EMBRAPA Pecuária Sudeste - Faz. Canchim - Cx. P. 339 - 13560-970 - São Carlos - SP - jose.pezzopane@embrapa.br

⁶Universidade Federal do Espírito Santo - Alto Universitário - Guararema - 29500-000 - Alegre - ES - cavattepc@hotmail.com

O cultivo sombreado promove alterações na morfologia da planta, tais como; aumento da área foliar, altura e o diâmetro da copa, distância entre nós, número de folhas nos ramos, número de ramos, alterando ainda o teor de nitrogênio foliar, quando consorciadas com árvores fixadoras de nitrogênio. O sombreamento proporciona ainda alterações na maturação dos frutos, sendo que o atraso na maturação pode promover o escalonamento do uso de mão de obra na colheita (RICCI; ROUWS; OLIVEIRA, 2011). Além disso, estudos sobre café consorciado com sistemas agroflorestais ou com árvores frutíferas têm reportado possíveis benefícios na produção e qualidade de grãos de café (BEER et al., 1998; STAVER et al., 2001).

No Brasil, diversas plantas são cultivadas em sistemas agroflorestais associados com café, nomeadamente o ingazeiro (*Inga vera* L. Britton), a grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn.) (SALGADO et al., 2005) e a seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) (NASCIMENTO et al., 2006), além de frutíferas como a macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) (PEZZOPANE et al., 2010) o coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) (PEZZOPANE et al., 2011a) e a bananeira (PEZZOPANE et al., 2007).

Bananeiras cultivadas em sistemas de consórcios com *C. arabica* podem revelar-se muito benéficas, proporcionando atenuação dos valores médios de radiação solar global, minimizando possíveis escaldaduras de folhas (*Musa* spp.) e danos fotossintéticos pelo excesso de luminosidade. Atenuam também a velocidade do vento, favorecendo assim uma maior umidade do ar (PEZZOPANE; PEDRO JÚNIOR; GALLO, 2005). Outros estudos afirmam que cafeeiros localizados próximo à bananeira no sistema de consórcio mostram alterações fisiológicas que intensificam o crescimento vegetativo dos cafeeiros, possibilitando um incremento da produtividade (PEZZOPANE et al., 2007; RICCI; ROUWS; OLIVEIRA, 2011).

Por outro lado, sistemas consorciados de café e bananeira podem ser mais rentáveis do que o monocultivo do café (OUMA, 2009) e apresentam menores riscos para os agricultores, podendo ser uma oportunidade para otimizar recursos, encontrando um equilíbrio entre alimentos e geração de renda (ASTEN et al., 2011).

Dessa forma, considerando os possíveis benefícios do sistema de consórcio em questão, e a fim de obter informações sobre a influência dos aspectos climáticos produzidos pelo mesmo, pretendeu-se, neste estudo, avaliar o microclima e o desenvolvimento vegetativo de *Coffea canephora*, em um sistema de cultivo de café consorciado com bananeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em 2012, em uma propriedade rural no município de Boa Esperança, Espírito Santo, Brasil (18°29'37"S, 40°23'02"W, 100 m de altitude). O Clima é do tipo tropical quente, com terras planas e secas e com temperatura média anual de 24,1 °C. A precipitação média anual varia em torno de 1069 mm por ano com predominância das chuvas nos meses de novembro a março (NÓBREGA et al., 2008). O solo é classificado como Latossolo vermelho amarelo distrófico com textura areia franca (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

O experimento foi composto por uma lavoura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner cv. Conilon), no espaçamento de 3,5 x 1,2 m., consorciada com banana (*Musa* sp.) subgrupo Terra, com espaçamento 10,5 x 1,5 m com um ano de idade, plantados no sentido Leste-Oeste. Para avaliar o efeito do sombreamento das bananeiras sobre os cafeeiros, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições, sendo esses tratamentos divididos de acordo com a distância entre as bananeiras e a lavoura cafeeira. O tratamento 1 localizou-se na linha de café do centro da lavoura (T1 – lavoura de cafeeiros situada a 5,25 metros da bananeira), o tratamento 2 localizou-se na linha de cafés ao lado da linha de bananas (T2 - lavoura de cafeeiros situada a 1,75 metros da bananeira) e o tratamento 3 localizou-se na linha de bananas (T3 - na linha da bananeira).

As amostragens de fertilidade do solo foram realizadas em janeiro de 2012 com trado tipo sonda na projeção da copa dos cafeeiros e das bananeiras, sendo analisado o teor de nutrientes minerais (P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo, Al), na camada de 0-20 cm (Tabela 1), conforme Silva (2009). Também foi realizada a amostragem de tecidos foliares (folhas localizadas no terceiro e quarto par de folha no terço mediano da planta), sendo as análises realizadas em triplicata conforme descrito por Silva (2009).

A caracterização climatológica envolveu a monitorização da radiação fotossinteticamente ativa (irradiância), temperatura e umidade relativa do ar, realizada com aparelhos HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger (Onset, Estados Unidos), instalados 30 cm acima das plantas de café e nas bananeiras na mesma altura das plantas de café, aproximadamente 150 cm. Os equipamentos foram alocados na parte central das lavouras, a fim de minimizar interferências externas.

TABELA 1 - Características químicas do solo (0 – 20 cm) de três pontos amostrais de uma lavoura de café consorciado com bananeira em Boa Esperança, ES.

| | pH | P | K | S | Fe | Zn | Cu | Mn | B | Na | Ca | Mg | H+ | MO |
|----|--------------------------------|-----|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|-------------------------|-----|-----|-----|
| |mg dm ⁻³ | | | | | | | | | | Dag kg ⁻¹ | | | |
| T1 | 6,7 | 6,0 | 54,6 | 5,0 | 95,6 | 2,7 | 0,9 | 49,6 | 0,45 | 29,6 | 2,8 | 0,8 | 1,2 | 2,2 |
| T2 | 6,5 | 6,3 | 23,6 | 4,6 | 82 | 2,2 | 0,4 | 40,3 | 0,3 | 11,3 | 2,2 | 0,7 | 1,5 | 2,2 |
| T3 | 6,3 | 5,0 | 32,0 | 4,6 | 83,3 | 2,0 | 0,6 | 39,3 | 0,51 | 15,6 | 2,1 | 0,6 | 1,5 | 1,7 |

T1 – linha de café a 5,25m, T2: linha de café a 1,75m e T3: na linha da bananeira. H+= H+Al

Foram colocados quatro sistemas de leitura em cada linha caracterizando quatro repetições, programados para realizar leituras a cada 10 min. Os dados microclimáticos foram coletados no dia 11 de fevereiro (verão) e no dia 30 de junho (inverno) de 2012, entre 06:00 e 19:00 horas (horário local).

Para as características de crescimento dos cafeeiros, mediu-se o comprimento de ramos ortotrópicos (RO), plagiotrópicos com frutos (RPCF) e plagiotrópicos jovens sem frutos (RPJ). Avaliaram-se 20 plantas por tratamento, dividindo o comprimento dos ramos pelo número de nós, tendo-se o tamanho médio do entre nó. No ramo velho também foram medidas as distâncias dos nós com frutos de café e a ponta do ramo sem café. No ramo novo mediu-se todo o ramo, e no ramo ortotrópico, mediu-se a partir do ramo mais novo sem café até a ponta do ramo.

Nas duas épocas do ano estimou-se também o teor de clorofila *a*, *b* e clorofila total das folhas localizada no terço médio superior da planta, no terceiro e quarto par de folhas, sendo amostradas 20 folhas por tratamento, usando um medidor eletrônico de teor de clorofila (Flaquer clorofila CFL 1030). Sessenta folhas de cada tratamento foram coletadas para análise de concentração nutricional e medição da área foliar. A área foliar foi estimada de acordo com Partelli et al. (2006).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos de tratamentos foram significativos, aplicou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa ASSISTAT 7.6 (SILVA, 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No verão, os valores totais de incidência de radiação fotossinteticamente ativa foram inferiores durante grande parte do dia no tratamento na linha das bananeiras, T3 (Figura 1A), com maiores

diferenças no meio do dia e no período da tarde. Nos tratamentos T1 e T2, a interceptação solar foi similar. Na amostragem do dia de inverno (Figura 1B), a diferença entre incidência em T3 (próximo às bananeiras), em relação aos outros pontos amostrais foi maior, indicando maior interceptação pela espécie que promove o sombreamento. A exceção a esse comportamento foi registrada entre 14 e 15 h, quando a menor incidência foi constatada no ponto central entre dois renques de banana, devido à inclinação solar.

Quando comparados os valores de T1 e T2, foi observado que a incidência de irradiação no episódio de inverno foi de 14,9% maior em T1, comparado a T2 (Figura 1B), enquanto no verão foi 1,9% maior em T2 (Figura 1A). Assim como no caso anterior, a diferença de transmissão entre épocas está associada à inclinação do Sol. Pezzopane et al. (2010), trabalhando com consórcio macadâmia-café, constataram que a presença da cultura de sombreamento altera o microclima, diminuindo a incidência de radiação fotossinteticamente ativa, sobre as plantas de café. Cultivos de cafés em sistema de consórcio com *Musa* AAB (PEZZOPANE et al., 2007; PEZZOPANE; PEDRO JÚNIOR; GALLO, 2005) e *Grevillea robusta* (PEZZOPANE et al., 2011b), registram atenuação de até 27% da irradiância, fato que não se mostrou relevante para alterações no crescimento e desenvolvimento dos cafeeiros, assim como os resultados também apresentados no presente estudo.

Baliza et al. (2012) e Rodríguez-López et al. (2014) afirmaram que as diferenças na disponibilidade de radiação e modificações sazonais podem causar alterações na estrutura e função das folhas do cafeeiro, como alterações fisiológicas no crescimento e desenvolvimento da planta, podendo até promover melhor desempenho fotossintético, com implicações diretas na produtividade. Bote e Struik (2011), constataram que a interceptação da radiação solar em cafeeiros promovem modificações morfológicas, incluindo possíveis adaptações fisiológicas.

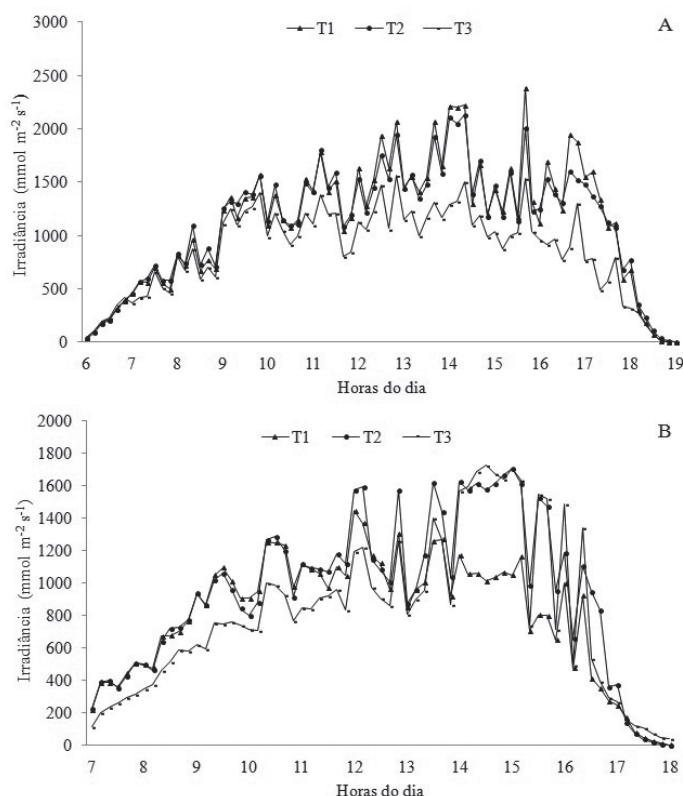


FIGURA 1 - Variação dos valores de irradiância, observados no verão (A) e inverno (B), em três pontos de uma lavoura de café consorciada com bananeiras em Boa Esperança, ES. T1: linha de café a 5,25 metros, T2: linha de café a 1,75 metros e T3: linha de banana.

No episódio de verão, a temperatura do ar permaneceu inferior em T3, relativamente aos outros tratamentos, durante praticamente todo o dia. Nos horários mais quentes do dia, os maiores valores foram obtidos sobre as copas dos cafeeiros situados a 5,25 metros das bananeiras (39,4 °C às 14:00 horas), sendo que, no mesmo horário, foram registrados 36,3 °C sobre os cafeeiros próximos às bananeiras (Figura 2A). Na amostragem de inverno (Figura 2B), as diferenças foram semelhantes já que os valores máximos de temperatura do ar obtidos próximo à bananeira foram de 34,0 °C às 15:00 h, enquanto em T1 se registraram 30,8 °C (Figura 2B). Esses resultados estão de acordo com as observações que indicam que *C. arabica* e *C. canephora* cv. Conilon consorciados com *Cocos nucifera* apresentam uma redução de até 3 °C na temperatura nos meses mais quentes do ano (PEZZOPANE et al., 2011a; VALENTINI et al., 2010). No presente estudo, o sistema de consórcio promoveu uma diminuição das temperaturas máximas, principalmente nas lavouras próximas às bananeiras durante o verão, período do ano com valores térmicos mais críticos o que poderá

ter efeitos benéficos na proteção do metabolismo foliar nesses cafeeiros.

A variação da umidade relativa mostrou-se inversa à temperatura do ar, apesar de não se encontrarem diferenças significativas entre os tratamentos de distância (sombreamento) dos cafeeiros às bananeiras (Figura 3). Ainda assim, no verão, os maiores valores de umidade relativa foram observados nas lavouras próximas à bananeira, sendo a maior diferença obtida às 7:30 h, com uma diferença média de 4,5%, ao longo de todo dia. No inverno, foram registradas as menores médias, sendo a maior diferença entre as lavouras situadas a 1,75 e 5,25 metros da bananeira, às 7:30 h, mantendo uma diferença média de 1,5%, ao longo de todo dia. Esse último valor é semelhante à diferença de 1,4%, observada no outono num consórcio de café Arábica com bananeira em sistema adensado, enquanto consórcios de Conilon com bananeiras em sistemas mais espaçados registraram valores de até 6,2% ,no período da tarde, no inverno e 2,5% no verão, pela manhã (PEZZOPANE et al., 2007).

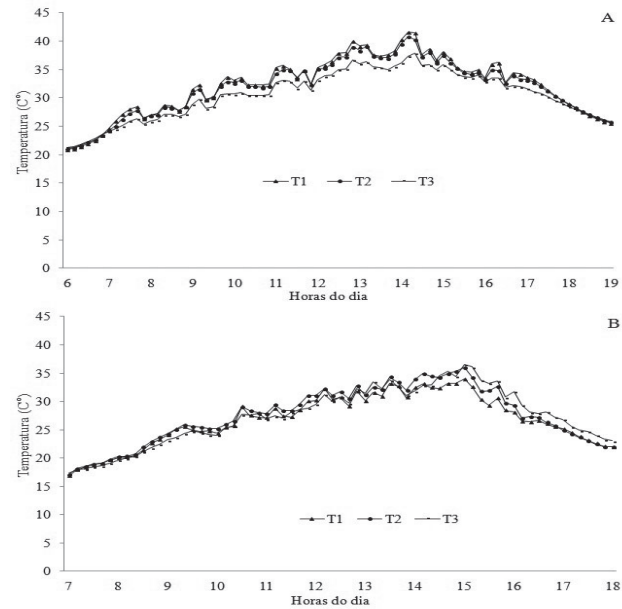


FIGURA 2 - Variação dos valores diários de temperatura do ar (°C), observados no verão (A) e inverno (B), em três pontos de uma lavoura de café consorciada com bananeiras em Boa Esperança, ES. T1: linha de café a 5,25 metros, T2: linha de café a 1,75 metros e T3: linha de banana.

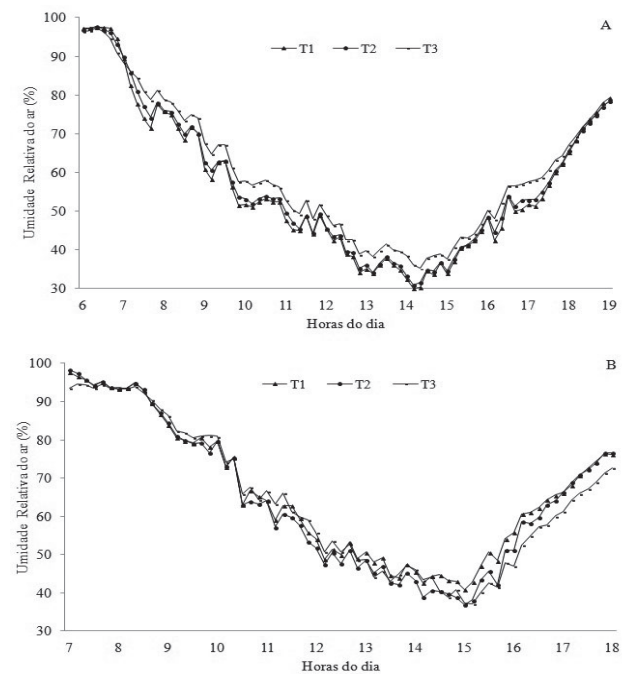


FIGURA 3 - Variação dos valores diários de umidade relativa do ar (%), observados no verão (A) e inverno (B), em três pontos de uma lavoura de café consorciada com bananeiras, em Boa Esperança, ES. T1: linha de café a 5,25 metros, T2: linha de café a 1,75 metros e T3: linha de banana.

Ainda em concordância com os dados deste trabalho estão os estudos em cultivos de café Conilon arborizado com macadâmia, nos quais se registraram aumentos médios diários de até 5% da umidade relativa do ar, quando comparados com cultivos sem consórcio (PEZZOPANE et al., 2010).

Uma alta umidade atmosférica em dias quentes tem um efeito positivo na manutenção da hidratação foliar (e da planta no seu todo), já que permite uma menor perda de água por evapotranspiração (LIN, 2007). A este benefício obtido em sistemas sombreados, juntam-se igualmente níveis mais baixos de irradiância ao nível foliar, diminuindo a probabilidade de sobre-excitação e fotoinibição dos componentes do sistema fotossintético. Estes ocorrem, principalmente, nas horas mais quentes e de maior irradiância do dia, quando as plantas são expostas a pleno Sol, quer considerando períodos mais curtos, de horas (RAMALHO et al., 1997), ou mais longos, de dias (RAMALHO et al., 2000), apesar do café revelar uma considerável capacidade de aclimação ao excesso de energia luminosa, relacionada, nomeadamente, com mecanismos de defesa do estresse oxidativo gerado pelo excesso de energia luminosa, desde que seja proporcionada uma adequada nutrição mineral, em particular de nitrogênio (NUNES; RAMALHO; DIAS, 1993; RAMALHO et al., 1998, 2000).

No que respeita à avaliação morfológica, o sombreamento proporcionado pelas bananeiras não induziu ao aumento do comprimento médio dos internódios, dos ramos plagiotrópicos jovens com ausência de frutos e dos ramos ortotrópicos dos cafeeiros, assim como da área por folha, nas duas épocas de avaliação (Tabela 2), provavelmente, devido à densidade do plantio. Sabe-se que o sombreamento provoca alterações no microclima e, em razão da plasticidade do café, pode afetar sua anatomia (MORAIS et al., 2003) e fisiologia (MORAIS et al., 2004) foliar. Contudo, esses impactos dependem do tipo, densidade, duração e época de sombreamento, bem como das condições climáticas vigentes e o clima local, genótipo testado, idade da planta, entre outros fatores (MORAIS et al., 2008).

Trabalhando com cafezais em sistema de consórcio com banana prata-anã (*Musa* AAB), Pezzopane et al. (2007), constataram que no cultivo consorciado, especialmente nos cafeeiros mais próximos às bananeiras, ocorreram alterações significativas no crescimento vegetativo e no desenvolvimento fenológico. Rodríguez-López et al. (2014) e Tabagiba et al. (2010), avaliando o crescimento de mudas de café arábica sob diferentes níveis de radiação, observaram o aumento da área foliar com a diminuição do nível de irradiância. Por outro lado, espécies florestais como o cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis* (F. Muell) Bahadur e pinus cuiabano

(*Parkia multijuga* Benth) promoveram a redução do comprimento de ramo e número de nós de cafeeiros Conilon, provavelmente pelo excesso de sombra proporcionada pela arquitetura das copas, o que afetará o desenvolvimento vegetativo do café (RODRIGUES, 2009).

Os valores de clorofila *a*, não sofreram alterações de acordo com a sazonalidade nas duas épocas avaliadas (Tabela 3), tal observado também por Gonçalves, Gallo e Favarim (2007). Para os valores de clorofila *b* e total, também não foi possível verificar diferenças significativas em função das épocas avaliadas. Porém, no período de inverno para a clorofila *b* e total, observaram-se maiores valores para os cafeeiros situados próximo às bananeiras, quando comparados os tratamentos T2 e T1. No mesmo sentido, estão os resultados de Mayoli e Gital (2012), que observaram o aumento do teor de clorofila total à sombra, comparado com pleno sol.

Folhas desenvolvidas em ambientes sombreados, normalmente, apresentam um alto teor de clorofilas totais por unidade de massa, de forma a aumentar sua capacidade de absorção de luz (CAO, 2000; FENG; CAO; ZHANG, 2004).

Alguns nutrientes mostraram diferentes concentrações foliares, quando comparados os tratamentos T2 e T1. (Tabela 4). Plantas de cafeeiros situados a 1,75 metros da bananeira (T2) apresentaram valores inferiores de P, Ca, Mg, S e B, quando comparados com as plantas de cafeeiros, situados a 5,25 metros da bananeira (T1). Apesar de não apresentarem diferenças significativas, também N, Fe, Zn, Cu e Mn mostram a mesma tendência de valores inferiores em T2. Esse menor teor foliar de nutrientes em T2, sugere a ocorrência de competição do sistema radicular pelos nutrientes entre café e bananeira, apesar de não haver impacto nas características morfológicas analisadas. Apenas K registrou valores significativamente maiores nas folhas de cafeeiros do tratamento T2 (Tabela 4). Para além disso, a tendência para o aumento de elementos minerais como o Fe, Cu e Mn em T1 poderá ter uma repercussão positiva no aumento da capacidade antioxidativa dessas plantas, devido ao papel que esses elementos têm, nomeadamente, como constituintes de enzimas envolvidas na remoção de moléculas altamente reativas de O₂ (RAMALHO et al., 2013), que serão mais necessárias precisamente nesse tratamento, face à exposição a maiores níveis de irradiância, presumivelmente excessivos.

As possíveis causas para a obtenção dos resultados no presente estudo ainda não estão totalmente elucidadas, entretanto, supõe-se que a quantidade de luz, ou mesmo a densidade do plantio entre as culturas, não afetou o desenvolvimento dos cafeeiros.

TABELA 2 - Comprimento de ramos plagiotrópicos (em cm) com frutos (RPCF), ponta dos ramos plagiotrópicos produtivo (PRPP), ramo plagiotrópicos jovens (RPJ), ramos ortotrópicos (RO) e área foliar (AF) (em cm²) em plantas de café Conilon cultivadas em consórcio com bananeiras, em janeiro (verão - V) e setembro (inverno - I) de 2012, em Boa Esperança, ES.

| | RPCF(V) | PRPP(V) | RPJ(V) | RO(V) | AF(V) | RPJ(I) | RO(I) | AF(I) |
|-----|---------|---------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| T1 | 5,3a | 4,5a | 5,4a | 4,3a | 70,8a | 4,6a | 3,1a | 72,5a |
| T2 | 5,1a | 4,3a | 5,3a | 4,3a | 72,3a | 4,6a | 3,3a | 74,1a |
| CV% | 12,93 | 12,84 | 10,87 | 16,19 | 21,97 | 9,75 | 20,23 | 22,09 |

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). T1: linha de café a 5,25m, T2: linha de café a 1,75m.

TABELA 3 - Teor médio estimado de clorofila *a*, *b* e total (unidade ICF), em folhas de cafeeiro consorciado com bananeiras, em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2012, em Boa Esperança, ES.

| | Clorofila <i>a</i> | | Clorofila <i>b</i> | | Clorofila Total | |
|-----|--------------------|---------|--------------------|---------|-----------------|---------|
| | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno |
| T1 | 39,2a | 42,6a | 14,3b | 42,7a | 53,5b | 85,3a |
| T2 | 40,3a | 41,9a | 20,7a | 42,3a | 61,0a | 84,3a |
| CV% | 4,16 | 4,65 | 41,10 | 26,04 | 14,93 | 14,03 |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na mesma coluna, a Tukey, a nível de 5% de probabilidade. T1: linha de café a 5,5m, T2: linha de café a 1,75m.

TABELA 4 - Concentração foliar de nutrientes em cafeeiros cultivados em consórcio com bananeiras, em janeiro (verão) de 2012, em Boa Esperança, ES.

| | Concentração nutricional foliar | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------|------|-------|-------|------|------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Zn | Cu | Mn | B |
| | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | -----mg kg ⁻¹ ----- | | | | |
| T1 | 26,0a | 1,4a | 9,0b | 17,3a | 4,1a | 1,3a | 57,4a | 8,6a | 7,8a | 43,2a | 81,2a |
| T2 | 25,0a | 1,3b | 14,8a | 14,8b | 2,7b | 1,1b | 51,0a | 8,4a | 5,8a | 35,6a | 62,8b |
| CV% | 4,20 | 2,63 | 11,11 | 6,10 | 6,31 | 7,04 | 15,59 | 10,52 | 21,81 | 13,43 | 8,21 |

Medias seguida de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). T1: linha de café a 5,5m, T2: linha de café a 1,75m.

4 CONCLUSÕES

Nas condições estudadas, o sistema de cultivo consorciado com a bananeira diminuiu a incidência de radiação e a temperatura ao longo do dia, principalmente no período de verão.

O sombreamento promovido pelo sistema de consórcio café-banana não promoveu alterações morfofisiológicas na planta do cafeeiro, mas terá permitido condições microclimáticas mais amenas, nomeadamente reduzindo o excesso de irradiância e diminuindo a temperatura foliar.

O consórcio diminuiu os teores de foliares de P, K, Ca, Mg, S, B e ainda promoveu um aumento da concentração de Clorofila *b* e total.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), pelo apoio parcial desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

ASTEN, P. J. A. van et al. Agronomic and economic benefits of coffee-banana intercropping in Uganda's smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, Dordrecht, v. 104, n. 4, p. 326-334, 2011.

- BALIZA, D. et al. Características fisiológicas e desenvolvimento de cafeeiros sob diferentes níveis de sombreamento. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v. 7, n. 1, p. 37-43, 2012.
- BEER, J. et al. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 38, n. 2, p. 139-164, 1998.
- BOTE, A. D. E.; STRUIK, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, Kolkata v. 3, n. 11, p. 336-341, 2011.
- CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in Bornean heath forest. **Journal of Botany Canadian**, Ottawa, v. 78, n. 10, p. 1245-1253, 2000.
- DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Phoenix, v. 86, n. 1, p. 99-114, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 359 p.
- 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**, Praga, v. 42, n. 3, p. 431-437, 2004.
- GONÇALVES, G. C.; GALLO, L. A.; FAVARIM, J. L. Assimilação do carbono por plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Obatã) crescendo a pleno sol e com sombreamento parcial. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.
- LIN, B. B. The role of agroforestry in water conservation: the effect of shade on evapotranspiration in coffee agroecosystems, mitigation of microclimate variation through agroforestry: protecting coffee agriculture from the impacts of climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 144, n. 1, p. 85-94, 2007.
- MAYOLI, R. N.; GITAU, K. M. The effects of shade trees on physiology of arabica coffee. **African Journal of Horticultural Science**, Kenya, v. 6, n. 1, p. 35-42, 2012.
- MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1131-1137, nov. 2003.
- _____. 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, abr. 2008.
- _____. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 863-871, 2004.
- NASCIMENTO, E. A. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 852-857, maio/jun. 2006.
- NÓBREGA, N. E. F. et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Köppen para o município de Boa Esperança, ES. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Resumos Completos...** São Mateus: ABID, 2008. v. 1, p. 1-6.
- NUNES, M. A.; RAMALHO, J. C.; DIAS, M. A. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 44, n. 262, p. 893-899, 1993.
- OUMA, G. Intercropping and its application to banana production in East Africa: a review. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Tampa, v. 1, n. 1, p. 13-15, 2009.
- PARTELLI, F. L. et al. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, Campinas, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011a.
- _____. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana prata anã. **Bragantia**, São Paulo, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.
- _____. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.

- _____. Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2011b.
- PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã. **Bragantia**, São Paulo, v. 64, n. 3, p. 487-499, 2005.
- RAMALHO, J. C. et al. Cold-induced changes in mineral content in *Coffea* spp. Leaves: identification of descriptors for tolerance assessment. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v. 57, n. 3, p. 495-506, 2013.
- _____. Nitrogen dependent changes in antioxidant systems and in fatty acid composition of chloroplast membranes from *Coffea arabica* L. plants submitted to high irradiance. **Plant Science**, Davis, v. 135, n. 2, p. 115-124, 1998.
- _____. 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**, Camberra, v. 27, p. 43-51, 2000.
- _____. Photosynthetic responses of *Coffea arabica* L. leaves to a short-term high light exposure in relation to N availability. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 229-239, 1997.
- 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**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.
- RODRIGUES, V. G. S. **Avaliação do desenvolvimento vegetativo de cafeeiros arborizados e a pleno sol**. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2009. 4 p. (Circular Técnica, 112).
- RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F. et al. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 102, n. 6, p. 1-10, 2014.
- SALGADO, B. G. et al. Produtividade de cafeeiros arborizados com ingazeiros e com grevilea em Lavras, MG. **Agrossilvicultura**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 155-162, 2005.
- SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST, P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 1, p. 269-286, 2010.
- SILVA, F. A. S. **ASSISTAT - Statistical Assistance**. Versão 7.6 beta. Campina Grande, UFCG, 2012. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009. 627 p.
- STAVER, C. et al. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, n. 3, p. 151-170, 2001.
- TABAGIBA, S. D. et al. Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.
- VALENTINI, L. S. P. et al. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivos e arborizados com seringueira e coqueiro anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.