

CAFEEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

**KEZIA MORAES VIEIRA BAITELLE**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2023

CAFEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

**KEZIA MORAES VIEIRA BAITELLE**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.”

Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2023

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

V658

Vieira, Kezia Moraes.

CAFEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA' / Kezia Moraes Vieira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

82 f. : il.

Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.

Orientador: Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

1. *Coffea canephora*. 2. Bananeira. 3. Consórcio. 4. Espaçamento. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

# CAFEEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

## KEZIA MORAES VIEIRA BAITELLE

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.”

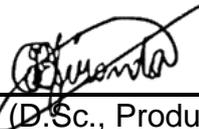
Aprovada em 01 de março de 2023.

Comissão examinadora:



---

Abraão Carlos Verdin Filho (D.Sc., Produção Vegetal) - INCAPER



---

Guilherme Bessa Miranda (D.Sc., Produção Vegetal) - INCAPER



---

Paulo Cesar dos Santos (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



---

Almy Junior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
Orientador

## SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Caracterização botânica e econômica do cafeeiro conilon	3
2.1.1 Variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201	5
2.2 Caracterização botânica e econômica da bananeira	6
2.2.1 Cultivar 'Terra' ( <i>Musa</i> sp., grupo AAB, subgrupo Terra)	7
2.3 Adensamento do cafeeiro conilon	8
2.4 Consórcios agrícolas	9
2.4.1 Consórcios em cafeeiro	9
2.4.2 Consórcios com bananeiras	11
2.5 Eficiência dos sistemas consorciados	12
2.5.1 Microclima e ecofisiologia em sistemas consorciados	13
2.5.2 Morfologia de plantas em sistemas consorciados	15
3 TRABALHOS	17
3.1 FISILOGIA DO CAFEIEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'	17
3.2 CONILON ADENSADO CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA': UMA ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS E PRODUTIVAS	41
4 RESUMO E CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICES	70

## RESUMO

Baitelle, Kezia Moraes Vieira. D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2023. **Cafeeiro conilon consorciado com bananeira 'Terra'** Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

O cafeeiro conilon, apesar de adaptado, quando cultivado em áreas tropicais, pode apresentar crescimento e produção limitados por altas temperaturas. Danos irreversíveis ao aparato fotossintético foram observados em temperaturas extremas durante o dia. Logo, manter a cultura do cafeeiro sob sombreamento moderado no início do ciclo vegetativo, pode mitigar os efeitos de clima sobre cultura. A cultura da bananeira pode ser uma alternativa para o consórcio com cafeeiro conilon e vem sendo empregada por muitos cafeicultores no cenário da agricultura brasileira. Além de gerar sombreamento moderado, a cultura da bananeira apresenta-se como uma renda extra para custeio da implantação do cafeeiro com maior densidade por área. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico, os aspectos microclimáticos e fisiológicos da implantação do cafeeiro conilon, variedade 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201, consorciado com bananeira 'Terra' em diferentes espaçamentos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais submetidos ao consórcio entre a bananeira e o cafeeiro, além da testemunha, representada pelo cafeeiro em monocultivo. Após a implantação, avaliou-se as características de microclima, as respostas vegetativas, produtivas e fisiológicas de ambas as culturas. O sombreamento no café proporcionado pelo cultivo da bananeira resultou em alterações na taxa fotossintética do cafeeiro nas estações do verão e do inverno, e nos diferentes períodos do dia. O consórcio não promoveu alterações na temperatura foliar e nem uma condição ambiental para um possível aumento na produtividade de ambas as culturas. A bananeira 'Terra' não sofreu alterações em seu desenvolvimento vegetativo e produtivo, entretanto, o cafeeiro apresentou

variações entre os tratamentos. Em um dos arranjos de consórcio entre o cafeeiro e bananeira 'Terra' foi possível obter produtividade igual ao cafeeiro em monocultivo. A bananeira, pode ser uma alternativa rentável para o produtor reduzir os custos iniciais da implantação do cafeeiro adensado.

## ABSTRACT

Baitelle, Kezia Moraes Vieira. D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March 2023. **Conilon coffee tree intercropped with 'Terra' banana tree** Advisor: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

The conilon coffee tree, despite being adapted, when grown in tropical areas can present growth and production limited by high temperatures. Irreversible damage to the photosynthetic apparatus has been observed at extreme daytime temperatures. Therefore, keeping the coffee crop under moderate shade at the beginning of the growing season can mitigate the effects of climate on the crop. Banana cultivation can be an alternative to intercropping with conilon coffee and has been used by many coffee growers in the Brazilian agricultural scene. In addition to generating moderate shading, it provides extra income to fund the implementation of coffee trees with greater density per area. Therefore, this work aimed to evaluate the agronomic performance, microclimatic and physiological aspects of the implantation of the conilon coffee tree, variety 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201, intercropped with 'Terra' banana in different spacings. The experimental design was in randomized blocks (DBC) with seven treatments and four replications, where the treatments refer to six spatial arrangements submitted to the consortium between the banana tree and the coffee tree, in addition to the control, represented by the coffee tree in monoculture. After implementation, the microclimate characteristics, vegetative, productive and physiological responses of both crops were evaluated. The shade on coffee provided by banana cultivation resulted in changes in the coffee tree's photosynthetic rate in the summer and winter seasons and at different times of the day. The consortium did not promote changes in leaf temperature nor an environmental condition for a possible increase in the productivity of both crops. The 'Terra' banana tree did not undergo changes in its vegetative and productive development, while the coffee tree showed variations between treatments. In one of the consortium arrangements between the coffee plant and the 'Terra' banana plant, it was possible to obtain productivity equal to that of the coffee plant in

monoculture. The banana tree can be a profitable alternative for the producer to reduce the initial costs of establishing densely populated coffee trees.

## 1 INTRODUÇÃO

Entre as espécies do gênero *Coffea*, o cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) e o conilon (*Coffea canephora* Pierre ex. A. Froehner), são as que apresentam maior importância econômica e as mais empregadas no Brasil. O nível tecnológico empregado no cafeeiro vem contribuindo com o aumento da produtividade da cultura, acrescentando cerca de 52% e 95% na produtividade média do cafeeiro arábica e conilon, respectivamente, nos últimos 10 anos (Conab, 2019).

Dentre os avanços tecnológicos pode-se destacar o adensamento das lavouras, uma técnica que consiste no aumento do número de plantas por área, e, conseqüentemente, no aumento da produtividade média da cultura (Pereira et al., 2011; Valadares et al., 2013; Andrade et al., 2014). No entanto, o adensamento tem como consequência o aumento do custo inicial para a implantação da lavoura (Augusto et al., 2006) e, com isso, os cafeicultores não são estimulados a aderir a esta técnica.

Uma alternativa para viabilizar a implantação de uma lavoura de cafeeiro conilon com espaçamento adensado é o consórcio com culturas de ciclo rápido. Dessa forma, o produtor diversifica a propriedade, e tem uma fonte de renda extra para suprir, em parte ou totalmente, os custos de implantação da lavoura, enquanto o cafeeiro estiver na fase vegetativa ou não estiver na máxima expressão produtiva.

O consórcio é uma prática financeiramente acessível para cafeicultores familiares e apresenta vantagens para o agricultor, dentre elas, o sombreamento moderado que melhora a sustentabilidade do ambiente, as características do solo, permite maior armazenamento e disponibilidade de água, reduz a temperatura do solo e favorece o microclima (Morais et al., 2006; Pezzopane et al., 2010a; Lin, 2010; Guimarães et al., 2014; Padovan et al., 2015; Thomazini et al., 2015; Araújo et al., 2015).

A cultura da bananeira (*Musa* spp.) pode ser uma opção viável no consórcio com cafeeiro conilon (Araújo et al., 2015). A produção de plátanos e banana para

o consumo *in natura* representa a maior quantidade de frutas produzidas no mundo (Faostat, 2019). Acredita-se que o consórcio do cafeeiro com bananeira 'Terra' pode trazer renda extra que poderá suprir os custos de implantação do cafeeiro conilon.

É possível que o consórcio colabore com o crescimento inicial das mudas de cafeeiro pelo microclima favorável, propiciado pelas plantas de bananeira, sem que haja prejuízos aos aspectos vegetativos, fisiológicos e produtivos do cafeeiro. Além disso, o consórcio permite diversificar a propriedade, e atender à necessidade mundial por uma economia circular e por medidas sustentáveis nos cultivos agrícolas.

Poucos estudos foram realizados a respeito do consórcio entre cafeeiro conilon e bananeira 'Terra'. Nenhum trabalho na literatura abordou o consórcio de culturas com o cafeeiro conilon em espaçamento adensado. Não há informações sobre espaçamentos entre as culturas que propicie o adequado desenvolvimento do cafeeiro adensado, além da viabilidade financeira do consórcio.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho é avaliar o desempenho agrônômico e os aspectos microclimáticos da implantação de lavoura cafeeira conilon adensada – 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201 –, consorciada com bananeira 'Terra', em diferentes espaçamentos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caracterização botânica e econômica do cafeeiro conilon

O cafeeiro é um arbusto que pertence à classe Magnoliopsida, ordem Rubiales, família Rubiaceae, seção Eucoffea e subseção Erithrocoffea, com centro de origem provavelmente na Etiópia, onde era cultivado em locais predominantemente sombreados, entre 1.000 e 2.500 m de altitude (Sobrinho, 1978; Miranda et al., 1999). Existem mais de 500 gêneros e mais de 8.000 espécies desta família (Pino e Vegro, 2008), sendo o gênero *Coffea* o mais importante, representado por 124 espécies (Davis et al., 2011).

Dentre as espécies cultivadas, o cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) e o conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) (Charrier e Berthaud, 1985) são as que apresentam maior importância econômica para o Brasil. O cultivo comercial do cafeeiro conilon teve início e expansão a partir do aparecimento da ferrugem do cafeeiro, devido a sua maior tolerância à doença. Isso ocorreu por volta de 1900, em Java, expandindo-se depois por uma ampla área geográfica do continente africano e, posteriormente, para América e Ásia (Oliveira et al., 2012; Ferrão et al., 2017).

A origem do café conilon abrange uma ampla região que se estende da Guiné ao Congo, da costa oeste à região Central do continente, com predominância em regiões de temperaturas mais altas e com baixa altitude (Ferrão et al., 2017).

A espécie inclui diversas variedades das quais se destacam Kouillou (conilon) e Robusta. A variedade conilon foi observada inicialmente em estado selvagem em 1880, por franceses na África (Carvalho, 1946). No Brasil, a introdução do conilon iniciou-se no Espírito Santo, por volta de 1912, com as primeiras sementes plantadas, entre outros locais, no município de Cachoeiro de Itapemirim (Ferrão et al., 2017).

Uma das principais características da espécie é a reprodução assexuada, visto que são classificadas como plantas alógamas, diploides ( $2n=2x=22$  cromossomos), apresentando mecanismos que favorecem a polinização cruzada tais como, o florescimento sincronizado e a autoincompatibilidade gametofítica (Conagin e Mendes, 1961; Ferrão et al., 2017). Em razão da alogamia, as sementes de uma única planta matriz caracterizam uma ampla heterozigose, ou seja, cada semente é um genótipo (Fonseca et al., 2006; Rocha et al., 2014, Ferrão et al., 2017), sendo esse o principal motivo para a espécie ser propagada, quase exclusivamente, por via assexuada.

A propagação assexuada (clonagem) caracteriza-se por todos os indivíduos serem geneticamente idênticos à matriz, e apresentam reprodução autoincompatíveis entre si. Neste caso, para formar uma lavoura de conilon é necessário agrupar populações de matrizes de alelos genéticos diferentes, para que o mecanismo de fecundação seja compatível entre os grupos clonais (Fonseca et al., 2006; Espindula e Partelli, 2011; Ferrão et al., 2017).

O cafeeiro conilon possui alto vigor vegetativo, tolerância às doenças e adaptação a uma ampla faixa de condições edafoclimáticas tropicais de baixas altitudes e temperaturas elevadas. Seu crescimento apresenta dimorfismo, de maneira que o caule principal, ortotrópico, cresce verticalmente e os ramos laterais, plagiotrópicos, crescem quase horizontalmente (Ronchi e Damata, 2017).

Ao longo dos últimos 50 anos, a produção e o consumo de café aumentaram, fato relacionado à maior oferta de café com qualidade superior. Em 2017 a produção mundial de café foi de aproximadamente 160 milhões de sacas beneficiadas (Oic, 2018). Atualmente, 70 países produzem café e cerca de 59% da produção mundial é representada por apenas três países: Brasil, com 51 milhões de sacas (31,9%); Vietnã, com 29,5 milhões de sacas (18,5%) e Colômbia 14 milhões de sacas (8,8%) (Oic, 2018).

A exportação de café é um mercado que vem crescendo, sendo uma importante fonte de renda para muitos países em desenvolvimento. Nos cinco primeiros meses de 2018, as exportações totalizaram 50,98 milhões de sacas beneficiadas e representaram um aumento de 3,2% em relação ao período anterior. As exportações em 2017 geraram receita de 5,23 bilhões de dólares (Oic, 2018).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, e segundo maior consumidor do produto, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América (Fao,

2018). Em 2018, o Brasil apresentava um parque cafeeiro estimado em 2,16 milhões de hectares, com produção 61,66 milhões de sacas beneficiadas de café (Conab, 2019).

A cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos para os brasileiros. São cerca de 287 mil cafeicultores, predominando os de micro e pequeno porte, em aproximadamente 1.900 municípios distribuídos em 15 estados: Acre, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rondônia e São Paulo. Os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná e Goiás representam cerca de 98,65% da produção nacional (Brasil, 2016).

#### 2.1.1 Variedade ‘Jequitibá Incaper 8122’, clone 201

A variedade clonal ‘Jequitibá Incaper 8122’ é formada pelo agrupamento de nove clones compatíveis. A variedade possui moderada resistência à ferrugem, tolerância ao déficit hídrico, alto vigor vegetativo e características agrônômicas superiores (Ferrão et al., 2013).

A produtiva média da variedade é de aproximadamente 89 sacas beneficiadas por hectare, porém, apresenta potencial genético para produzir 120 sacas beneficiadas por hectare, em condições adequadas de manejo. A maturação de frutos é intermediária, uniforme e ocorre, em média, 284 dias após a principal florada, fato que contribui para uma qualidade de bebida superior, que atingiu em sua classificação, 79,01 pontos (superior/prêmio) (Ferrão et al., 2013).

Dentre os nove clones que compõem a variedade, o clone 201, popularmente conhecido como “LB1”, apresenta boa aceitação no Espírito Santo, sendo um dos preferidos e mais cultivados por cafeicultores capixabas. Acredita-se que esse clone possa ser indicado para o consórcio com bananeiras, principalmente por apresentar características desejáveis como: porte ereto, coloração de folhas verde-escuro, alta produtividade e vigor (Brinate, 2018; Meneghelli et al., 2018; Souza et al., 2018).

## 2.2 Caracterização botânica e econômica da bananeira

A bananeira (*Musa* spp.) é uma planta herbácea, pertencente à classe das Liliopsidas. Caracteriza-se pela exuberância de suas formas e dimensão das folhas, possui tronco curto e subterrâneo, denominado de rizoma, que constitui um órgão de reserva, onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O rizoma ou caule subterrâneo, geralmente apresenta diâmetro superior a 30 cm, é a parte da bananeira onde todos os órgãos estão apoiados: raízes, gemas, rebentos, pseudocaule, folhas e frutos (Manica, 1997).

O centro de origem da maior parte do germoplasma de banana está localizado no Continente Asiático. São considerados outros centros secundários a África Oriental, em algumas ilhas do Pacífico e uma considerável diversidade genética na África Ocidental (Champion, 1967). As cultivares encontradas nessas regiões evoluíram de espécies selvagens e apresentam três níveis de ploidia, apresentando diploides com 22 cromossomos (2x), triploides com 33 cromossomos (3x) e tetraploides com 44 cromossomos (4x), que são múltiplos do número básico ( $n = 11$ ) (Shepherd, 1984).

A classificação para o gênero *Musa* foi proposta por Simmonds e Shepherd (1955), dividindo-se em dois grupos, quanto ao número de cromossomos: com 10 cromossomos e com 11 cromossomos. Os grupos, quanto ao número de cromossomos, podem ser identificados morfológicamente a partir das brácteas que, quando lisas apresentam 10 cromossomos, e quando onduladas, 11 cromossomos (Moreira, 1999).

O gênero *Musa* abrange as espécies comestíveis, *Musa acuminata* e *Musa balbisiana* (Manica, 1997). Segundo Simmonds e Shepherd (1955), na evolução das bananeiras com frutos comestíveis, a letra "A" corresponde ao genoma de *M. acuminata*, enquanto "B" representa *M. balbisiana*. Ainda segundo Simmonds e Shepherd (1955), foram constatados grupos genômicos diploides (AA), triploides (AAA, AAB e ABB) e tetraploides (AAAA, AAAB, AABB, ABBB).

Além dos grupos genômicos foi estabelecido o uso do termo subgrupo para denominar um complexo de cultivares originários de mutações de um único cultivar com efeitos importantes quanto ao seu uso e/ou comercialização, como no caso do grupo AAA, subgrupo Cavendish e do grupo AAB, subgrupos Prata e Terra (Simmonds, 1973; Emediato, 2014).

Os frutos da bananeira estão entre as principais frutas consumidas mundialmente devido ao seu valor nutricional. Elas são cultivadas principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Entre as espécies frutíferas cultivadas, a bananeira é destaque em quantidade de frutas produzidas, perdendo apenas para a laranja (*Citrus sinensis* L.). Segundo Faostat (2019), a produção de banana para o consumo *in natura* representa a maior quantidade de frutas no mundo.

A banana constitui parte integrante da alimentação das populações de baixa a alta renda. Em 2016, a área mundial destinada ao cultivo da bananeira era de aproximadamente 5,5 milhões de hectares, com uma produção de 113 milhões de toneladas (Faostat, 2019). Com uma produção aproximada de 6,67 milhões de toneladas em 2017, e uma área cultivada de 465 mil hectares (IBGE, 2019), o Brasil se destaca como o quarto produtor mundial de banana (Faostat, 2019).

O cultivo da bananeira está distribuído por todo o país, sendo a região nordeste a maior produtora (2,25 milhões de toneladas), seguida do sudeste (2,19 milhões de toneladas), sul (1,02 milhões de toneladas), norte (0,89 milhão de toneladas) e centro-oeste (0,30 milhão de toneladas). Com uma produção de 339 mil toneladas de banana em 2017, o estado do Espírito Santo se destaca em oitavo lugar no *ranking* nacional (Ibge, 2019).

### 2.2.1 Cultivar 'Terra' (*Musa* sp., grupo AAB, subgrupo Terra)

A cultivar 'Terra' está inserida no grupo AAB e subgrupo Terra. É uma cultivar que se destaca no mercado brasileiro, sendo uma das mais difundidas no país. As bananas do subgrupo Terra, também conhecidas como plátanos, são consumidas cozidas ou fritas, tendo maior procura pelos consumidores nesta última década (Trindade et al., 2000). Além disso, ela caracteriza-se como base de exportação para muitos países em desenvolvimento.

A cultivar apresenta ciclo relativamente curto, variando entre 560 e 620 dias (Albuquerque e Borges, 2016). Embora tenha pseudocaule vigoroso, com 40 a 50 centímetros de diâmetro na base, é comum o uso de tutores no cultivo, uma vez que os cachos da banana 'Terra' pesam em média 25 kg, podendo alcançar 50 kg a 60 kg. Sob condições favoráveis de cultivo ou se for irrigada, apresenta uma boa produtividade que pode atingir de 30 a 35 t/ha/ciclo (Trindade et al., 2000).

A morfologia da bananeira 'Terra' difere de cultivares pertencentes a outros subgrupos por possuir características peculiares como rizoma com tendência de elevação à superfície do solo (afloramento), porte alto com 4 a 5 m de altura, frutos grandes, folhas grandes e pouco espessas que ficam necrosadas prematuramente devido à grande exigência nutricional (Trindade et al., 2000).

Apesar de sua importância social e econômica, existem poucas publicações a respeito dos plátanos, levando muitas vezes os produtores a realizarem adaptações inadequadas de manejo (Arantes et al., 2010).

### 2.3 Adensamento do cafeeiro conilon

Com a necessidade de aproveitamento mais racional das áreas de cultivo, nos últimos dez anos tem-se dado maior importância aos cultivos adensados. O adensamento consiste em plantio com espaçamentos menores entre linha e/ou entre plantas. Essa técnica deve ser adotada dentro de recomendações e condições específicas (Andrade et al., 2014).

O cultivo adensado vem sendo muito empregado na cafeicultura, e tem se expandido em regiões de relevo acidentado e menos favoráveis à mecanização (Augusto et al., 2006; Andrade et al., 2009; Valadares et al., 2014), situação que representa grande parte dos cafeicultores brasileiros.

Por se tratar de uma técnica que explora intensivamente os recursos da área, solo e luminosidade, requer maior uso de mão de obra e cuidado com a lavoura (Andrade et al., 2014). Nesse sistema, as produções tendem a cair à medida que o cafeeiro se desenvolve e ocorre a competição entre as plantas, sendo necessário o uso da poda para revigoração. O manejo adotando o adensamento dentro da linha e espaçamento mais largo entre linhas, pode minimizar os efeitos da queda de vigor (Andrade et al., 2014).

O sistema de plantio adensado tem demonstrado que é possível obter alta produtividade por área e redução da bienalidade de produção (Braccini et al., 2005; Augusto et al., 2006; Bragança et al., 2009; Pereira et al., 2011; Valadares et al., 2013; Andrade et al., 2014).

O adensamento é considerado um manejo conservacionista que protege o solo, diminui o processo erosivo e o escoamento de água (Prochnow et al., 2005),

reduz perdas de nutrientes por lixiviação e oxidação de matéria orgânica (Guimarães, 2018). Vários são os efeitos positivos do adensamento, destacando-se: redução na diversidade de plantas daninhas (Rocha et al., 2017); aumento na abundância radicular por volume de solo (Ronchi et al., 2015); melhoria na qualidade física do solo, menores emissões de CO<sub>2</sub> no solo (Guimarães, 2018); maior ciclagem de nutrientes, melhor aproveitamento dos recursos naturais como, a água e nutrientes (Guarçoni, 2011); minimização dos efeitos das altas temperaturas, maior umidade do solo (Scalco et al., 2012); reduções nas adubações em função dos nutrientes presentes na biomassa (Bragança et al., 2009; Rodrigues et al., 2010; Guarçoni, 2011; Valadares et al., 2014).

Apesar das vantagens, no sistema adensado são verificadas algumas desvantagens como competição entre as plantas (Pavan et al., 1994; Toledo e Barros, 1999; Braccini et al., 2005; Carvalho et al., 2006), maior incidência de algumas pragas e doenças, principalmente as fúngicas, em função do microclima criado nesse manejo (Rodrigues et al., 2015), e redução da qualidade das sementes (Braccini et al., 2008). Essas desvantagens, associadas ao alto custo de implantação da lavoura quando comparado ao sistema convencional de cultivo (Augusto et al., 2006), podem desestimular a adoção dessa tecnologia, principalmente por parte de pequenos agricultores que dispõem de pouco capital para investimentos.

## 2.4 Consórcios agrícolas

### 2.4.1 Consórcios em cafeeiro

O consórcio no cafeeiro é uma alternativa viável e pode garantir a estabilidade de produção da cultura, pois atua como quebra-ventos, melhora a estrutura do solo permitindo maior armazenamento e disponibilidade de água, além de ser uma prática de baixo custo, sendo acessível à cafeicultores familiares (Morais et al., 2006; Lin, 2010; Guimarães et al., 2014; Padovan et al., 2015; Thomazini et al., 2015; DaMatta et al., 2017). No entanto, a maioria dos trabalhos

de consórcios aborda o cafeeiro arábica, sendo que na literatura há poucos trabalhos relacionados ao cafeeiro conilon (Souza et al., 2017).

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. Isso ocorre devido à especificidade do conilon de ter sido originado de uma região caracterizada por temperaturas elevadas e estação seca moderada a acentuada.

O sombreamento causado pelo consórcio com espécies arbóreas ou frutíferas, pode influenciar alguns aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon como a fotossíntese, a respiração e a transpiração, o que exerce forte influência sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas (Cavatte et al., 2013; Oliosi et al., 2016).

Cavatte et al. (2013), ao fazerem uma revisão bibliográfica sobre a arborização no café conilon, verificaram que há muita divergência de resultados, principalmente entre a produção de frutos. De acordo com os autores, alguns trabalhos mostram que a arborização reduz a produtividade do cafeeiro, outros trabalhos relatam que não há diferenças entre os tratamentos sombreados e os tratamentos com café em monocultivo, e há também alguns relatos de maior produção de grãos nos tratamentos sombreados.

A baixa produtividade em condições sombreadas pode ocorrer em função da competição que ocorre entre as espécies arbóreas e o cafeeiro, por requintes básicos como água, luz e nutrientes (DaMatta, 2004; Siles et al., 2010). No cafeeiro conilon, pode ser que a competição por luz seja o principal fator que atue na redução da produtividade, uma vez que a densa arquitetura da copa das plantas do conilon apresenta limitada distribuição de luz em seu interior (Rodrigues et al., 2016b). No entanto, o cafeeiro pode compensar a baixa disponibilidade de luz com o aumento da eficiência do uso da luz.

O cafeeiro conilon é cultivado em variedades clonais. Cada variedade é composta por diferentes clones que apresentam respostas diferentes às condições ambientais, inclusive ao sombreamento. Esse fato pode influenciar a produtividade de determinada variedade quando submetida ao sombreamento (Cavatte et al., 2013).

O grande problema dessa variedade é que, até o momento, não é possível a recomendação de clones promissores para o cultivo sombreado, devido à

escassez de dados científicos (DaMatta et al., 2017). Desse modo, no cultivo do conilon sombreado, a escolha dos clones é imprescindível, pois além de influenciar a produtividade, também há variações nos aspectos vegetativos e fisiológicos das plantas, como área foliar, crescimento, estiolamento, taxa fotossintética, transpiração e respiração (Venancio, 2015; Souza et al., 2009; Siles et al., 2010; Ricci et al., 2013; Oliosi et al., 2016; Charbonnier et al., 2017).

Dessa forma, o sombreamento ideal imposto sobre o conilon nos sistemas de consórcio tem o potencial de influenciar positivamente, aumentando a eficiência do uso da água e contribuindo para um melhor desempenho fisiológico das plantas do cafeeiro, visto que, no manejo sombreado há menor evaporação de água no solo, e redução de 2 a 6°C na temperatura do ambiente (Siles et al., 2010; Oliosi et al., 2016; Charbonnier et al., 2017).

O sombreamento também pode influenciar a qualidade da bebida, uma vez que altas temperaturas aceleram a maturação dos frutos e altera a composição química dos grãos, reduzindo, por exemplo, o teor de sacarose (Vaast et al., 2006; Bertrand et al., 2012; Santos et al., 2015). Além disso, a diminuição da temperatura no ambiente sombreado pode reduzir o índice de abortamento floral e de flores estéreis, elevando a produtividade da cultura (Camargo, 1985).

#### 2.4.2 Consórcios com bananeiras

A bananeira vem sendo muito utilizada em diferentes sistemas de consórcios, devido a algumas particularidades que a espécie apresenta, como baixo custo de implantação, ciclo relativamente rápido, demanda de mercado, e por proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de várias espécies vegetais. Além disso, bananeiras cultivadas em sistemas de consórcios podem atenuar problemas de radiação solar excessiva e reduzir danos fotossintéticos pelo excesso de luminosidade (Pezzopane et al., 2007a, 2007b; Asten et al., 2011; Araújo et al., 2015).

Araújo et al. (2015), estudando o microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras, concluíram que esse sistema de cultivo diminui a incidência de radiação e a temperatura sob o cafeeiro ao longo do dia, principalmente no período de verão. Além disso, os autores verificaram que esse

consórcio não prejudicou o crescimento do cafeeiro e não promoveu alterações morfofisiológicas nas plantas, apesar de ter proporcionado condições microclimáticas mais amenas, que reduziu o excesso de irradiância e temperatura foliar. No entanto, esse consórcio também reduziu os teores foliares de P, Ca, Mg, S e B, sugerindo que se deve realizar uma alteração na nutrição das plantas consorciadas.

As bananeiras, em sistemas consorciados, também atuam na redução da velocidade do vento, favorecendo, assim, uma maior umidade do ar (Pezzopane et al., 2007b). As plantas de café localizadas próximas à bananeira no sistema de consórcio, mostram alterações fisiológicas que intensificam seu crescimento vegetativo, possibilitando um incremento na produtividade (Ricci et al., 2011).

O uso de bananeiras em sistemas consorciados pode tornar o cultivo mais viável economicamente. Segundo Ouma (2009), sistemas consorciados de café e bananeira podem ser mais rentáveis do que o monocultivo do café, 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).

A bananeira também vem sendo usada em consórcio com culturas anuais. Silva et al. (2014), avaliando um sistema consorciado entre mandioca e bananeira, relataram que nesse sistema, a mandioca de mesa acumulou maior quantidade de matéria seca na parte aérea, com posterior retranslocação ao final, para a formação das raízes, o que indica um manejo bastante eficaz com maior aproveitamento de área.

## 2.5 Eficiência dos sistemas consorciados

O aumento da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis e a transformação de florestas tropicais em áreas cultivadas, são duas das principais causas das mudanças climáticas globais (Rogner et al., 2007).

Essas mudanças globais podem alterar o padrão de precipitação e temperaturas (IPCC, 2015). Tais mudanças climáticas podem afetar drasticamente a produção de café no Brasil, com perdas de áreas adequadas para o

desenvolvimento da cultura. Este fato pode gerar problemas sociais, políticos e econômicos para o país (Pezzopane et al., 2010).

Apesar de serem alarmantes, essas previsões de mudanças climáticas se baseiam em modelos que não levam em consideração a capacidade de adaptação e de aclimatação das plantas de café (Rodrigues et al., 2016a; Martins et al., 2017), a função do CO<sub>2</sub> no metabolismo das plantas (DaMatta et al., 2016, Rodrigues et al., 2016a), e nem o uso de ambientes estratégicos que atuem como mitigadores dos efeitos ambientais desfavoráveis, como o uso de sistemas agroflorestais (SAF's) e consórcios (Oliosí et al., 2016; Dubberstein et al., 2018).

As prioridades no manejo da cafeicultura moderna devem ser focadas em mecanismos que protejam os produtores de vulnerabilidades climáticas, principalmente, temperaturas elevadas e baixa disponibilidade hídrica. A utilização de consórcio em cafeeiros é uma alternativa vantajosa, pois além de atuar na geração de algum produto de interesse, proporciona um sombreamento moderado que possui papel fundamental para melhorar a sustentabilidade do ambiente (DaMatta et al., 2017). Esse manejo pode atenuar situações estressantes do cafeeiro, sendo apontado como uma estratégia adaptativa aos eventos climáticos extremos (Morais et al., 2006).

### 2.5.1 Microclima e ecofisiologia em sistemas consorciados

A cafeicultura, em regiões tropicais, poderá ser ameaçada pelas mudanças climáticas futuras e pelo aquecimento global. O aumento de temperatura estimula mais a respiração e a fotorrespiração do que a fotossíntese, devido à redução na afinidade da RuBisCO com CO<sub>2</sub> e na solubilidade do CO<sub>2</sub> em relação a O<sub>2</sub>. Assim, a taxa relativa de carboxilação reduz quando comparada à de oxigenação, bem como a assimilação de carbono (Ainsworth e Rogers, 2007).

Rodrigues et al. (2016a), estudando a influência do aumento da temperatura e do dióxido de carbono sobre o desenvolvimento e fisiologia de cafeeiros, concluíram que, em condições normais de [CO<sub>2</sub>], temperaturas acima de 37°C prejudicam o desenvolvimento do cafeeiro conilon. Danos irreversíveis à fotossíntese são atingidos em temperaturas extremas de 42°C. O melhor desempenho metabólico das plantas foi observado a 31°C, evidenciando que o

aumento na temperatura exerce forte influência sob o desenvolvimento do cafeeiro conilon.

Nos cultivos de cafeeiro a pleno sol, as folhas ficam expostas à alta radiação solar e ocorre a absorção de muito mais energia do que a planta realmente utiliza no processo fotossintético. Essa condição pode elevar muito a temperatura foliar que, em alguns casos, pode alcançar temperaturas maiores que 40°C (Camargo, 2010). Além disso, o estresse microclimático por excesso de luz absorvida, promove o processo de fotoinibição, o que restringe o crescimento da planta (Ivanov et al., 2008).

A arborização pode ser uma estratégia para melhorar as condições microclimáticas do cafezal, pois além do efeito direto na redução da radiação, ela altera o microclima e o balanço hídrico da lavoura (Gomes et al., 2008, Siles et al., 2010). O sombreamento reduz a irradiância incidente e o déficit de pressão de vapor entre a copa e a atmosfera, o que pode favorecer a eficiência do uso da água do cafeeiro e minimizar a ocorrência da escaldadura (Ricci et al., 2011).

As variações na disponibilidade de luminosidade em ambientes sombreados promovem adequações do aparelho fotossintético das plantas para obtenção de maior eficiência na absorção e transferência de energia para os processos fotossintéticos (Souza et al., 2011). As plantas sombreadas, com boas condições nutricionais, normalmente apresentam folhas com elevado teor de clorofilas totais por unidade de massa, de forma a aumentar sua capacidade de absorção de luz (Gurevitch et al., 2009).

Plantas sombreadas tendem a apresentar maior concentração de clorofila *b*, em relação à clorofila *a*. O aumento da clorofila *b* nas folhas submetidas à baixa luminosidade é uma característica importante de adaptabilidade vegetal, porque ela capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*. É justamente a clorofila *a* que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (Ruberti et al., 2012).

Quando o sombreamento aumenta, a relação entre clorofila *a* e *b* diminui, já que a concentração de clorofila *b* é superior, permitindo, assim, que as plantas maximizem a captura de luz, resultando em alterações nas taxas fotossintéticas (Dalmolin et al., 2015; Araújo et al., 2016).

A fotossíntese contribui com 90% da formação da matéria seca total da planta, sendo que a taxa fotossintética é influenciada pela temperatura, radiação solar, manejo, disponibilidade hídrica, nutrição, idade da planta e espécie (Fortes et al., 2009). Desta forma, é possível que o sombreamento proporcionado por outras espécies em consórcio, possa mitigar os estresses ambientais (Junior et al., 2012), aumentar as taxas fotossintéticas e favorecer a fixação de carbono, quando comparado com plantas de cafeeiro cultivadas a pleno sol.

### 2.5.2 Morfologia de plantas em sistemas consorciados

No Brasil, várias espécies vegetais são adotadas em sistemas consorciados associados com café, como as florestais, o ingazeiro e a grevilea (Salgado et al., 2005), a seringueira (Nascimento et al., 2006), e o Cedro Australiano (Oliosi et al., 2016); e as frutíferas, bananeira (Pezzopane et al., 2007a, 2007b, Araújo et al., 2015), macadâmia (Pezzopane et al., 2010, Perdoná et al., 2015), mamoeiro (Silva et al., 2013) e o coqueiro anão (Pezzopane et al., 2011).

Algumas pesquisas revelam que o sombreamento em sistemas consorciados não exerce influência sobre o crescimento de plantas. Todavia, esse é o parâmetro mais utilizado para avaliar o efeito do sombreamento, uma vez que em menor incidência luminosa, o cafeeiro tende a alongar os ramos para interceptar a luz (Tatagiba et al., 2010).

Em consórcio com bananeira e *Grevillea robusta*, a redução da irradiância em até 27% foi irrelevante para o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro (Pezzopane et al., 2005). Segundo Araújo et al. (2015), o sombreamento proporcionado por bananeiras do subgrupo Terra não induziu o aumento do comprimento médio dos internódios, ramos plagiotrópicos jovens e ramos ortotrópicos dos cafeeiros, bem como da área foliar nas estações verão e inverno.

Em contrapartida, 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 também alterações no crescimento e desenvolvimento da planta.

Bote e Struik (2011) constataram que a interceptação da radiação solar em cafeeiros promove modificações morfológicas no crescimento das plantas. Olioise

et al. (2016) constataram maior crescimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, e maior expansão foliar em cultivo sombreado; apesar disso, o número de nós por ramificação e os rendimentos foram semelhantes entre os tratamentos.

Trabalhando com cafezais em sistema de consórcio com bananeira prata-anã, Pezzopane et al. (2007b) constataram que no cultivo consorciado, especialmente nos cafeeiros mais próximos às bananeiras, ocorreram alterações significativas no crescimento vegetativo e no desenvolvimento fenológico, sendo que as plantas de cafeeiro consorciado apresentaram maior altura e ramos plagiotrópicos de maior comprimento, quando comparadas ao cultivo de café a pleno sol.

Sendo assim, o sucesso do consórcio depende do tipo e duração, densidade das plantas, época de sombreamento, condições climáticas vigentes, genótipo adotado, idade da planta, entre outros fatores (Morais et al., 2008). Por essa razão, é imprescindível a realização de estudos que visem determinar esses fatores na cultura principal e secundária.

### 3 TRABALHOS

#### 3.1 FISILOGIA DO CAFEEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

##### RESUMO

Danos irreversíveis ao aparato fotossintético do cafeeiro são observados em temperaturas extremas durante o dia. Manter o cafeeiro sob sombreamento moderado no início do crescimento vegetativo pode mitigar os efeitos do clima sobre a cultura, favorecendo a atividade fotossintética. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos diferentes espaçamentos da bananeira 'Terra', nos aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon - 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201. O experimento foi conduzido em campo, no município de Itaguaçu-ES, a 220 m de altitude. O delineamento foi de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Foram seis arranjos espaciais no consórcio entre o cafeeiro, a bananeira e a testemunha (cafeeiro em monocultivo). A lavoura cafeeira foi formada por cinco clones (201, 202, e 203 da 'Jequitibá Incaper'; e 7V e 12 V 'Vitória Incaper 8142') e implantada em dezembro de 2018. As bananeiras foram implantadas em janeiro de 2019. Foram realizadas as seguintes análises no cafeeiro: determinação da temperatura e umidade relativa do ar, temperatura foliar, déficit de pressão de vapor do ar e medição das trocas gasosas foliares. Tais análises foram realizadas nas estações do verão e inverno do segundo ano de cultivo. O sombreamento proporcionado pelo cultivo da bananeira no espaçamento 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro, proporcionou uma maior  $A_{net}$  no cafeeiro nas estações do verão e inverno. Na estação do verão o consórcio entre o cafeeiro e a bananeira 'Terra' não reduziu  $A_{net}$  do cafeeiro, enquanto no inverno,  $A_{net}$  do cafeeiro foi reduzida quando consorciado com a bananeira no espaçamento de 7,2 x 4,5 m,

plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro. O consórcio entre o cafeeiro e a bananeira 'Terra' não possibilitou a formação de um microclima com menor temperatura e maior umidade relativa do ar.

**Palavras-chave:** fotossíntese, *Coffea canephora*, espaçamento, sombreamento,  $DPV_{ar}$ .

## ABSTRACT

Irreversible damage to the coffee photosynthetic apparatus is observed at supra-optimal temperatures during the day. Growing the coffee tree under moderate shade at the beginning of vegetative growth can mitigate the effects of climate on the plants, contributing to photosynthetic activity. The objective of this work was to evaluate the influence of the different spacings of the 'Terra' banana tree, on the physiological aspects of the conilon coffee - 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201. The experiment was carried out in the field, in Itaguaçu-ES, at 220 m high. The design was randomized blocks, with seven treatments and four repetitions. There were six spatial arrangements in the intercropping between coffee and banana and the control (coffee in monoculture). The coffee crop consisted of five clones (201, 202, and 203 of 'Jequitibá Incaper'; and 7V and 12V 'Vitória Incaper 8142') and transplanted in December 2018. The banana trees were planted in January 2019. The following analyzes were carried out on the coffee tree: determination of air temperature and relative humidity, leaf temperature, air vapor pressure deficit and measurement of leaf gas exchange. Such analyzes were carried out in the summer and winter seasons of the second year of cultivation. The shading provided by banana cultivation at a spacing of 7.2 x 4.5 m, planted 3.6 m away from the coffee tree, provided a greater net photosynthetic rate ( $A_{net}$ ) in the coffee tree in the summer and winter seasons. In the summer season, intercropping between coffee and 'Terra' banana did not decrease  $A_{net}$  in the coffee, while in winter,  $A_{net}$  in the coffee was reduced when intercropped with banana at a spacing of 7.2 x 4.5 m, planted at 1.2 m away from the coffee tree. The intercropping between coffee and banana 'Terra' did not allow the formation of a microclimate with lower temperature and higher relative humidity.

**Keywords:** photosynthesis, *Coffea canephora*, spacing, shading,  $VPD_{air}$ .

## INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) é um dos produtos primários mais valiosos no comércio mundial, representando uma das atividades agrícolas mais importantes para o Brasil e, conseqüentemente, para o estado do Espírito Santo, onde se concentra a maior área destinada ao plantio da cultura no país. A cultura do café conilon também é responsável pela geração da maior parte da renda e dos empregos do meio rural (Conab, 2022; Taques e Dadalto, 2015).

O nível tecnológico empregado no cafeeiro vem contribuindo com o aumento da produtividade da cultura, acrescentando cerca de 52% e 95% na produtividade média do cafeeiro arábica e conilon, respectivamente, nos últimos 10 anos (Conab, 2021). Dentre os avanços tecnológicos pode-se destacar o adensamento das lavouras, uma técnica que consiste no aumento do número de plantas por área e, conseqüentemente, no aumento da produtividade média da cultura (Pereira et al., 2011; Valadares et al., 2013; Andrade et al., 2014). No entanto, o adensamento tem como consequência, o aumento do custo inicial para a implantação da lavoura (Augusto et al., 2006) e, com isso, os cafeicultores não são estimulados a aderir à técnica.

Uma alternativa para viabilizar a implantação de uma lavoura de cafeeiro conilon adensado é o consórcio com culturas de ciclo rápido. O consórcio é uma prática financeiramente acessível para cafeicultores familiares e apresenta vantagens para o agricultor, dentre as quais pode-se citar: o sombreamento moderado que melhora a sustentabilidade do ambiente, as características do solo, permite maior armazenamento e disponibilidade de água, reduz a temperatura do solo e favorece o microclima (Padovan et al., 2015; Thomazini et al., 2015; Araújo et al., 2015). É possível que o consórcio colabore com o crescimento inicial das mudas de cafeeiro pelo microclima favorável propiciado pelas plantas de bananeira, sem que haja prejuízos aos aspectos vegetativos, fisiológicos e produtivos do cafeeiro.

A cultura da bananeira (*Musa* spp.) pode ser uma opção viável no consórcio com cafeeiro conilon (Araújo et al., 2015). Poucos estudos foram realizados a respeito do consórcio entre cafeeiro conilon e bananeira 'Terra'.

Nenhum trabalho na literatura abordou o consórcio de culturas com o cafeeiro conilon adensado.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar a influência dos diferentes espaçamentos da bananeira 'Terra', nos aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon adensado - 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido no período de setembro de 2018 a março de 2021, no distrito de Itaçu, situado no município de Itaguaçu (19°42'57"S e 40°46'42"W e 220 m de altitude), região noroeste do estado do Espírito Santo. De acordo com a classificação de Köppen, a área de estudo está localizada em uma região caracterizada como tropical úmido (Aw) e apresenta temperatura média de 23,5°C, pluviosidade média anual de 1201 mm e topografia ondulado-acidentada.

### Caracterização e material vegetativo da lavoura

A lavoura foi implantada em dezembro de 2018, no sentido Leste-Oeste, em um espaçamento adensado de 2,4m x 0,8m, com cinco clones (201, 202, e 203 da 'Jequitibá Incaper'; e 7V e 12 V 'Vitória Incaper 8142'). As plantas foram mantidas sobre irrigação, do tipo gotejamento, ao longo de todo o experimento. As adubações e as práticas culturais foram realizadas de acordo com as recomendações de Ferrão et al. (2017), sendo estas as mais usuais para a cafeicultura capixaba.

A bananeira foi implantada em janeiro de 2019, utilizando mudas do tipo "chifre" obtidas de produtores de bananas da região. A data de plantio foi definida em função do planejamento de colheita das frutas, no período de maior preço de mercado, em função de levantamentos históricos de preços.

A lavoura foi formada por um material genético do grupo AAB, subgrupo Terra, cultivar 'Terra'. A lavoura de banana teve irrigação independente, do tipo gotejamento. As adubações e práticas culturais foram realizadas seguindo as orientações de Trindade et al. (2000).

#### Delineamento estatístico e desenho experimental

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições (Figura 1). Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais no consórcio entre o cafeeiro e a bananeira, mais a testemunha, sendo:

T1 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro;

T2 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro;

T3 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro;

T4 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro;

T5 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro;

T6 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro;

T7 – cafeeiro em monocultivo, no espaçamento de 2,4 x 0,80 m.

A parcela experimental de cada repetição foi composta por 28 metros, sendo considerados úteis os 12 metros centrais.

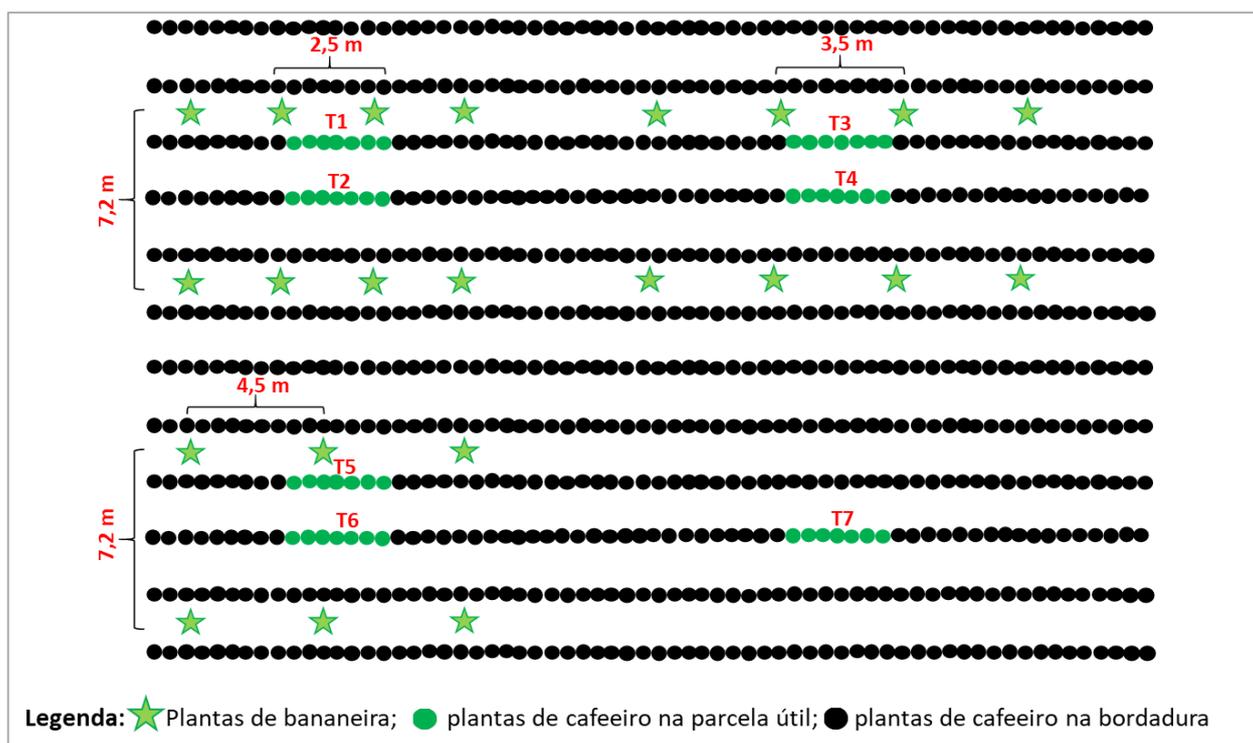


Figura 1. Desenho experimental da distribuição dos tratamentos em um bloco experimental.

### Características microclimáticas coletadas

As condições microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação global e vento) foram monitoradas e coletadas diariamente por uma estação meteorológica *Watchdog 2000* (*Spectrum Technologies, Plainfield, IL, USA*), ao longo de todo o experimento. Além disso, foi realizada a caracterização microclimática ao longo do dia (entre 08:00 e 18:00 horas) em cada tratamento. Para isso, foram coletados dados de temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), utilizando o *data logger HOBO U12-*, no mesmo dia das análises das trocas gasosas foliares.

### Características fisiológicas avaliadas

As avaliações das características fisiológicas foram realizadas em duas estações do ano, verão (fevereiro de 2020) e inverno (agosto de 2020).

## Trocas gasosas foliares

A taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ) e concentração intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ) foram medidos usando um IRGA portátil de sistema aberto (Li-Cor 6400xt, LI-COR, Lincoln, EUA), com suprimento externo de  $CO_2$  de  $400 \mu L L^{-1}$ , e  $1500 \mu mol m^{-2}s^{-1}$  de RFA. Em cada estação do ano, as medições foram realizadas em dia de pleno sol no período da manhã (08:00 às 10:00 horas) e ao meio-dia (12:00 às 14:00 horas) em folhas totalmente expandidas, que correspondem ao terceiro ou quarto par de folhas do ápice dos ramos plagiotrópicos, da parte superior da planta.

## Temperatura foliar e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar

A temperatura foliar ( $T_F$ ) e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{folha/ar}$ ) foram medidos juntamente com as trocas gasosas foliares, utilizando o mesmo equipamento.

## Análise estatística

Os dados referentes a caracterização microclimática, as trocas gasosas foliares, a  $T_F$  e  $DPV_{folha/ar}$  foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 5% de probabilidade e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o *software R* versão 4.0.3.

## RESULTADOS

A temperatura ( $T_{ar}$ ) e a umidade relativa do ar (UR), e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na estação do verão foram diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e os horários do dia (Figura 2). A  $T_{ar}$  foi similar entre os tratamentos até as 10:00 horas da manhã, com valor médio de 38,73°C (Figura 2A). Os valores máximos de  $T_{ar}$  entre 08:00 e 18:00 horas ocorreram no período das 10:00 às 13:00 horas, com um valor médio de 41,25°C. O valor mínimo (27,8°C) foi atingido às 18:00 horas. A  $T_{ar}$  não diferiu entre os tratamentos as 10:00 horas da manhã. No entanto, os tratamentos “cafeeiro em monocultivo, no espaçamento de 2,4 x 0,80 m” (T7) e “bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro” (T6), apresentaram os maiores valores de  $T_{ar}$  no período das 11:00 às 13:00 horas. Por outro lado, os tratamentos “bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro” (T1) e “bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro” (T3), apresentaram os menores valores de  $T_{ar}$  no período entre 12:00 e 13:00 horas. Já os tratamentos “bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro” (T4), “bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro” (T2) e “bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro” (T5), apresentaram valores intermediários. O T7 apresentou a maior amplitude térmica (17,89°C), seguido do T6 (17,53°C) > T3 (16,43°C) > T4 (15,12°C) > T2 (13,18°C) > T1 (12,92°C) > T5 (12,36°C).

Os tratamentos apresentaram valor de UR inverso ao da  $T_{ar}$ , como esperado (Figura 2B). Os valores mínimos de UR entre 08:00 e 18:00 horas ocorreram das 10:00 às 13:00 e às 15:00 horas, um valor médio de 39%. O valor máximo (69%) foi atingido entre 17:00 e 18:00 horas. O T7, T6 e T4 apresentaram os menores valores de UR entre 11:00 e 13:00 horas, horários de elevada  $T_{ar}$ . Por outro lado, o T1 e T3 apresentaram os maiores valores de UR das 12:00 às 13:00 horas.

A PAR apresentou flutuações ao longo do dia para todos os tratamentos, no entanto, manteve uma estabilidade das 08:00 às 15:00 horas, com declínio apenas a partir das 15:00 horas. No período mais quente do dia, compreendido entre 10:00 e 13:00 horas, a PAR não diferiu entre os tratamentos nos dois

primeiros horários, no entanto, às 12:00 horas o T6 apresentou o maior valor de PAR ( $597,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), o T4, T7, T5, T2, e T3 apresentaram valores medianos e o T1 apresentou o menor valor ( $429 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Já às 13:00 horas, o T6, T4 e T7 apresentaram os maiores valores de PAR ( $567,1$ ,  $557$  e  $538,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente), o T5, T2 e T1 valores medianos ( $467,8$ ,  $451$  e  $440 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente) e o T3 o menor valor ( $398,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

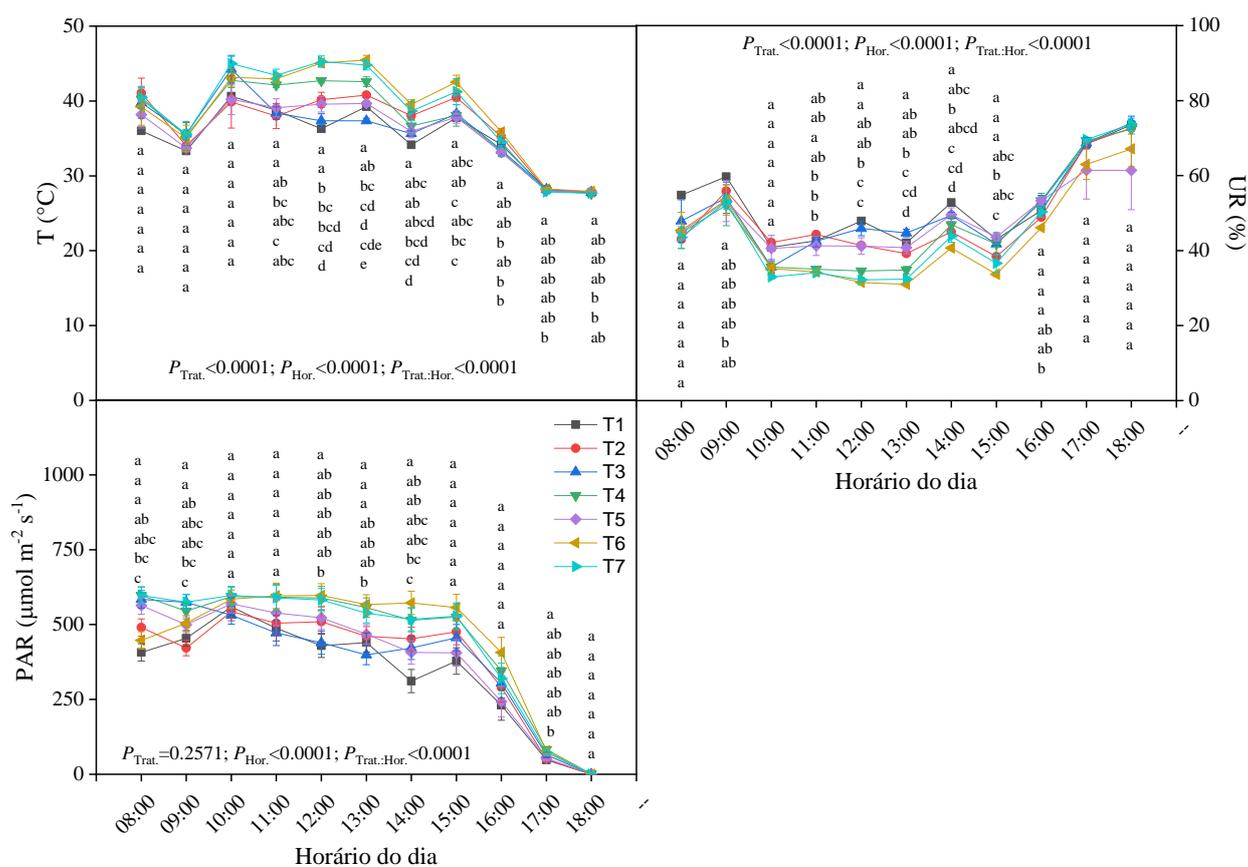


Figura 2. Valores médios  $\pm$  s.e. de temperatura ( $T_{ar}$ ), umidade relativa do ar (UR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) ao longo do dia (08:00 as 18:00) na estação do verão, em cafeeiro conilon consorciado com bananaeira 'Terra' em diferentes arranjos de plantio (T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7).  $P_{\text{Treat.}}$  = nível de significância para o fator tratamento;  $P_{\text{Hor.}}$  = nível de significância para o fator horário;  $P_{\text{Treat.}\cdot\text{Hor.}}$  = nível de significância para interação entre os fatores, tratamento e horário.

A  $T_{ar}$ , UR e PAR na estação do inverno também foram diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e os horários do dia, assim como na estação do verão (Figura 3).

O período mais quente do dia foi compreendido das 11:00 às 13:00 horas, com  $T_{ar}$  média de 35,2°C (Figura 3A), enquanto a menor  $T_{ar}$  entre 08:00 e 18:00 horas foi obtida às 18:00 horas. A  $T_{ar}$  não diferiu entre os tratamentos às 11:00 horas da manhã. No entanto, o T7 apresentou os maiores valores de  $T_{ar}$  no período das 12:00 às 15:00 horas; diferindo do T1, T2, T3 e T4 que ocorreu às 12:00 horas; do T1, T2 e T3 que ocorreu às 13:00 horas; do T1, T2, T3, T4 e T5 que foi às 14:00 horas; e do T1 às 15:00 horas. Por outro lado, o T1 apresentou os menores valores de  $T_{ar}$  das 12:00 às 15:00 horas, diferindo do T4 e T7 que foi às 12:00 horas, do T6 e T7 que ocorreu às 13:00 horas e do T7 às 14:00 e 15:00 horas. Assim como na estação do verão, o T7 apresentou a maior amplitude térmica (20,1°C), seguido do T6 (16,6°C) > T4 (16,1°C) > T5 (14,1°C) > T2 (13,9°C) > T3 (13,2°C) > T1 (12,3°C).

Os tratamentos apresentaram valor de UR inverso ao da  $T_{ar}$ , assim como observado na estação do verão (Figura 3B). Os valores mínimos de UR entre 08:00 e 18:00 horas, ocorreram no período das 12:00 às 13:00, com um valor médio de 41,85%, enquanto o máximo (72,1%) foi atingido no período entre 17:00 e 18:00 horas. O T7 apresentou os menores valores de UR entre 12:00 e 15:00 horas, diferindo do T1, T2, T3 e T4 que foi às 12:00 horas, do T1, T2 e T3 que ocorreu às 13:00 horas, do T1, T2, T3, T4 e T5 que foi às 14:00 horas e do T1 T3 e T4 às 15:00 horas.

A PAR apresentou flutuações ao longo do dia para todos os tratamentos, exceto para o T7 que foi estável até às 14:00 horas. A partir das 14:00 horas houve um declínio de PAR em todos os tratamentos, atingido valor próximo a zero às 17:00 horas. O T7 apresentou maiores valores de PAR no período das 08:00 às 10:00 horas e das 12:00 até 16:00 horas, diferindo do T2 e T4 que foi às 08:00 horas, do T1, T2, T4 e T6 às 09:00 horas, do T1 e T4 que ocorreu às 10:00 horas, do T1, T2 e T3 às 12:00 horas, do T3 às 13:00, do T1, T3 e T5 às 14:00 horas, do T1 e T3 às 15:00 horas e do T1 às 16:00 horas.

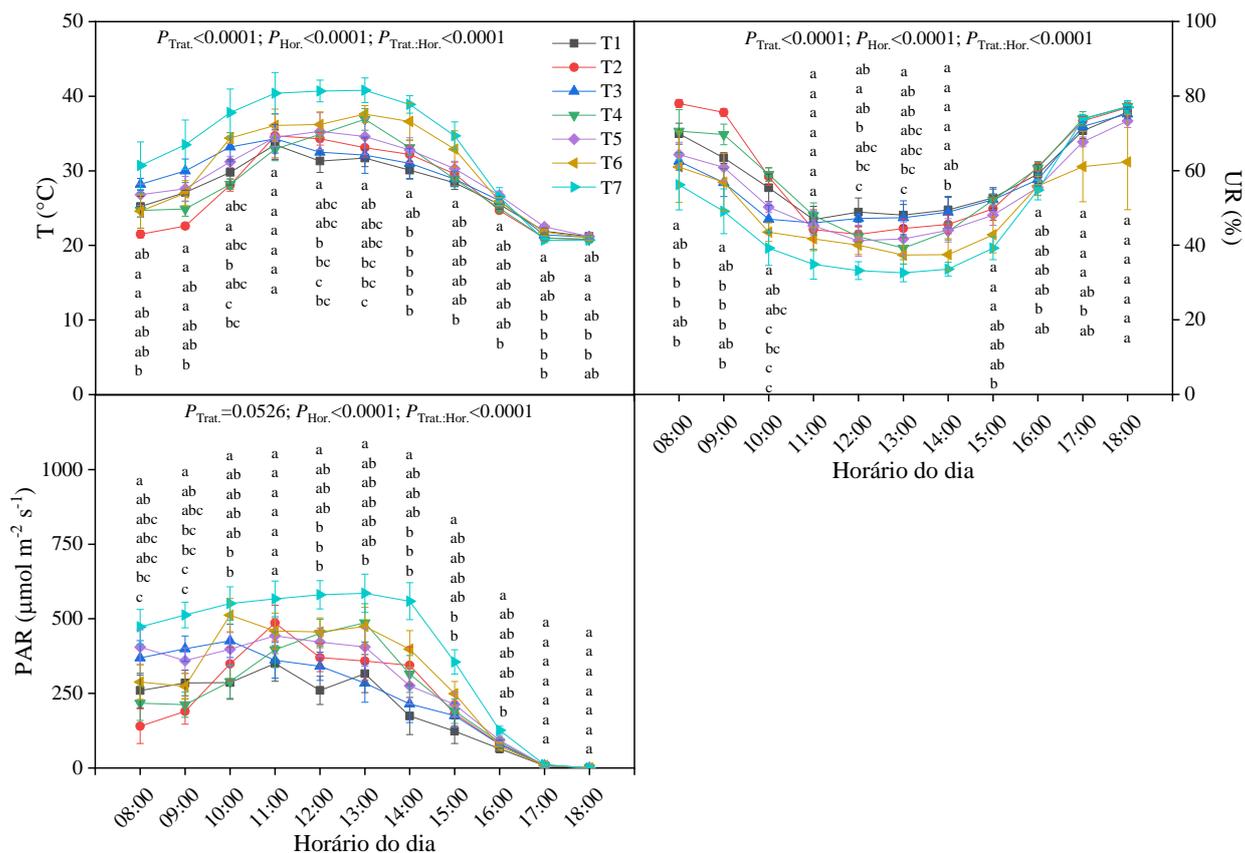


Figura 3. Valores médios  $\pm$  s.e. de temperatura ( $T_{ar}$ ), umidade relativa do ar (UR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) ao longo do dia (08:00 as 18:00) na estação do inverno em cafeeiro conilon consorciado com bananeira 'Terra' em diferentes arranjos de plantio (T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7).  $P_{Trat}$ = nível de significância para o fator tratamento;  $P_{Hor}$ = nível de significância para o fator horário;  $P_{Trat:Hor}$ = nível de significância para interação entre os fatores, tratamento e horário.

As variáveis relacionadas às trocas gasosas foliares, taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração foliar ( $E$ ) e concentração intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ), ao déficit de pressão de vapor do ar ( $DPV_{ar}$ ) e à temperatura foliar ( $T_{Folha}$ ), coletados na estação do verão, foram diferentes ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos e horários (Tabela 1).

O T1 e T6 apresentaram uma maior  $A_{net}$  no horário da manhã, seguidos pelo T3, T4, T2, T7 e T5. O T3 foi o tratamento que apresentou maior  $A_{net}$  ao meio-dia, nos demais tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7) ocorreu um decréscimo em  $A_{net}$  do horário da manhã para o meio-dia. No entanto, o decréscimo do T3 foi menor (58%) quando comparado com o T1 (85%), T2 (95%), T4 (76%), T5 (91%), T6 (76%) e T7 (82%). Os tratamentos apresentaram resposta similar de  $g_s$  e  $E$  à

$A_{net}$ , isso é, houve um decréscimo em ambas as variáveis do horário da manhã para o meio-dia. O T3 apresentou novamente menor decréscimo, agora em  $g_s$  e  $E$ , que foi de 48% e 29%, respectivamente, enquanto o decréscimo médio de  $g_s$  e  $E$  para os demais tratamentos foi de 80% e 61%, respectivamente. O T3 não apresentou variação de  $C_i$  entre os horários da manhã e meio-dia, todavia, nos demais tratamentos houve um aumento nesse horário, exceto para o T7, que apresentou uma redução de  $C_i$  ao meio-dia.

Em todos os tratamentos houve um aumento do  $DPV_{ar}$  e  $T_{Folha}$  no horário da manhã até o meio-dia. No horário da manhã o T2 apresentou o maior  $DPV_{ar}$ , seguido pelo T5, T6, T4, T7, T3 e T1. Ao meio-dia o  $DPV_{ar}$  também foi maior no T2 e menor no T6 e T3. Já a  $T_{Folha}$  foi maior para o T5 no horário da manhã, e para o T4 e T1 ao meio-dia. Por outro lado, o T7 apresentou a menor  $T_{Folha}$ , não diferindo estatisticamente do T2, T3 e T6.

Tabela 1. Valores médios  $\pm$  s.e. na estação do verão nos períodos da manhã e meio-dia de taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração foliar ( $E$ ), concentração intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ), déficit de pressão de vapor do ar ( $DPV_{ar}$ ) e temperatura foliar ( $T_{Folha}$ ) em cafeeiro conilon consorciado com bananeira 'Terra' em diferentes arranjos de plantio (tratamentos)

Variáveis	Tratamentos								$P_{valor} \leq 0,05$		
	Período	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Per.	Trat.	Int.
$A_{net}$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Manhã	21,90 $\pm$ 0,57 aA	15,00 $\pm$ 1,46 bcA	18,06 $\pm$ 1,05 bA	17,24 $\pm$ 0,77 bA	14,02 $\pm$ 0,37 cA	21,43 $\pm$ 0,32 aA	14,15 $\pm$ 0,28 cA			
	Meio-dia	3,25 $\pm$ 0,046 dB	0,75 $\pm$ 0,005 gB	7,59 $\pm$ 0,005 aB	4,07 $\pm$ 0,002 cB	1,21 $\pm$ 0,0005 fB	5,01 $\pm$ 0,002 bB	2,55 $\pm$ 0,05 eB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Média	12,57 $\pm$ 0,31 a	7,87 $\pm$ 0,73c	12,82 $\pm$ 0,53 a	10,65 $\pm$ 0,39 b	7,61 $\pm$ 0,18 c	13,22 $\pm$ 0,16 a	8,35 $\pm$ 0,16 c			
$g_s$ ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Manhã	0,30 $\pm$ 0,006 aA	0,16 $\pm$ 0,02 cA	0,23 $\pm$ 0,01 bA	0,25 $\pm$ 0,002 bA	0,16 $\pm$ 0,008 cA	0,23 $\pm$ 0,0003 bA	0,29 $\pm$ 0,001 aA			
	Meio-dia	0,05 $\pm$ 0,005 cB	0,01 $\pm$ 0,00006 eB	0,12 $\pm$ 0,005 aB	0,06 $\pm$ 0,002 cB	0,04 $\pm$ 0,001 dB	0,08 $\pm$ 0,002 bB	0,04 $\pm$ 0,0001 dB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Média	0,18 $\pm$ 0,0055 a	0,09 $\pm$ 0,01 b	0,17 $\pm$ 0,007 a	0,16 $\pm$ 0,002 a	0,10 $\pm$ 0,0045 b	0,15 $\pm$ 0,001 a	0,1662 $\pm$ 0,00055 a			
$E$ ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Manhã	4,43 $\pm$ 0,13 abA	3,42 $\pm$ 0,06 cA	4,76 $\pm$ 0,18 aA	4,45 $\pm$ 0,16 abA	2,83 $\pm$ 0,006 dA	4,13 $\pm$ 0,02 bA	4,62 $\pm$ 0,03 aA			
	Meio-dia	1,95 $\pm$ 0,01 cB	0,53 $\pm$ 0,001 fB	3,38 $\pm$ 0,01 aB	2,27 $\pm$ 0,01 bB	1,26 $\pm$ 0,01 dB	2,19 $\pm$ 0,04 bB	1,20 $\pm$ 0,003 eB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Média	3,19 $\pm$ 0,07 b	1,97 $\pm$ 0,03 d	4,07 $\pm$ 0,09 a	3,36 $\pm$ 0,08 b	2,05 $\pm$ 0,008 d	3,16 $\pm$ 0,03 b	2,91 $\pm$ 0,02 c			
$C_i$ ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	Manhã	251,68 $\pm$ 1,53 bB	230,25 $\pm$ 1,78 cdB	267,35 $\pm$ 1,56 bA	265,71 $\pm$ 1,64 bB	241,45 $\pm$ 1,71 cB	233,11 $\pm$ 1,70 dB	294,01 $\pm$ 1,60 aA			
	Meio-dia	277,99 $\pm$ 3,35 cA	292,12 $\pm$ 3,52 bA	266,38 $\pm$ 2,88 cA	278,97 $\pm$ 3,16 bcA	323,75 $\pm$ 3,21 aA	276,31 $\pm$ 2,89 cA	277,00 $\pm$ 2,96 cB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Média	264,83 $\pm$ 2,44 c	261,18 $\pm$ 2,65 cd	266,87 $\pm$ 2,22 c	272,34 $\pm$ 2,40 c	282,60 $\pm$ 2,46 b	254,71 $\pm$ 2,29 d	285,51 $\pm$ 2,28 a			
$DPV_{ar}$ (kPa)	Manhã	1,53 $\pm$ 0,05 cB	1,78 $\pm$ 0,05 aB	1,56 $\pm$ 0,04 bcB	1,64 $\pm$ 0,02 abcB	1,71 $\pm$ 0,02 abB	1,70 $\pm$ 0,02 abcB	1,60 $\pm$ 0,001 bcB			
	Meio-dia	3,35 $\pm$ 0,01 bA	3,52 $\pm$ 0,004 aA	2,89 $\pm$ 0,02 deA	3,16 $\pm$ 0,02 cA	3,21 $\pm$ 0,001 cA	2,89 $\pm$ 0,01 eA	2,97 $\pm$ 0,02 dA	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Média	2,44 $\pm$ 0,03 b	2,65 $\pm$ 0,03 a	2,22 $\pm$ 0,03 c	2,40 $\pm$ 0,02 b	2,46 $\pm$ 0,01 b	2,29 $\pm$ 0,01 c	2,28 $\pm$ 0,01 c			
$T_{Folha}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Manhã	29,88 $\pm$ 1,37 abB	30,17 $\pm$ 0,71 abB	29,55 $\pm$ 1,08 abB	29,47 $\pm$ 1,07 abB	30,88 $\pm$ 0,28 aB	29,73 $\pm$ 0,77 abB	28,40 $\pm$ 0,82 bB			
	Meio-dia	35,77 $\pm$ 0,50 aA	34,51 $\pm$ 1,55 abA	35,82 $\pm$ 0,18 abA	35,71 $\pm$ 0,64 aA	35,42 $\pm$ 0,65 abA	36,17 $\pm$ 0,82 abA	34,91 $\pm$ 0,59 bA	<0,0001	0,001	0,0047
	Média	32,82 $\pm$ 0,36 a	32,4 $\pm$ 0,54 ab	32,6 $\pm$ 0,45 ab	32,6 $\pm$ 0,31 a	33,1 $\pm$ 0,27 a	32,9 $\pm$ 0,67 ab	31,6 $\pm$ 0,34 b			

As médias seguidas de letras minúscula na linha e maiúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As variáveis relacionadas às trocas gasosas foliares, taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração foliar ( $E$ ) e concentração intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ), ao déficit de pressão de vapor do ar ( $DPV_{ar}$ ) e à temperatura foliar ( $T_{Folha}$ ), coletados na estação do inverno foram diferentes ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos e horários (Tabela 2), assim como ocorreu na estação do verão. No entanto, os tratamentos apresentaram respostas diferentes da estação do verão para a do inverno.

O T6 apresentou uma maior  $A_{net}$  no horário da manhã, seguido pelo T2, T1, T7, T4, T3, T5. Não houve diferença em  $A_{net}$  ao meio-dia entre os tratamentos, embora todos apresentaram decréscimo na parte da manhã até meio-dia. No entanto, o T6 apresentou maior decréscimo de  $A_{net}$  ao meio-dia (80%) em relação aos demais tratamentos [T1 (62%), T2 (71%), T3 (68%), T4 (74%), T5 (65%) e T7 (68%)].

Os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T7 apresentaram decréscimo de  $g_s$  ao meio-dia, se comparado ao horário da manhã. Não houve variação para o T5 e T6. No horário da manhã o T2 apresentou maior  $g_s$  ( $0,1 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), seguido pelo T6 com  $g_s$  mediano e, posteriormente, pelos demais tratamentos que apresentaram os menores valores. O T5 e T7 apresentaram os maiores valores de  $g_s$  ao meio-dia, enquanto o T1, T2, T3 e T6 apresentaram valores medianos, e o T4 o menor valor.

Os tratamentos T2, T4, T6 e T7 não apresentaram variação de  $E$  em ambos os horários do dia. Por outro lado, houve um aumento de  $E$  no T1 e T5, e um decréscimo no T3, ao meio-dia. No horário da manhã,  $E$  foi maior no T2, T5, T3 e T7, seguidos pelo T6, que apresentou valor mediano e, posteriormente, pelo T1 e T4 que apresentaram menor  $E$ . Destaca-se que houve redução em  $C_i$  no T2 e T4, na parte da manhã até meio-dia, também ocorreu um aumento no T1, T5, T6 e T7, enquanto o T3 não apresentou variação entre os horários.

Em todos os tratamentos houve um aumento do  $DPV_{ar}$  e  $T_{Folha}$  na parte da manhã até o meio-dia. Não houve diferença no  $DPV_{ar}$  entre os tratamentos no horário da manhã. No entanto, T3 e T4 apresentaram maior  $DPV_{ar}$  ao meio-dia, seguidos pelo T6, T5, T2 e T7 com  $DPV_{ar}$  moderado, e pelo T1 que apresentou o menor  $DPV_{ar}$ . Já a  $T_{Folha}$  foi maior para o T7 no horário da manhã, seguido pelo T3, T6, T4 e T5 com  $T_{Folha}$  moderada e, posteriormente pelo T1 com a menor  $T_{Folha}$  no horário da manhã. No entanto, a maior  $T_{Folha}$  ao meio-dia foi encontrada nos tratamentos T4 ( $38,14^\circ\text{C}$ ) e T3 ( $38,07^\circ\text{C}$ ), respectivamente, seguidos pelo T6, T7,

T5 e T2 com  $T_{\text{Folha}}$  moderada e pelo T1 que apresentou a menor  $T_{\text{Folha}}$ . Ressalta-se que o T7 apresentou o menor acréscimo de  $T_{\text{Folha}}$  na parte da manhã até o meio-dia (10%), em comparação ao demais tratamentos [T1 (22%), T2 (25%), T3 (27%) T4 (28%), T5 (21%) e T6 (27%)].

Tabela 2. Valores médios  $\pm$  s.e. na estação do inverno nos períodos da manhã e meio-dia de taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), eficiência no uso da água (EUA), concentração intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ), déficit de pressão de vapor do ar ( $DPV_{ar}$ ) e temperatura foliar ( $T_{Folha}$ ) em cafeeiro conilon consorciado com bananeira 'Terra' em diferentes arranjos de plantio (tratamentos) no período da manhã e meio-dia

Variáveis	Tratamentos								$P_{valor} \leq 0,05$		
	Período	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Per.	Trat.	Int.
$A_{net}$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Manhã	8,07 $\pm$ 0,39 bcA	8,87 $\pm$ 0,21 abA	7,19 $\pm$ 0,43 cA	7,62 $\pm$ 0,33 cA	4,89 $\pm$ 0,56 dA	11,77 $\pm$ 0,97 aA	7,95 $\pm$ 0,13 cA	<0,0001	<0,0001	0,0007
	Meio-dia	3,05 $\pm$ 0,41 aB	2,58 $\pm$ 0,31 aB	2,32 $\pm$ 0,43 aB	1,97 $\pm$ 0,40 aB	1,71 $\pm$ 0,47 aB	2,34 $\pm$ 0,57 aB	2,57 $\pm$ 0,23 aB			
	Média	5,5625 $\pm$ 0,29 ab	5,72 $\pm$ 0,20 ab	4,75 $\pm$ 0,31 b	4,79 $\pm$ 0,27 b	3,30 $\pm$ 0,37 c	7,06 $\pm$ 0,57 a	5,26 $\pm$ 0,15 b			
$g_s$ ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Manhã	0,04 $\pm$ 0,004 bA	0,10 $\pm$ 0,01 aA	0,05 $\pm$ 0,006 bA	0,03 $\pm$ 0,005 bA	0,03 $\pm$ 0,007 bA	0,07 $\pm$ 0,01 abA	0,04 $\pm$ 0,002 bA	<0,0001	<0,0001	0,0005
	Meio-dia	0,03 $\pm$ 0,004 abB	0,03 $\pm$ 0,008 abB	0,02 $\pm$ 0,004 abB	0,01 $\pm$ 0,004 bB	0,04 $\pm$ 0,008 aA	0,04 $\pm$ 0,01 abA	0,03 $\pm$ 0,002 aB			
	Média	0,03 $\pm$ 0,003 bc	0,06 $\pm$ 0,006 a	0,03 $\pm$ 0,004 bc	0,02 $\pm$ 0,003 c	0,04 $\pm$ 0,006 bc	0,05 $\pm$ 0,009 ab	0,04 $\pm$ 0,002 b			
$C_i$ ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	Manhã	95,91 $\pm$ 7,65 dB	200,84 $\pm$ 8,46 abA	162,78 $\pm$ 11,37 bcA	218,35 $\pm$ 11,90 aA	132,28 $\pm$ 8,95 cB	192,42 $\pm$ 8,14 abB	134,98 $\pm$ 11,12 cB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Meio-dia	208,69 $\pm$ 8,33 bA	161,20 $\pm$ 8,24 cB	173,92 $\pm$ 11,52 bcA	161,12 $\pm$ 11,19 cB	248,31 $\pm$ 9,82 aA	252,85 $\pm$ 8,39 aA	264,19 $\pm$ 12,78 aA			
	Média	152,30 $\pm$ 6,37 c	181,02 $\pm$ 6,59 b	168,35 $\pm$ 8,61 bc	189,74 $\pm$ 8,68 b	190,30 $\pm$ 7,26 b	222,63 $\pm$ 6,54 a	199,59 $\pm$ 8,97 ab			
EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )	Manhã	8,24 $\pm$ 0,58 bA	4,39 $\pm$ 0,33 dA	6,69 $\pm$ 0,53 bcA	14,26 $\pm$ 1,53 aA	8,15 $\pm$ 0,60 bA	5,45 $\pm$ 0,58 cdA	7,01 $\pm$ 0,64 bcA	<0,0001	0,315	<0,0001
	Meio-dia	2,55 $\pm$ 0,21 aB	3,28 $\pm$ 0,26 aB	2,68 $\pm$ 0,23 aB	2,47 $\pm$ 0,24 aB	2,54 $\pm$ 0,21 aB	2,29 $\pm$ 0,22 aB	2,36 $\pm$ 0,21 aB			
	Média	5,40 $\pm$ 0,31 b	3,84 $\pm$ 0,21 c	4,68 $\pm$ 0,29 bc	8,37 $\pm$ 0,77 a	5,35 $\pm$ 0,32	3,87 $\pm$ 0,31 c	4,69 $\pm$ 0,34 bc			
$DPV_{ar}$ (kPa)	Manhã	1,95 $\pm$ 0,17 aB	2,34 $\pm$ 0,18 aB	2,33 $\pm$ 0,14 aB	2,24 $\pm$ 0,20 aB	2,30 $\pm$ 0,17 aB	2,16 $\pm$ 0,25 aB	2,72 $\pm$ 0,26 aB	<0,0001	<0,0001	0,0002
	Meio-dia	3,58 $\pm$ 0,03 cA	3,74 $\pm$ 0,06 bcA	4,62 $\pm$ 0,03 aA	4,58 $\pm$ 0,04 aA	3,73 $\pm$ 0,06 bcA	3,90 $\pm$ 0,08 bA	3,68 $\pm$ 0,17 bcA			
	Média	2,77 $\pm$ 0,09 c	3,04 $\pm$ 0,09 bc	3,48 $\pm$ 0,07 a	3,41 $\pm$ 0,10 ab	3,01 $\pm$ 0,09 bc	3,03 $\pm$ 0,13 abc	3,20 $\pm$ 0,16 abc			
$T_{Folha}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Manhã	28,71 $\pm$ 0,09 bB	29,06 $\pm$ 0,20 bB	30,08 $\pm$ 0,95 abB	29,79 $\pm$ 0,84 abB	29,55 $\pm$ 0,41 abB	29,81 $\pm$ 0,54 abB	32,40 $\pm$ 0,99 aB	<0,0001	0,001	0,0238
	Meio-dia	35,62 $\pm$ 0,06 cA	36,30 $\pm$ 0,11 bA	38,07 $\pm$ 0,52 aA	38,14 $\pm$ 0,44 aA	35,77 $\pm$ 0,24 bcA	36,47 $\pm$ 0,32 abcA	35,58 $\pm$ 0,78 abcA			
	Média	32,16 $\pm$ 0,07 b	32,68 $\pm$ 0,12 a	34,07 $\pm$ 0,54 a	33,96 $\pm$ 0,48 a	32,66 $\pm$ 0,24 ab	33,14 $\pm$ 0,32 a	33,99 $\pm$ 0,63 ab			

As médias seguidas de letras minúscula na linha e maiúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

### Variação microclimática entre os tratamentos

A densidade do plantio da bananeira e a estação do ano interferiram diretamente no microclima formado em cada tratamento (Figura 1). O maior efeito do consórcio da bananeira com o cafeeiro (redução da  $T_{ar}$  e aumento de UR) foi encontrado nos horários mais quentes do dia, no verão foi das 10:00 às 13:00 horas e no inverno das 11:00 às 13:00 horas.

Na estação do verão, a  $T_{ar}$  e PAR foram maiores e a UR foi menor em todos os tratamentos, quando comparado ao inverno. No entanto, nos horários mais quentes do dia, em ambas as estações do ano, o T6 não possibilitou maior sombreamento do cafeeiro, quando comparado ao T7, uma vez que não houve redução de PAR (Figura 2 e 3). Como consequência, a  $T_{ar}$  e UR foram similares entre o T6 e o T7 nas duas estações do ano. Por outro lado, o sombreamento causado pela bananeira no T1 e T3, fez com que PAR fosse menor que no T7 nos horários mais quentes do dia, em ambas as estações do ano, o que resultou em menor  $T_{ar}$  e maior UR nos dois tratamentos. O T2 e T5 possibilitaram um sombreamento intermediário da bananeira sobre o cafeeiro nesses horários em ambas as estações do ano, o que resultou em uma menor redução de PAR e  $T_{ar}$ , se comparado ao T1 e T3. Por outro lado, o T4 possibilitou menor sombreamento da bananeira sobre o cafeeiro nos horários mais quentes do dia, em ambas as estações do ano, uma vez que PAR foi similar entre o T4 e o T7. No entanto, foi o suficiente para reduzir a  $T_{ar}$  das 12:00 às 13:00 horas na estação do verão, quando comparado ao T7.

### Resposta fotossintética do cafeeiro ao sombreamento e à estação do ano

As trocas gasosas foliares mudam durante o ciclo do desenvolvimento do vegetal, e dependem do curso anual e diário das flutuações ambientais em torno do vegetal (Larcher, 2000). Em ambas as estações do ano, os tratamentos apresentaram decréscimo de  $A_{net}$  ao meio-dia. Isso ocorreu em razão dos níveis

mais altos de irradiância sobre a folha no referido horário, o que aumentou a demanda evaporativa do ar ( $DPV_{ar}$ ), e induziu o fechamento estomático em resposta à perda excessiva de água pela transpiração (Kitano e Eguchi, 1993), independentemente do nível de sombreamento dos tratamentos (Tabela 1 e 2). Como consequência houve a redução da entrada do  $CO_2$  nas folhas e, portanto, a assimilação do  $CO_2$  ao meio-dia foi reduzida.

O T1 e T3 apresentaram menor  $T_{ar}$  e PAR em relação ao T7 nos horários mais quentes do dia, na estação do verão. Também apresentaram maior  $A_{net}$  ao meio-dia, quando comparado ao T7 (Tabela 1). Para aumentar seu potencial de fixação de carbono, as plantas sombreadas realizam certas modificações, como o desenvolvimento de folhas mais finas e maiores (Friend, 1984), com mais tilacoides por grana e mais grana por cloroplasto (Fahl et al., 1994), maior rendimento quântico da fotossíntese, menor ponto de compensação de luz e saturação de luz (Matos et al., 2009). Essas modificações permitem capturar e utilizar com eficiência a energia luminosa disponível para aumentar a produção de matéria seca (Assefa e Gobena, 2019). Além disso, o maior sombreamento das folhas do cafeeiro no T1 e T3, pode ter reduzido a intensidade luminosa sobre as plantas e, conseqüentemente, os níveis de fotoinibição. Por outro lado, o T7 teve maior exposição aos raios solares. Em situações que o dossel das plantas absorve mais fótons do que podem ser utilizados pela fotossíntese, ocorre a fotoinibição, avaliada por meio de uma diminuição na eficiência da conversão de energia dos fótons em ATP e NADPH e, conseqüentemente, em fotoassimilados (Demmig Adams e Adams, 1992). Isso fez com que as folhas desenvolvidas sob condições normais de luz (T7) apresentassem menor  $A_{net}$  que aquelas desenvolvidas à sombra (T1 e T3) (Marchiori et al., 2014).

A maior  $A_{net}$  do T3 ocorreu ao meio-dia, na estação do verão. Também foi influenciada pelo menor valor de  $DPV_{ar}$ , que permitiu uma menor queda de  $g_s$  e, como consequência, uma maior assimilação de  $CO_2$ . Era esperada também uma queda de  $A_{net}$  no T6 ao meio-dia na estação do verão, uma vez que a  $T_{ar}$ , UR e PAR foram similares ao T7. No entanto, o menor  $DPV_{ar}$  no T6 possibilitou menor queda de  $g_s$  ao meio-dia, em relação aos demais tratamentos, e, conseqüentemente, a queda de  $A_{net}$  foi menor que a do T7.

Na estação do inverno apenas o T2 e T6 apresentaram maior  $A_{net}$  no horário da manhã em relação ao T7. A baixa assimilação líquida do carbono no

cafeeiro tem sido relacionada principalmente às limitações difusivas, em vez de bioquímicas (Chaves et al. 2008; DaMatta et al. 2007), uma vez que o cafeeiro possui  $g_s$  altamente sensível às mudanças no  $DPV_{folha/ar}$  e diminui drasticamente com o aumento do  $DPV_{ar}$  (Barros et al., 1997; Silva et al., 2004; Ronquim et al., 2006; Chaves et al., 2008; Franck e Vaast, 2009), como verificado neste estudo. Portanto, houve maior limitação estomática à  $A_{net}$  na manhã do inverno do que na do verão para todos os tratamentos. Isso resultou em decréscimo de  $A_{net}$  na estação do inverno no horário da manhã. Também mostrou que a redução na exposição do cafeeiro aos raios solares, ocasionado pelas bananeiras, não impediu o aumento do  $DPV_{ar}$  entre as estações do ano e entre os horários do dia.

No verão, o decréscimo em  $g_s$  ao meio-dia não foi acompanhado pelo decréscimo em  $C_i$  no T1, T2, T3, T4, T5 e T6, indicando que também ocorreram limitações não estomáticas associadas à assimilação do  $CO_2$ . No entanto, o T3 apresentou um menor decréscimo de  $g_s$  ao meio-dia, em relação aos demais tratamentos, e  $C_i$  não variou entre os horários do dia. Esses fatores associados permitiram um menor decréscimo de  $A_{net}$  ao meio-dia no T3. Salienta-se que o T7 apresentou um decréscimo em  $A_{net}$  ao meio-dia, influenciado principalmente pela queda de  $g_s$ , uma vez que houve também queda em  $C_i$ . No entanto, na estação do inverno, além do decréscimo de  $g_s$ , ocorreu um aumento em  $C_i$ , indicando a ação de efeitos não estomáticos relacionados ao decréscimo de  $A_{net}$ . Tais efeitos podem ter sido associados ao aumento de  $T_{ar}$  e  $DPV_{ar}$  na estação do inverno, devido à redução na intensidade dos ventos. Temperaturas supra ótimas estão associadas à produção de ROS (Todorov et al., 2003; Guo et al., 2006), uma vez que podem causar a degradação de pigmentos fotossintéticos (Rodrigues et al., 2018). A nível fotossintético, as temperaturas supra ótimas mudam o uso da energia solar captada e a difusão do gás através do mesofilo (Lambers et al. 2008). Isso prejudica a atividade do ciclo de Calvin (Pastenes e Horton 1996), reduzindo a atividade da RuBisCO (Crafts-Brandner e Salvucci 2000; Rodrigues et al. 2016a) e, conseqüentemente, a  $A_{net}$  (Tabela 2). Além disso, as taxas de transpiração diminuem, reduzindo a perda de calor latente e aumentando a  $T_{Folha}$  (Ainsworth e Rogers 2007; DaMatta et al. 2010), como observado no T7, cujo aumento foi de 2,6 °C da estação do verão para o inverno.

A  $A_{net}$  foi mais limitada por  $g_s$  na estação do inverno, uma vez que os valores de  $g_s$  foram inferiores aos do verão, independente do horário do dia. Na

estação do inverno não houve diferença na  $A_{net}$  ao meio-dia entre os tratamentos. No entanto, no T5 e T6 o decréscimo de  $A_{net}$  ao meio-dia foi devido a fatores não estomáticos, considerando que não houve variação de  $g_s$  entre os horários do dia para ambos os tratamentos.

De modo geral, o cafeeiro apresentou comportamento distinto quanto às trocas gasosas foliares nas estações do ano, independentemente de ser consorciado com a bananeira ou em monocultivo.

Na estação do verão o T6, T3, T1 e T4, e no inverno o T6, permitiram uma melhor assimilação de  $CO_2$  quando comparados ao T7, isso é, o microclima formado pelo sombreamento da bananeira nestes tratamentos contribuiu para uma maior  $A_{net}$  do cafeeiro.

## CONCLUSÕES

O sombreamento proporcionado pelo cultivo da bananeira no espaçamento 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro (T6), proporcionou uma maior  $A_{net}$  no cafeeiro nas estações do verão e inverno.

O consórcio entre o cafeeiro e a bananeira 'Terra' nos espaçamentos 7,2 x 2,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro (T1); 7,2 x 2,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro (T2); 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro (T3); 7,2 x 3,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro (T4); e a 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro (T5) reduz a  $T_{ar}$  circundante ao cafeeiro das 12:00 às 13:00 horas na estação do verão.

O consórcio entre o cafeeiro e a bananeira 'Terra' nos espaçamentos 7,2 x 2,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro; 7,2 x 2,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro; e 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro, reduz a  $T_{ar}$  circundante ao cafeeiro das 12:00 às 14:00 horas na estação do inverno.

O aumento da densidade de plantio da bananeira 'Terra' em consórcio com o cafeeiro aumenta gradativamente o sombreamento do cafeeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ainsworth, E.A., Rogers, A. (2007) The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO<sub>2</sub>]: mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell & Environment*, 30:258-270.
- Andrade, W. E. B., Guimarães, P. T. G., Faquin, V., Guimarães, R. J. (2014) Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no noroeste Fluminense. *Coffee Science*, 9 (1):90-101.
- Araújo, A. V., Partelli, F. L., Oliveira, M. G., Pezzopane, J. R. M., Falqueto, A. R., Cavatte, P. C. (2015) Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. *Coffee Science*, 10 (2):214-222.
- Assefa, A., Gobena, A. (2019) Review on Effect of Shade Tree on Microclimate, Growth and Physiology of Coffee Arabica: In case of Ethiopia. *International Journal of Forestry and Horticulture*, 5 (3):31-46.
- Augusto, H.S., Martinez, H. E. P., Sampaio, N. F., Cruz, C. D., Pedrosa, A. W. (2006) Produtividade de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) sob espaçamentos adensados. *Revista Ceres*, 53 (308):539-547.
- Barros, R. S., da Se Mota, J. W., Da Matta, F. M., Maestri, M. (1997) Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. *Field Crops Research*, 54 (1):65-72.
- Chaves, A. R., Ten-Caten, A., Pinheiro, H. A., Ribeiro, A., DaMatta, F. M. (2008) Seasonal changes in photoprotective mechanisms of leaves from shaded and unshaded field-grown coffee (*Coffea arabica* L.). *Trees*, 22 (3):351-361.
- Conab, Companhia Nacional de Abastecimento – *Observatório agrícola Acompanhamento da safra brasileira - Café. V. 6 - Safra 2019 - N.1 - Primeiro levantamento - Janeiro de 2019*: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> em 01/02/2019 página mantida JOOMLA.
- Crafts-Brandner, S. J., Salvucci, M. E. (2000) Rubisco activase constrains the photosynthetic potential of leaves at high temperature and CO<sub>2</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97:13430-13435.

- DaMatta, F. M., Grandis, A., Arenque, B. C., Buckeridge, M. S. (2010) Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. *Food Research International*, 43 (7):1814-1823.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. (2007) Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19:485-510.
- Demmig-Adams, B., Adams III, W. W. (1992) Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43:599-626.
- Fahl, J. I., Carelli, M. C., Vega, J., Magalhaes, A. C. (1994) Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). *J. Horticultural Science*, 69:161-169.
- Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A, Verdin-Filho, A. C., Volpi, P. S. (2017) *Origem, Dispersão Geográfica, Taxonomia e Diversidade Genética de Coffea canephora*. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., DeMuner, L. H. (Org.). *Café Conilon*. 2ed.Vitoria: DCM/Incaper, 1:81-101.
- Franck, N., Vaast, P. (2009) Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. *Trees*, 23:761–769.
- Friend, D. C. (1984). Shade adaptation of photosynthesis in coffee arabica. *J. Photosynthesis Res.*, 5 (4):325-334.
- Guo, Y. P., Zhou, H. F., Zhang, L. C. (2006) Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. *Scientia Horticulturae*, 108 (3):260-267.
- Kitano, M., Eguchi, H. (1993) Dynamic analyses of water relations and leaf growth in cucumber plants under midday water deficit. *Biotronics*, 22:73-85.
- Lambers, H., Chapin, F. S., Pons, T. L. (2008) *Plant Physiological Ecology*. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 605p.
- Larcher, W. (2000) *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, 531p.

- Marchiori, P. E., Machado, E. C., Ribeiro, R. V. (2014) Photosynthetic limitations imposed by self-shading in field-grown sugarcane varieties. *Field Crops Research*, 155:30-37.
- Matos, F. S., Wolfgramm, R., Gonçalves, F. V., Cavatte, P. C., Ventrella, M. C., DaMatta, F. M. (2009) Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. *Environmental and Experimental Botany*, 67 (2):421-427.
- Padovan, M. P., Cortez, V. J., Navarrete, L. F., Navarrete, E. D., Deffner, A. C., Centeno, L. G., Munguía, M. R., Barrios, J. S., Vílchez-Mendoza, C., Vega-Jarquín, D., Costa, A. N. (2015) Root distribution and water use in coffee shaded with *Tabebuia rosea* Bertol and *Simarouba glauca* DC compared to full sun coffee in sub-optimal environmental conditions. *Agroforestry Systems*, 89 (5):857-868.
- Pastenes, C., Horton, H. (1996) Effect of high temperature on photosynthesis in beans II. CO<sub>2</sub> assimilation and metabolite contents. *Plant Physiology*, 112:1253-1260.
- Pereira, S. P., Bartholo, G. F., Baliza, D. P., Sobreira, F. M., Guimarães, R. J. (2011) Crescimento, produtividade e bialidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46 (2):152-160.
- Rodrigues, W. P., Martins, M. Q., Fortunato, A. S., Rodrigues, A. P., Smedo, J. N., Simões-Costa, M. C., ... Ramalho, J. C. (2016) Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. *Global Change Biology*, 22 (1):415-431.
- Rodrigues, W. P., Silva, J. R., Ferreira, L. S., Machado Filho, J. A., Figueiredo, F. A., Ferraz, T. M., ... Campostrini, E. (2018) Stomatal and photochemical limitations of photosynthesis in coffee (*Coffea* spp.) plants subjected to elevated temperatures. *Crop and Pasture Science*, 69 (3):317-325.
- Ronquim, J. C., Prado, C. H. B. A., Novaes, P., Fahl, J. I., Ronquim, C. C. (2006) Carbon gain in *Coffea arabica* during clear and cloudy days in the wet season. *Experimental Agriculture*, 42 (2):147-164.

- Silva, E. A., DaMatta, F. M., Ducatti, C., Regazzi, A. J., Barros, R. S. (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, 89 (2-3):349-357.
- Thomazini, A., Mendonça, E. S., Cardoso, I. M., Garbin, M. L. (2015) SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. *Geoderma Regional*, 5 (1):15-24.
- Todorov, D. T., Karanov, E. N., Smith, A. R., Hall, M. A. (2003) Chlorophyllase activity and chlorophyll content in wild type and eti 5 mutant of *Arabidopsis thaliana* subjected to low and high temperatures. *Biologia Plantarum*, 46 (4):633-636.
- Trindade, A. V., Borges, A. L., Souza, A. S., Oliveira, A. M. G., Matos, A. P., Almeida, C. O., Costa, D. C., Alves, E. J., Coelho, E. F., Dantas, J. L. L., Souza, J. S., Souza, L. S., Lima, M. B., Francelli, M., Meissner-Filho, P. E., Silva, S. O., Oliveira, S. L., Medine, V. M., Soares-Filho, W. S., Cordeiro, Z. J. M. (2000) *Banana Produção: Aspectos técnicos. Frutas no Brasil*. Embrapa – Brasília-DF: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, 143p.
- Valadares, S. V., Neves, J. C. L., Rosa, G. N. G. P., Martinez, H. E. P., Venegas, V. H. A., Lima, P. C. (2013) Produtividade e bienalidade da produção de cafezais adensados, sob diferentes doses de N e K. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48 (3):296-303.

### 3.2 CONILON ADENSADO CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA': UMA ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS E PRODUTIVAS

#### RESUMO

O adensamento entre plantas pode apresentar vantagens produtivas e melhor aproveitamento dos recursos naturais disponibilizados, mas por ter alto custo inicial, o consórcio com culturas de ciclo curto pode propiciar uma melhor rentabilidade das áreas cultivadas. O objetivo com este trabalho foi avaliar as respostas do crescimento, morfologia e produtividade do cafeeiro conilon adensado - 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201, consorciado em diferentes espaçamentos da bananeira 'Terra'. O experimento foi conduzido em campo, no município de Itaguaçu-ES, a 220 m de altitude. O delineamento foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Foram seis arranjos espaciais no consórcio entre o cafeeiro e a bananeira, e a testemunha (cafeeiro em monocultivo). A lavoura cafeeira foi formada por cinco clones (201, 202, e 203 da 'Jequitibá Incaper'; e 7V e 12 V 'Vitória Incaper 8142') e implantada em dezembro de 2018. As bananeiras foram implantadas em janeiro de 2019. Foram realizadas avaliações vegetativas e produtivas no cafeeiro e na bananeira 'Terra'. O consórcio não promoveu alterações na temperatura foliar e nem tão pouco, uma melhor condição ambiental para um possível aumento na produtividade de ambas as culturas. A bananeira 'Terra' não sofreu alterações em seu desenvolvimento vegetativo e produtivo, enquanto o cafeeiro apresentou variações entre os tratamentos. O consórcio entre o cafeeiro e a bananeira 'Terra' quando no espaçamento 7,2 x 3,5 m e plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro, proporcionou melhores condições produtivas para o cafeeiro. A bananeira, pode ser uma alternativa rentável para o produtor reduzir os custos iniciais da implantação do cafeeiro adensado.

**Palavras-chave:** adensamento, *Coffea canephora*, produtividade, espaçamento, nível tecnológico.

#### ABSTRACT

Density between plants can present productive advantages and better use of available natural resources, but due to its high initial cost, intercropping with short-cycle crops can provide better profitability of cultivated areas. The objective of this work was to evaluate the responses of growth, morphology and productivity of the densely packed conilon coffee tree - 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201, intercropped in different spacings of the 'Terra' banana tree. The experiment was carried out in the field, in the municipality of Itaguaçu-ES, at 220 m altitude. The design was randomized blocks, with seven treatments and four replications. There were six spatial arrangements in the consortium between coffee and banana, and the control (coffee in monoculture). The coffee crop was formed by five clones (201, 202, and 203 of 'Jequitibá Incaper'; and 7V and 12 V 'Vitória Incaper 8142') and implanted in December 2018. The banana trees were implanted in January 2019. Vegetative and productive evaluations in coffee and banana 'Terra'. The consortium did not promote changes in leaf temperature or even a better environmental condition for a possible increase in the productivity of both cultures. The 'Terra' banana tree did not change its vegetative and productive development, while the coffee tree showed variations between treatments. The consortium between the coffee tree and the 'Terra' banana tree, when spaced 7.2 x 3.5 m and planted 1.2 m away from the coffee tree, provided better productive conditions for the coffee tree. The banana tree can be a profitable alternative for the producer to reduce the initial costs of implanting the dense coffee tree.

**Keywords:** density, *Coffea canephora*, productivity, spacing, technological level.

## INTRODUÇÃO

Para o Brasil e o estado do Espírito Santo, o café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) representa uma das *commodity* mais valiosas no comércio agrícola, sendo uma das atividades mais importantes e de maior geração de renda e empregos do meio rural (Conab, 2022; Taques e Dadalto, 2015).

O nível tecnológico e a utilização de novas práticas culturais no cafeeiro vêm contribuindo com o aumento da produtividade da cultura, uma vez que permite diversas possibilidades de plantio (Conab, 2022; Filho; Bravim, Tragino, 2013). Nos últimos anos, a técnica do adensamento das lavouras cafeeiras tem sido utilizada em maior destaque, em relação aos espaçamentos tradicionais, com vantagens no aumento da produtividade por área, maior densidade de raízes, melhor aproveitamento da água no solo e de nutrientes entre os órgãos da planta (Bragança et al., 2009; DaMatta et al., 2007; Guarçoni, 2015).

Contudo, uma das principais desvantagens da implantação do cultivo adensado no cafeeiro, é o alto custo inicial, o que influencia a adesão à técnica, já que os produtores se tornam resistentes (Augusto et al., 2006). Uma alternativa para permitir a implantação do adensamento no cafeeiro e propiciar uma melhor rentabilidade das áreas cultivadas nas propriedades agrícolas, principalmente de base familiar, é o consórcio com culturas de ciclo curtos (Lima et al., 2020).

O consórcio entre duas culturas ou mais, reduz o risco do investimento, possibilitando uma segunda renda para o agricultor (Lima et al., 2020). Quando implantado adequadamente, o consórcio possibilita vantagens sobre o crescimento, produtividade e qualidade dos grãos de café. Algumas dessas vantagens são: redução da temperatura no microclima, manutenção da umidade relativa do ar, redução do índice de abortamento floral, e atuação como quebra-vento (Lima et al., 2020; Machado et al., 2020). A espécie escolhida para atender ao consórcio não deve ser altamente competitiva por requintes básicos como, água, luz e nutrientes, o que pode reduzir a produtividade final da cultura principal e promover alterações morfofisiológicas, em especial em condições de sombreamento excessivo (DaMatta, 2004; Siles et al., 2010).

A bananeira (*Musa* spp.) constitui a fruta mais popular do mundo e do comércio internacional, devido a sua importância econômica e nutricional (Andrade et al., 2020; Oliveira et al., 2020a). Quando consorciada com o cafeeiro pode tornar

o cultivo viável economicamente, principalmente pelo seu ciclo relativamente rápido, baixo custo de implantação, possibilitando pouca mão de obra, boa demanda de mercado, além de proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento do cafeeiro (Pezzopane et al., 2007a, 2007b; Asten et al., 2011; Araújo et al., 2015; Perdoná et al., 2013).

O consórcio é dependente de diversos fatores como: tipo, duração, densidade de plantas e época de sombreamento (Morais et al., 2008). Por essa razão, é imprescindível a realização de estudos a respeito do cultivo adensado do cafeeiro em consórcio com a bananeira 'Terra'.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar as respostas do crescimento, morfologia e produtividade do cafeeiro conilon adensado - 'Jequitibá Incaper 8122' clone 201, consorciado em diferentes espaçamentos da bananeira 'Terra'.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido no período de setembro de 2018 a março de 2021, no distrito de Itaçu, situado no município de Itaguaçu (19°42'57"S e 40°46'42"W e 220 m de altitude), região noroeste do estado do Espírito Santo. De acordo com a classificação de Köppen, a área de estudo está localizada em uma região caracterizada como tropical úmido (Aw) e apresenta temperatura média de 23,5°C, pluviosidade média anual de 1201 mm e topografia ondulado-acidentada.

### Caracterização e material vegetativo da lavoura

A lavoura foi implantada em dezembro de 2018 no sentido Leste-Oeste, em um espaçamento 2,4m x 0,8m, com cinco clones (201, 202, e 203 da 'Jequitibá Incaper'; e 7V e 12 V 'Vitória Incaper 8142'). As plantas foram mantidas sobre irrigação, do tipo gotejamento, ao longo de todo o experimento. As adubações e as

práticas culturais foram realizadas de acordo com as recomendações de Ferrão et al. (2017), sendo estas as mais usuais para a cafeicultura capixaba.

A bananeira foi implantada em janeiro de 2019, utilizando mudas do tipo “chifre”, obtidas de produtores de bananas da região. A data de plantio foi definida em função do planejamento de colheita das frutas no período de maior preço de mercado em que foi considerado o levantamento histórico de preço.

A lavoura foi formada por um material genético do grupo AAB, subgrupo Terra, cultivar ‘Terra’. A lavoura de banana teve irrigação independente, do tipo gotejamento. As adubações e práticas culturais foram realizadas seguindo as orientações de Trindade et al. (2000).

#### Delineamento estatístico e desenho experimental

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições (Figura 1). Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais no consórcio entre o cafeeiro e a bananeira, mais a testemunha, sendo: T1 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro; T2 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro; T3 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro; T4 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro; T5 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro; T6 – bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro; T7 – cafeeiro em monocultivo, no espaçamento de 2,4 x 0,80 m. A parcela experimental de cada repetição foi composta por 28 metros, sendo considerados úteis os 12 metros centrais.

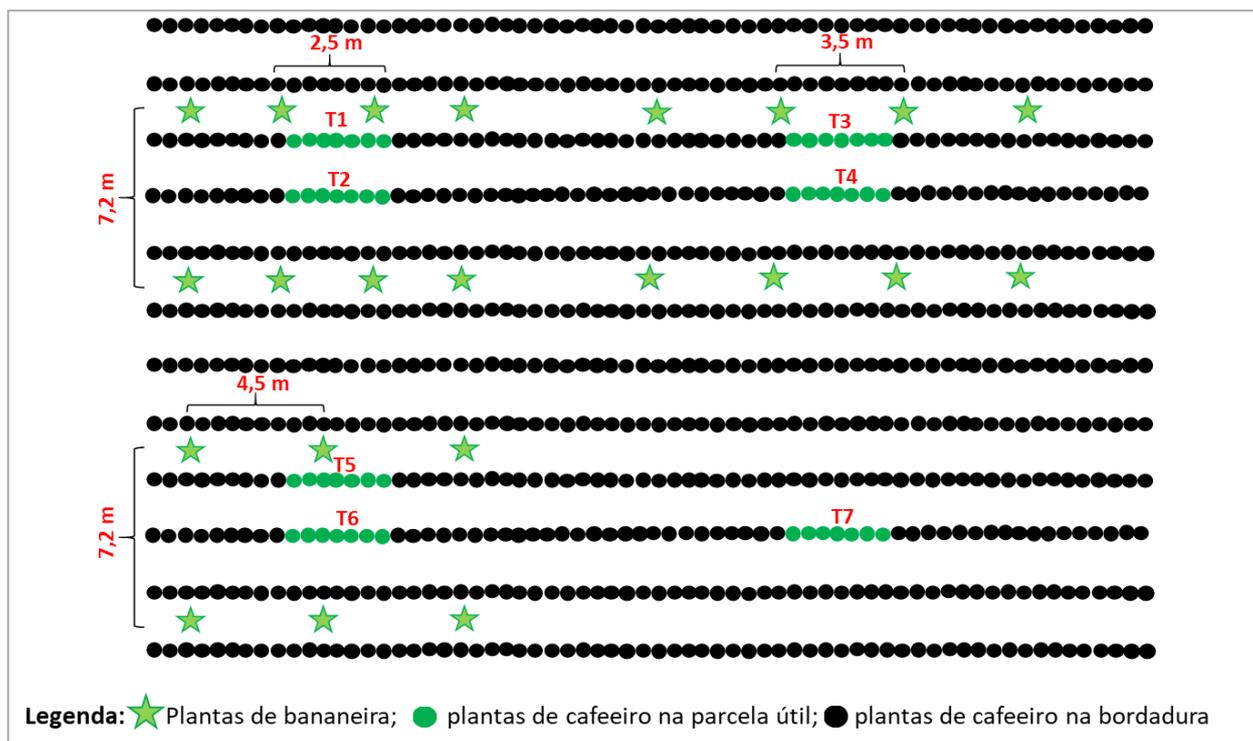


Figura 1. Desenho experimental da distribuição dos tratamentos em um bloco experimental.

#### Características vegetativas avaliadas no café

As avaliações das características vegetativas foram realizadas nos anos de 2020 e 2021, sendo elas: altura de planta (AP), foi determinada com o auxílio de uma trena métrica, medida do solo até a última folha localizada no ápice das plantas (m); Número de ramos plagiotrópicos na parte inferior da planta (NRI), obtido pela contagem dos ramos plagiotrópicos na parte inferior de cada planta; Número de ramos plagiotrópicos na parte superior das plantas (NRS), obtido pela contagem dos ramos plagiotrópicos na parte superior de cada planta; Comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte inferior das plantas (CRI), obtido a partir da mensuração do terceiro ramo plagiotrópico contado da base para o ápice da planta, com o auxílio de uma trena métrica (cm); Comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte superior das plantas (CRS), obtido a partir da mensuração do terceiro ramo plagiotrópico, contado do ápice para a base da planta, com o auxílio de uma trena métrica (cm); Número de rosetas no ramo inferior das plantas (NRRI), obtido pela contagem do número de rosetas presentes nos ramos plagiotrópicos inferiores utilizados em CRI; Número de rosetas no ramo superior das plantas (NRRS), obtido

pela contagem do número de rosetas presentes nos ramos plagiotrópicos superiores utilizados em CRS; Diâmetro de caule inferior (DCI) determinado na base do terceiro ramo plagiotrópico, contado da base para o ápice da planta, por meio de um paquímetro digital Starret® modelo 2001 (mm); Diâmetro de caule superior (DCS), determinado na base do terceiro ramo plagiotrópico, contado do ápice para a base da planta, por meio de um paquímetro digital Starret® modelo 2001 (mm); Temperatura externa da folha do ramo inferior (TEFRI), obtida pela mensuração da temperatura externa das folhas presentes nos ramos plagiotrópicos inferiores utilizados em CRI, com o auxílio de um termômetro digital (°C); Temperatura externa da folha do ramo superior (TEFSI), obtida pela mensuração da temperatura externa das folhas presentes nos ramos plagiotrópicos superiores utilizados em CRS, com o auxílio de um termômetro digital (°C).

#### Avaliação da produtividade do cafeeiro

Após o percentual de frutos verdes apresentar-se inferior a 20%, de forma manual e com o auxílio de peneiras, foi realizada a colheita dos frutos nos anos de 2020 e 2021. As amostras foram colhidas, identificadas, pesadas e secas individualmente em estufa suspensa, até apresentarem um teor de água nos grãos próximo de 12% (percentual na base úmida recomendada para o armazenamento). Posteriormente, os frutos foram beneficiados e os grãos foram pesados, obtendo o rendimento das sacas por hectare (sc/ha).

#### Características vegetativas avaliadas na bananeira

As avaliações das características vegetativas foram realizadas nos anos de 2020 e 2021. As variáveis morfológicas e biométricas avaliadas foram: Altura de plantas (AP), determinada com o auxílio de uma trena métrica, medida do solo até o ápice da última folha (vela) das plantas (m); Diâmetro de caule (DC), determinado próximo ao solo, cerca de 20 cm a partir da região do coleto, por meio de uma trena métrica (cm); Tamanho da folha (TF), o tamanho da folha (m<sup>2</sup>) de cada planta foi estimada a partir da leitura do comprimento (cm) e da largura (cm) da terceira folha

que foi previamente marcada após a sua emissão, nas mesmas épocas de avaliações; Temperatura externa das folhas (TEF), obtida pela mensuração da temperatura externa das folhas, com o auxílio de um termômetro digital (°C).

#### Avaliação da produtividade da bananeira

A colheita e avaliação da produtividade da bananeira foram realizadas após os frutos atingirem o ponto ideal para a colheita. Para fins de uniformidade das avaliações, foram consideradas como representativas as pencas centrais dos cachos, a fruta central da penca selecionada e as medições realizadas na região central da fruta selecionada. As variáveis avaliadas foram: Peso total do cacho (PT), obtido a partir da pesagem do cacho retirados das plantas em balança (Kg); Número de pencas (NP), determinado pela contagem do número de pencas presentes no cacho; Peso da penca (PP), determinado pela pesagem da penca central do cacho em balança (Kg); Número de banana na penca (NBP), determinado pela contagem do número de dedos presentes na penca; Peso de uma banana (PB), obtido pela pesagem da fruta central em uma balança (g).

#### Análise estatística

Os dados referentes às características vegetativas e produtivas de ambas as culturas (cafeeiro e bananeira) foram submetidos à análise de variância pelo Teste F, a 5% de probabilidade e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em sete (cafeeiro) e seis (bananeira) tratamentos e quatro repetições. As análises foram realizadas utilizando o *software* R, versão 4.0.3.

## RESULTADOS

#### Características vegetativas e produtivas do cafeeiro

Os tratamentos não diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ) para as características vegetativas do cafeeiro, número de ramos plagiotrópicos na parte superior das plantas (NRS), número de rosetas no ramo inferior das plantas (NRRI), número de rosetas no ramo superior das plantas (NRRS), diâmetro superior do caule (DSC), temperatura da folha na parte inferior (TEFRI) e temperatura da folha na parte superior (TEFRS) (Tabela 1). Já, para as características vegetativas altura de planta (AP), número de ramos plagiotrópicos na parte inferior da planta (NRI), comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte inferior da planta (CRI), comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte superior da planta (CRS) e diâmetro basal do caule (DBC), os tratamentos diferiram entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O T3 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro) apresentou o maior valor de AP, quando comparado com os demais tratamentos: T1 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro), T2 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 2,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro), T4 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro), T5 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro), T6 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro) e T7 (cafeeiro em monocultivo, no espaçamento de 2,4 x 0,80 m), que não diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ).

O NRI foi maior para o T3 e T7, seguido pelo T4, T6, T2 e T5 e pelo T1, que apresentou menor valor (Tabela 1). Os tratamentos T3 e T7 também apresentaram maior CRI, quando comparados aos demais tratamentos. O T2 apresentou o menor valor para essa variável. Por outro lado, o T1 apresentou o maior CRS, seguido pelo T5, T3, T2, T4, T6 e T7, este último inferior a todos os demais. O T3 apresentou o maior DBC, seguido pelo T5, T4, T2 e T7, enquanto o T6 e T1 apresentaram os menores valores.

A produtividade do cafeeiro foi diferente ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos. Em 2020 a maior produtividade do cafeeiro foi obtida no T7, que estatisticamente foi igual ao T1, T2 e T3. Por outro lado, a menor produtividade foi obtida no T4 e T5, que não diferiram do T6. Já no ano de 2021 o T3 e T7 apresentaram maior produtividade em relação aos demais (T1, T2, T4, T5 e T6), que não diferiram entre

si. Assim, a produtividade média referente aos dois anos de produção (2020 e 2021) foi maior no T3 e T7, enquanto o T5 apresentou a menor produtividade (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios  $\pm$  s.e. para as características vegetativas, altura de planta (AP), número de ramos plagiotrópicos na parte inferior (NRI), número de ramos plagiotrópicos na parte superior (NRS), comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte inferior (CRI), comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte superior (CRS), número de rosetas no ramo inferior (NRRI), número de rosetas no ramo superior (NRRS), diâmetro basal do caule (DBC) e diâmetro superior do caule (DSC)] e para a temperatura da folha na parte inferior (TEFRI) e superior (TEFRS) em plantas de cafeeiro conilon consorciado com bananeira 'Terra' em diferentes arranjos de plantio

Variáveis	Tratamentos							$P_{\text{valor}} \leq 0,05$
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Trat.
AP (m)	1,18 $\pm$ 0,018b	1,23 $\pm$ 0,033b	1,57 $\pm$ 0,17a	1,13 $\pm$ 0,047b	1,13 $\pm$ 0,061b	1,06 $\pm$ 0,034b	1,06 $\pm$ 0,059b	0,0014*
NRI	3,25 $\pm$ 0,48c	10 $\pm$ 0,82b	15 $\pm$ 1,29a	12 $\pm$ 0,82ab	10 $\pm$ 0,82b	10,75 $\pm$ 0,75b	15 $\pm$ 0,58a	<0,0001*
NRS	26,25 $\pm$ 0,63a	27,25 $\pm$ 0,48a	27 $\pm$ 1a	28 $\pm$ 0,82a	27,25 $\pm$ 0,48a	25,25 $\pm$ 0,48a	27 $\pm$ 0,58a	0,1383
CRI (cm)	60,38 $\pm$ 1,91b	43,5 $\pm$ 3,09d	74,75 $\pm$ 3,092a	52,13 $\pm$ 1,008c	58,5 $\pm$ 1,44bc	60 $\pm$ 1,58bc	74,25 $\pm$ 2,25a	<0,0001*
CRS (cm)	70,55 $\pm$ 1,23a	64,04 $\pm$ 3,96ab	69,5 $\pm$ 1,71ab	61,88 $\pm$ 2,38ab	70 $\pm$ 3,03ab	58,5 $\pm$ 0,87b	43,75 $\pm$ 3,19c	<0,0001*
NRRI	13,5 $\pm$ 0,5a	13,5 $\pm$ 1,04a	14,75 $\pm$ 0,75a	13,5 $\pm$ 1,26a	17,25 $\pm$ 0,75a	13,5 $\pm$ 0,96a	15,5 $\pm$ 1,32a	0,0916
NRRS	11,5 $\pm$ 0,87a	11,75 $\pm$ 0,63a	12,25 $\pm$ 0,63a	10,75 $\pm$ 0,63a	12,5 $\pm$ 0,5a	11,5 $\pm$ 0,65a	10,5 $\pm$ 1,19a	0,5021
DBC (mm)	16,59 $\pm$ 0,92c	18,38 $\pm$ 0,51abc	22,13 $\pm$ 1,63a	20,13 $\pm$ 0,37abc	21,49 $\pm$ 0,48ab	16,79 $\pm$ 1,10c	17,75 $\pm$ 0,26bc	<0,0001*
DSC (mm)	11,65 $\pm$ 0,46a	12,72 $\pm$ 0,88a	11,54 $\pm$ 0,70a	13,08 $\pm$ 0,59a	12,69 $\pm$ 0,43a	11,58 $\pm$ 0,55a	12,51 $\pm$ 0,93a	0,4106
TEFRI (°C)	23,4 $\pm$ 0,69a	22,65 $\pm$ 0,64a	23,33 $\pm$ 0,45a	22,88 $\pm$ 0,73a	22,93 $\pm$ 0,67a	22,48 $\pm$ 0,58a	22,58 $\pm$ 0,39a	0,8982
TEFRS (°C)	23,45 $\pm$ 0,64a	23,13 $\pm$ 0,74a	23,55 $\pm$ 0,46a	23 $\pm$ 0,68a	23,13 $\pm$ 0,78a	22,75 $\pm$ 0,69a	23,5 $\pm$ 0,65a	0,9739

As médias seguidas de letras minúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 2. Valores médios  $\pm$  s.e. para a avaliação da produtividade (PT) do cafeeiro anos de 2020 e 2021 (sc/ha), consorciado com bananeira 'Terra' em diferentes arranjos de plantio (tratamentos)

Tratamentos	Produtividade (sc 60Kg/ha)		
	2020	2021	Média (2020/2021)
T1	20,56 $\pm$ 0,35 ab	72,74 $\pm$ 0,79 b	46,6 $\pm$ 0,29 bc
T2	20,46 $\pm$ 1,18 ab	76,05 $\pm$ 0,63 b	48,2 $\pm$ 0,56 b
T3	22,52 $\pm$ 0,95 ab	80,93 $\pm$ 1,72 a	51,7 $\pm$ 0,41 a
T4	15,69 $\pm$ 0,82 c	72,68 $\pm$ 1,03 b	44,2 $\pm$ 0,91 cd
T5	14,62 $\pm$ 0,68 c	72,19 $\pm$ 0,76 b	43,4 $\pm$ 0,71 d
T6	18,59 $\pm$ 1,13 bc	75,66 $\pm$ 0,84 b	47,1 $\pm$ 0,97 bc
T7	24,08 $\pm$ 1,57 a	82,53 $\pm$ 0,69 a	53,3 $\pm$ 0,67 a
$P_{\text{valor}} (\leq 0,05)$	<0,0001	<0,0001	<0,0001

As médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Características vegetativas e produtivas da bananeira 'Terra'

As características vegetativas da bananeira 'Terra', altura de planta (DC), diâmetro do caule (DC) e tamanho da folha (TF), não diferiram entre os tratamentos, bem como não houve diferença para a temperatura da folha (TEF) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios  $\pm$  s.e. para as características vegetativas, altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e tamanho da folha (TF) e para a temperatura da folha (TEF) da bananeira 'Terra' consorciada com o cafeeiro conilon em diferentes arranjos de plantio

Tratamentos	Características vegetativas			
	AP (m)	DC (m)	TF (m <sup>2</sup> )	TEF (°C)
T1	3,39 $\pm$ 0,140 a	0,66 $\pm$ 0,020 a	2,04 $\pm$ 0,110 a	26,50 $\pm$ 0,81 a
T2	3,41 $\pm$ 0,079 a	0,76 $\pm$ 0,039 a	2,09 $\pm$ 0,056 a	26,15 $\pm$ 0,66 a
T3	3,50 $\pm$ 0,210 a	0,69 $\pm$ 0,038 a	2,02 $\pm$ 0,090 a	27,30 $\pm$ 0,19 a
T4	3,71 $\pm$ 0,100 a	0,74 $\pm$ 0,032 a	2,29 $\pm$ 0,180 a	27,00 $\pm$ 0,59 a
T5	3,23 $\pm$ 0,190 a	0,79 $\pm$ 0,055 a	1,98 $\pm$ 0,150 a	25,70 $\pm$ 0,72 a
T6	3,35 $\pm$ 0,060 a	0,79 $\pm$ 0,038 a	2,15 $\pm$ 0,120 a	26,48 $\pm$ 0,48 a
$P_{\text{valor}} \leq 0,05$	0,2987	0,1437	0,3615	0,3547

As médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As características produtivas da bananeira 'Terra', peso total do cacho (PT), peso da penca (PP), circunferência do cacho (CIC) e comprimento do cacho (CC)

diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos. Por outro lado, não houve diferença entre os tratamentos para o número de pencas por cacho (NP) e número de bananas por penca (NBP) (Tabela 4). O T5 apresentou o maior PT, seguido pelo T4, T3 e T6. Por outro lado, o menor PT foi encontrado no T2 e T1, uma redução de 18,83 kg e 20,70 kg, respectivamente, quando comparado ao T5. O T5 e T3 apresentaram o maior PP, mesmo que estatisticamente iguais ao T4 e T6 para o PP. Assim como para o PT, o T2 e T1 apresentaram o menor PP. O T5 e o T4 apresentaram a maior CIC, seguidos pelo T3, T6, T2 e T1. Por outro lado, o T5 e o T4 apresentaram os menores valores de CC, enquanto o T1 apresentou o maior.

Tabela 4. Valores médios  $\pm$  s.e. para as características produtivas, peso total do cacho (PT), número de pencas (NP), peso da penca (PP), número de banana na penca (NBP), circunferência do cacho (CIC) e comprimento do cacho (CC) da bananeira 'Terra' consorciada com o cafeeiro conilon em diferentes arranjos de plantio

Trat.	Características produtivas da bananeira 'Terra'					
	PT (Kg)	NP	PP (Kg)	NBP	CIC (m)	CC (m)
T1	42,13 $\pm$ 0,93 c	12,00 $\pm$ 0,41 a	3,90 $\pm$ 0,30 b	17,25 $\pm$ 0,48 a	1,38 $\pm$ 3,27 b	0,89 $\pm$ 1,55 a
T2	44,00 $\pm$ 1,48 c	11,67 $\pm$ 0,24 a	3,50 $\pm$ 0,04 b	17,33 $\pm$ 0,48 a	1,42 $\pm$ 0,94 b	0,88 $\pm$ 2,16 ab
T3	52,38 $\pm$ 1,02 b	12,00 $\pm$ 0,41 a	4,82 $\pm$ 0,11 a	18,00 $\pm$ 0,41 a	1,47 $\pm$ 1,25 ab	0,83 $\pm$ 0,94 bc
T4	52,40 $\pm$ 0,87 b	12,50 $\pm$ 0,29 a	4,38 $\pm$ 0,24 ab	17,00 $\pm$ 0,71 a	1,55 $\pm$ 2,75 a	0,79 $\pm$ 0,71 c
T5	62,83 $\pm$ 0,82 a	12,00 $\pm$ 0,41 a	4,80 $\pm$ 0,32 a	17,33 $\pm$ 0,48 a	1,56 $\pm$ 3,17 a	0,80 $\pm$ 1,25 c
T6	51,83 $\pm$ 1,16 b	12,33 $\pm$ 0,24 a	4,03 $\pm$ 0,21 ab	17,33 $\pm$ 0,47 a	1,45 $\pm$ 0,41 b	0,87 $\pm$ 0,41 ab
<i>p</i> valor	<0,0001	0,8339	0,002	0,6103	0,0004	0,0004

As médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

As características vegetativas do cafeeiro foram influenciadas pela densidade do plantio da bananeira (Tabelas 1 e 2), visto que houve diferença na AP, NRI, CRI, CRS e DBC dos tratamentos consorciados com a bananeira (T1, T2, T3, T4, T5, T6), em relação ao cafeeiro em monocultivo (T7).

A luz é um dos fatores abióticos que desempenha papel importante na regulação do crescimento e desenvolvimento (Xu et al., 2021). O espaçamento, o

aumento da densidade de plantio, bem como a presença do cultivo da bananeira 'Terra', especialmente nos menores espaçamentos, além de promover um sombreamento e reduzir a entrada de luz no dossel da planta, promove também a competição por luz na cultura menos favorecida, o que muitas vezes pode prejudicar ou influenciar diretamente no crescimento, proporcionando mudanças consideráveis no crescimento e arquitetura do cafeeiro (Fan et al., 2018; Pereira et al., 2011). Portanto, era de se esperar um crescimento desordenado do caule (estiolamento) e um alongamento (maior distanciamento) entre os ramos plagiotrópicos do cafeeiro nos tratamentos com maior densidade de plantio da bananeira (T1 e T2), devido à redução da luminosidade sobre as folhas do cafeeiro, ocasionada pelo sombreamento da bananeira. O incremento dessa característica vegetativa é uma resposta típica das plantas, cujo principal objetivo é minimizar o efeito negativo sobre o seu desenvolvimento, induzindo o alongamento em direção à luz. Quando submetidos ao sombreamento, é possível notar um estiolamento do ramo ortotrópico que não é constatado no sistema a pleno sol (Lacerda et al., 2010; Trevisan et al., 2016). Tal característica foi evidenciada no T3, em que as plantas do cafeeiro apresentaram um aumento de 0,5m na AP em relação ao T7. Além disso, nos tratamentos T1, T2, T5 e T6 houve um possível efeito de sombreamento excessivo na parte inferior das plantas do cafeeiro, podendo ter ocasionado a morte dos ramos plagiotrópicos inferiores (Colodetti et al., 2018), ou mesmo a redução da emissão de novos ramos plagiotrópicos, posto que o NRI foi inferior para esses tratamentos, quando comparado ao T7.

Por outro lado, a temperatura nos ambientes de monocultivo tendem a ser maiores, provocando redução no crescimento e até mesmo abortamento floral em condições excessivas (Quintino et al., 2019). No entanto, nos tratamentos consorciados com a bananeira não houve redução da temperatura foliar do cafeeiro quando comparado ao T7, e, portanto, a variação do crescimento vegetativo do cafeeiro consorciado com a bananeira em relação ao T7, não teve influência da variação da temperatura foliar.

O T3 apresentou um aumento da AP em relação ao T7 sem um aumento paralelo do NRI e NRS e NRRI e NRRS, o que indica um efeito de estiolamento das plantas do cafeeiro. No entanto, os resultados da produtividade nos anos de 2020 e 2021 apontaram o T3 e o T7 como os tratamentos mais produtivos, com uma média de 51,7 e 53,3 sc de 60kg, respectivamente. Tais resultados reforçaram a

importância de uma análise completa das respostas da planta, considerando que utilizar apenas das respostas vegetativas para tomada de decisão e/ou para escolha de melhor tratamento, pode culminar em erros consideráveis. Assim, os resultados indicaram que a bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro (T3), propiciou condições microclimáticas adequadas para o desenvolvimento vegetativo e produtivo da planta.

As características vegetativas da bananeira foram semelhantes em todos os tratamentos empregados, indicando que os diferentes espaçamentos utilizados no consórcio da bananeira 'Terra' com a cafeeiro não interferiram no desenvolvimento vegetativo da bananeira.

A produtividade da bananeira tende a aumentar em plantios mais adensados, até um determinado limite, devido ao aumento do número de plantas por hectare. Apesar do aumento da produção não depender apenas do tipo de sistema (consorciado ou monocultivo), espera-se que o adensamento de plantio também possa favorecer um uso mais eficiente da terra, além de recursos como luminosidade solar, água, adubos e outros elementos, promovendo assim uma maior produção (Sindhupriya et al., 2018). No entanto, a partir de um determinado espaçamento há uma tendência de competição por espaço, luz e nutrientes, resultando, muitas vezes, em queda na produtividade. Tal característica foi encontrada no respectivo trabalho, em que o PT foi maior no T5 quando comparado ao T6. Nos demais tratamentos em que o espaçamento entre as plantas da bananeira era menor, o PT também reduziu.

Os diferentes espaçamentos de plantio da bananeira consorciado com o cafeeiro não interferiram no NP por cacho. A variação do PT foi influenciada principalmente pela CIC, CC e PP. O T5 que apresentou maior PT, também apresentou elevado CIC e PP. Os tratamentos com maior PT, sendo o T5, seguido do T4, T3 e T6, não apresentaram maiores valores de CC. Isso é, o T5 não apresentou um cacho mais comprido que os demais, todavia, exibiu um cacho com bananas de maior calibre (maior PP e maior CIC), o que resultou em um maior PT.

Assim, o consórcio do cafeeiro com a bananeira 'Terra' no espaçamento 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro se mostrou uma excelente opção na fase inicial do desenvolvimento do cafeeiro, visto que a produtividade do cafeeiro se manteve estatisticamente igual à do monocultivo. Considerando que a cultura principal é o cafeeiro, o plantio da banana no espaçamento 7,2 x 3,5 m a

1,2 m de distância do cafeeiro possibilitou uma produção mediana da bananeira, e, portanto, uma excelente opção de renda extra no início do cultivo do cafeeiro.

## CONCLUSÕES

As características vegetativas da bananeira 'Terra' não foram influenciadas pelos espaçamentos propostos.

A bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro (T5) apresentou o maior peso de cachos.

As características vegetativas do cafeeiro foram influenciadas pela densidade do plantio da bananeira.

O consórcio entre o cafeeiro e a bananeira 'Terra' nos espaçamentos 7,2 x 3,5 m entre as plantas da bananeira e plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro (T3) não prejudicou a produtividade do cafeeiro conilon.

A produtividade média referente aos dois anos de produção (2020 e 2021) foi maior no T3 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 3,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro) e T7 (cafeeiro em monocultivo, no espaçamento de 2,4 x 0,80 m), enquanto o T5 (bananeira cultivada no espaçamento de 7,2 x 4,5 m, plantada a 1,2 m de distância do cafeeiro) apresentou a menor produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. R., Silva, E. G., Silva, M. G. S., Silva, E. T., Santos, W. S. (2020) Crescimento de três cultivares de bananeira submetidas a diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Applied Research & Agrotechnology*, 13 (e6146):1-12.
- Araújo, A. V., Partelli, F. L., Oliveira, M. G., Pezzopane, J. R. M., Falqueto, A. R., Cavatte, P. C. (2015) Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. *Coffee Science*, 10 (2):214-222.
- Asten, P. J. A. V., Wairegi, L. W. I., Mukasa, D., Uringi, N. O. (2011) Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda's smallholder farming systems. *Agricultural Systems*, 104 (4):326-334.

- Augusto, H. S., Martinez, H. E. P., Sampaio, N. F., Cruz, C. D., Pedrosa, A. W. (2006) Produtividade de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) sob espaçamentos adensados. *Revista Ceres*, 53 (308):539-547.
- Bolfarini, A. C. B., Javara, F. S., Leonel, S., Leonel, M. (2014) Crescimento, ciclo fenológico e produção de cinco cultivares de bananeira em condições subtropicais. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 10:74-89.
- Bragança, S. M., Silva, E. B., Martins, A. G., Volpi, P. S., Lani, J. A., Santos, L. P. (2009) Resposta do cafeeiro conilon à adubação em NPK em sistema de plantio adensado. *Coffee Science*, 4 (1):67-75.
- Braun, H., Zonta, J. H., Lima, J. S. S., Reis, E. F. (2007) Produção de Mudas de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. *Idesia (Arica)*, 25 (3):85-91.
- Burgess, A. J., Retkute, R., Pound, M. P., Mayes, S., Murchie, E. H. (2017) Image-based 3D canopy reconstruction to determine potential productivity in complex multi-species crop systems. *Annals of Botany*, 119 (4):517-532.
- Colodetti, T. V., Tomaz, M. A., Rodrigues, W. N., Verdin Filho, A. C., Cavatte, P. C., Reis, E. F. D. (2018) Arquitetura da copa do cafeeiro arábica conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos. *Revista Ceres*, 65:415-423.
- Conab, Companhia Nacional de Abastecimento – *Acompanhamento da safra brasileira – Café. V. 9 – Safra 2022, N.1 - Primeiro levantamento*: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> em 01/10/2022 página mantida JOOMLA.
- Costa, D. A. (2019) *Crescimento do açazeiro solteiro e desempenho agrônômico da bananeira comprida consorciados em diferentes espaçamentos*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Rio Branco – AC. Universidade Federal do Acre – UFAC, 105p.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian journal of plant physiology*, 19:485-510.
- DaMatta, F. M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*, 86 (2-3):99-114.

- Almeida, U. O., Neto, R. C. A., Cades, M., Gomes, R. R., Santos, R. S., Lunz, A. M. P., Costa, D. A., De Araújo, J. C., Araújo, J. M. (2019a) Crescimento e rendimento de bananeira consorciada com açaizeiro (*Euterpe precatoria* L.). *SAJEBTT*. 6 (1):95-106.
- Almeida, U. O., Neto, R. C. A., Lunz, A. M. P., Cades, M., Costa, D. A., Araújo, J. M., Júnior, D. L. T., Rodrigues, M. J. S. (2019b) Produção de bananeira, cultivar D'Angola, consorciada com açaizeiro solteiro em diferentes arranjos de plantio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. 9 (1): 80-89.
- Oliveira, P. V. C., Queiroz, B. C. A., Piovesan, N., Oliveira, P. V. C., Lima, M. H. C., Pereira, A. S., Neto, C. O. A., Lima, W. O. (2020a) Substituição da farinha de trigo por farinha de banana verde na elaboração de biscoito tipo cookie. *Brazilian Journal of Development*, 6 (10):75662-75672.
- Fan, Y., Chen, J., Cheng, Y., Raza, M. A., Wu, X., Wang, Z., Liu, Q., Wang, R., Wang, X., Yong, T., Liu, W., Liu, J., Du, J., Shu, K., Yang, W., Yang, F. (2018) Effect of shading and light recovery on the growth, leaf structure, and photosynthetic performance of soybean in a maize-soybean relay-strip intercropping system. *Plos One*, 13 (5): e0198159: 1-15.
- Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A, Verdin-Filho, A. C., Volpi, P. S. (2017) *Origem, Dispersão Geográfica, Taxonomia e Diversidade Genética de Coffea canephora*. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., DeMuner, L. H. (Org.). *Café Conilon*. 2ed.Vitoria: DCM/Incaper, 1:81-101.
- Ferreira, R. P. (2017). *Ecofisiologia do cafeeiro sombreado com macaúba em sistemas agroflorestais*. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 65p.
- Filho, J. A. M, Bravim, A. J. B., Tragino, P. H. (2013) Avaliação de produtividade do cafeeiro conilon em cinco safras e em quatro diferentes espaçamentos adensados na região norte do Espírito Santo. *VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Salvador – BA.
- Guarçoni, A. M. (2015) Características da fertilidade do solo influenciadas pelo plantio adensado de café conilon. *Semina: Ciências Agrárias*, 32 (3):949-958.
- Lacerda, C. F., Carvalho, C. M., Vieira, M. R., Nobre, J. G. A., Neves, A. L. R., Rodrigues, C. F. (2010) Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes

condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5 (1):18-24.

- Lima, T. C. C., Ikefuti, C. V., Covizz, U. D. S., De Paula, L. T., Damasceno, L. (2020) Estudo de luminosidade para o consórcio das culturas de seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) e banana (*Musa* spp.) no município de Tabapuã/SP. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3 (4):4081-4086.
- Machado, A. H. R., Puia, J. D., Menezes, K. C., Machado, W. A (2020) Cultura do Café (*Coffea arabica*) em Sistema Agroflorestal. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3 (3):1357-1369.
- Morais, H., Marur, C. J., Caramori, P. H., Koguish, M. S., Gomes, J. C., Ribeiro, A. M. A. (2008) Desenvolvimento de gemas florais, florada, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (4):465-472.
- Perdoná, M. J., Cruz, J. C. S., Fischer, I. H. (2013) Cultivo consorciado de café e macadâmia. *Pesquisa & Tecnologia*, 10 (2):1-6.
- Pereira, S. P., Bartholo, G. F., Baliza, D. P., Sobreira, F. M., Guimarães, R. J. (2011) Crescimento, produtividade e bialidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46:152-160.
- Pereira, M. C. T., Salomão, L. C. C., Silva, S. O., Sedyama, C. S., Couto, F. A. D., Neto, S. P. S. (2000) Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:1377-1387.
- Pezzopane, J. R., Pedro Jr, M. J., Gallo, P. B. (2007b) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 11 (3):256–264.
- Pezzopane, J. R. M., Pedro Júnior, M. J., Gallo, P. B., Carmargo, M. B. P. D., Fazuoli, L. C. (2007a) Avaliações fenológicas e agrônômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Ana'. *Bragantia*, 66 (4):701-709.
- Quintino, R. G., Silva, P. H. H., Santos, R. X., Wruck, K., Torres, C. F., Olivas, D. B. L., Colodetti, T. V., Christo, B. F., Rodrigues, W. N., Thomaz, M. A., Amaral, J.

- F. T. (2019) Temperatura foliar e luminosidade ao longo do dossel de cafeeiro arábica em diferentes sistemas de condução. *X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Vitória-ES.
- Siles, P., Harmand, J. M., Vaast, P. (2010) Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. *Agroforestry systems*, 78 (3):269-286.
- Sindhupriya, V., Auxcilia, J., Soorianathasundaram, K. (2018) Studies on effect of spacing and fertigation on leaf characters of banana (*Musa* sp.) cv. quintal nendran (AAB). *International Journal of Chemical Studies*, 6 (6):1820-4.
- Siqueira, H. M., Senna, D. S., Araújo, J. B. S, Silva, M. W., Turbay, E. R. M. G. (2020) Análise econômica de consórcios do cafeeiro conilon com espécies perenes e florestais no sul do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 15 (5):14-14.
- Taques, R. C., Dadalto, G. G. (2015) *Zoneamento agroclimático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo*. (Ed.). Café Conilon. Vitória: Incaper: 38-40.
- Trevisan, E., Valani, G. P., Oliosi, G., Partelli, F. L. (2016) Índice relativo de clorofila e crescimento vegetativo no café Conilon em sistema consorciado com mamão e a pleno sol. *In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*.
- Trindade, A. V., Borges, A. L., Souza, A. S., Oliveira, A. M. G., Matos, A. P., Almeida, C. O., Costa, D. C., Alves, E. J., Coelho, E. F., Dantas, J. L. L., Souza, J. S., Souza, L. S., Lima, M. B., Francelli, M., Meissner-Filho, P. E., Silva, S. O., Oliveira, S. L., Medine, V. M., Soares-Filho, W. S., Cordeiro, Z. J. M. (2000) *Banana Produção: Aspectos técnicos*. *Frutas no Brasil*. Embrapa – Brasília DF: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia: 143p.
- Van Asten, P. J., Wairegi, L. W. I., Mukasa, D., Uringi, N. O. (2011) Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda’s smallholder farming systems. *Agricultural Systems*, 104 (4):326-334.
- Xu, Y., Wang, C. Zhang, R., Ma, C., Dong, S., Gond, Z. (2021) The relationship between internode elongation of soybean stems and spectral distribution of light in the canopy under different plant densities. *Plant Production Science*, 24 (3):326-338.

#### 4 RESUMO E CONCLUSÕES

A cafeicultura exerce relevante influência no setor econômico, social e cultural, além de ser a *commodity* mais importante no mundo, podendo sofrer variações em seu desenvolvimento e produção frente às mudanças climáticas. Excesso de temperatura e radiação solar podem ser prejudiciais para a fotossíntese das plantas, no entanto, estratégias adotadas durante o manejo podem ser eficientes para a redução desses impactos ao microclima do ambiente.

O nível tecnológico empregado nas culturas é uma das maiores contribuições para o aumento da produtividade. Dentre as técnicas, o consorciamento e o aumento da densidade de plantas por área tem contribuído significativamente com tais ganhos de produtividade. No entanto, cada uma dessas técnicas exige que os parâmetros estejam bem definidos, para que além do ganho produtivo haja o ganho financeiro, garantindo a sustentabilidade da atividade agrícola.

Sendo assim, a realização de estudos que investiguem os parâmetros adequados do consórcio entre o cafeeiro conilon adensado (variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201), desde a implantação, e a bananeira 'Terra' em diferentes espaçamentos, é uma necessidade para que se conheça os níveis de sombreamento proporcionados pela bananeira e tolerados pelo cafeeiro, sem que haja perda de produtividade quando comparado ao cafeeiro em monocultivo.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais da bananeira submetidos ao consórcio com cafeeiro adensado, além da testemunha, representada pelo cafeeiro em monocultivo.

O primeiro capítulo abordou as condições microclimáticas e fisiológicas do cafeeiro adensado e o segundo capítulo abordou as características vegetativas e produtivas do cafeeiro adensado e da bananeira em sistema de consórcio. As principais conclusões foram:

1) O consórcio entre a bananeira 'Terra' e o cafeeiro adensado é viável quando se cultiva a bananeira nos espaçamentos 7,2 x 3,5 m cultivada a 1,2 m de distância das plantas de cafeeiro (T3).

2) O espaçamento de 7,2 x 3,5 m entre as bananeiras cultivada a 1,2 m do cafeeiro adensado (T3) proporciona igual produtividade do cafeeiro, comparado ao cafeeiro em monocultivo (T7), o que indica a otimização do uso da área cultivada.

3) O espaçamento de 7,2 x 4,5 m entre as bananeiras cultivadas a 1,2 m do cafeeiro adensado (T5) apresentou a menor produtividade.

4) A bananeira não foi influenciada pelos espaçamentos e distanciamentos propostos em sistema de consórcio com cafeeiro conilon adensado, e manteve o crescimento/desenvolvimento ao longo do ciclo de produção.

5) Os arranjos espaciais da bananeira alteraram os parâmetros vegetativo das plantas de café conilon.

6) O sombreamento proporcionado pelo cultivo da bananeira no espaçamento 7,2 x 4,5 m, plantada a 3,6 m de distância do cafeeiro, proporcionou uma maior  $A_{net}$  no cafeeiro nas estações do verão e inverno.

7) O aumento da densidade de plantio da bananeira 'Terra', em consórcio com o cafeeiro, aumenta gradativamente o sombreamento do cafeeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ainsworth, E.A., Rogers, A. (2007) The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO<sub>2</sub>]: mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell & Environment*, 30:258-270.
- Almeida, U. O., Neto, R. C. A., Cades, M., Gomes, R. R., Santos, R. S., Lunz, A. M. P., Costa, D. A., De Araújo, J. C., Araújo, J. M. (2019a) Crescimento e rendimento de bananeira consorciada com açaizeiro (*Euterpe precatoria* L.). *SAJEBTT*. 6 (1):95-106.
- Almeida, U. O., Neto, R. C. A., Lunz, A. M. P., Cades, M., Costa, D. A., Araújo, J. M., Júnior, D. L. T., Rodrigues, M. J. S. (2019b) Produção de bananeira, cultivar D'Angola, consorciada com açaizeiro solteiro em diferentes arranjos de plantio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. 9 (1): 80-89.
- Andrade, A. R., Silva, E. G., Silva, M. G. S., Silva, E. T., Santos, W. S. (2020) Crescimento de três cultivares de bananeira submetidas a diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Applied Research & Agrotechnology*, 13 (e6146):1-12.
- Andrade, W.E.B., Guimarães, P.T.G., Faquin, V., Guimarães, R.J. (2014) Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no noroeste Fluminense. *Coffee Science*, 9 (1):90-101.
- Araújo, A. V., Partelli, F. L., Oliveira, M. G., Pezzopane, J. R. M., Falqueto, A. R., Cavatte, P. C. (2015) Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. *Coffee Science*, 10 (2):214-222.
- Assefa, A., Gobena, A. (2019) Review on Effect of Shade Tree on Microclimate, Growth and Physiology of Coffee Arabica: In case of Ethiopia. *International Journal of Forestry and Horticulture*, 5 (3):31-46.
- Asten, P. J. A. V., Wairegi, L. W. I., Mukasa, D., Uringi, N. O. (2011) Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda’s smallholder farming systems. *Agricultural Systems*, 104 (4):326-334.

- Augusto, H. S., Martinez, H. E. P., Sampaio, N. F., Cruz, C. D., Pedrosa, A. W. (2006) Produtividade de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) sob espaçamentos adensados. *Revista Ceres*, 53 (308):539-547.
- Barros, R. S., da Se Mota, J. W., Da Matta, F. M., Maestri, M. (1997) Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. *Field Crops Research*, 54 (1):65-72.
- Bolfarini, A. C. B., Javara, F. S., Leonel, S., Leonel, M. (2014) Crescimento, ciclo fenológico e produção de cinco cultivares de bananeira em condições subtropicais. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 10:74-89.
- Bragança, S. M., Silva, E. B., Martins, A. G., Volpi, P. S., Lani, J. A., Santos, L. P. (2009) Resposta do cafeeiro conilon à adubação em NPK em sistema de plantio adensado. *Coffee Science*, 4 (1):67-75.
- Braun, H., Zonta, J. H., Lima, J. S. S., Reis, E. F. (2007) Produção de Mudas de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. *Idesia (Arica)*, 25 (3):85-91.
- Burgess, A. J., Retkute, R., Pound, M. P., Mayes, S., Murchie, E. H. (2017) Image-based 3D canopy reconstruction to determine potential productivity in complex multi-species crop systems. *Annals of Botany*, 119 (4):517-532.
- Chaves, A. R., Ten-Caten, A., Pinheiro, H. A., Ribeiro, A., DaMatta, F. M. (2008) Seasonal changes in photoprotective mechanisms of leaves from shaded and unshaded field-grown coffee (*Coffea arabica* L.). *Trees*, 22 (3):351-361.
- Colodetti, T. V., Tomaz, M. A., Rodrigues, W. N., Verdin Filho, A. C., Cavatte, P. C., Reis, E. F. D. (2018) Arquitetura da copa do cafeeiro arábica conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos. *Revista Ceres*, 65:415-423.
- Conab, Companhia Nacional de Abastecimento – *Acompanhamento da safra brasileira – Café. V. 9 – Safra 2022, N.1 - Primeiro levantamento*: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> em 01/10/2022 página mantida JOOMLA.
- Conab, Companhia Nacional de Abastecimento – *Observatório agrícola Acompanhamento da safra brasileira - Café. V. 6 - Safra 2019 - N.1 - Primeiro levantamento - Janeiro de 2019*: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> em 01/02/2019 página mantida JOOMLA.
- Costa, D. A. (2019) *Crescimento do açazeiro solteiro e desempenho agrônomo da bananeira comprida consorciados em diferentes espaçamentos*. Tese

- (Doutorado em Produção Vegetal) – Rio Branco – AC. Universidade Federal do Acre – UFAC, 105p.
- Crafts-Brandner, S.J., Salvucci, M.E. (2000) Rubisco activase constrains the photosynthetic potential of leaves at high temperature and CO<sub>2</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97:13430-13435.
- DaMatta, F. M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*, 86 (2-3):99-114.
- DaMatta, F. M., Grandis, A., Arenque, B. C., Buckeridge, M. S. (2010) Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. *Food Research International*, 43 (7):1814-1823.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. (2007) Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19:485-510.
- Demmig-Adams B., Adams W.W. III (1992) Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43:599-626.
- Fahl, J. I., Carelli, M. C., Vega, J., Magalhaes, A. C. (1994) Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). *J. Horticultural Science*, 69:161-169.
- Fan, Y., Chen, J., Cheng, Y., Raza, M. A., Wu, X., Wang, Z., Liu, Q., Wang, R., Wang, X., Yong, T., Liu, W., Liu, J., Du, J., Shu, K., Yang, W., Yang, F. (2018) Effect of shading and light recovery on the growth, leaf structure, and photosynthetic performance of soybean in a maize-soybean relay-strip intercropping system. *Plos One*, 13 (5): e0198159: 1-15.
- Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A, Verdin-Filho, A. C., Volpi, P. S. (2017) *Origem, Dispersão Geográfica, Taxonomia e Diversidade Genética de Coffea canephora*. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., DeMuner, L. H. (Org.). *Café Conilon*. 2ed.Vitoria: DCM/Incaper, 1:81-101.
- Ferreira, R. P. (2017). *Ecofisiologia do cafeeiro sombreado com macaúba em sistemas agroflorestais*. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 65p.
- Filho, J. A. M, Bravim, A. J. B., Tragino, P. H. (2013) Avaliação de produtividade do cafeeiro conilon em cinco safras e em quatro diferentes espaçamentos

- adensados na região norte do Espírito Santo. *VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Salvador – BA.
- Franck, N., Vaast, P. (2009) Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. *Trees*, 23:761–769.
- Friend, D. C. (1984). Shade adaptation of photosynthesis in *coffea arabica*. *J. Photosynthesis Res.*, 5 (4):325-334.
- Guarçoni, A. M. (2015) Características da fertilidade do solo influenciadas pelo plantio adensado de café conilon. *Semina: Ciências Agrárias*, 32 (3):949-958.
- Guo, Y. P., Zhou, H. F., Zhang, L. C. (2006) Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. *Scientia Horticulturae*, 108 (3):260-267.
- Kitano, M., Eguchi, H. (1993) Dynamic analyses of water relations and leaf growth in cucumber plants under midday water deficit. *Biotronics*, 22:73-85.
- Lacerda, C. F., Carvalho, C. M., Vieira, M. R., Nobre, J. G. A., Neves, A. L. R., Rodrigues, C. F. (2010) Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5 (1):18-24.
- Lambers, H., Chapin, F. S., Pons, T. L. (2008) *Plant Physiological Ecology*. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 605p.
- Larcher, W. (2000) *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, 531p.
- Lima, T. C. C., Ikefuti, C. V., Covizz, U. D. S., De Paula, L. T., Damasceno, L. (2020) Estudo de luminosidade para o consórcio das culturas de seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) e banana (*Musa* spp.) no município de Tabapuã/SP. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3 (4):4081-4086.
- Machado, A. H. R., Puia, J. D., Menezes, K. C., Machado, W. A (2020) Cultura do Café (*Coffea arabica*) em Sistema Agroflorestal. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3 (3):1357-1369.
- Marchiori, P. E., Machado, E. C., Ribeiro, R. V. (2014) Photosynthetic limitations imposed by self-shading in field-grown sugarcane varieties. *Field Crops Research*, 155:30-37.
- Matos, F. S., Wolfgramm, R., Gonçalves, F. V., Cavatte, P. C., Ventrella, M. C., DaMatta, F. M. (2009) Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. *Environmental and Experimental Botany*, 67 (2):421-427.

- Morais, H., Marur, C. J., Caramori, P. H., Koguishi, M. S., Gomes, J. C., Ribeiro, A. M. A. (2008) Desenvolvimento de gemas florais, florada, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (4):465-472.
- Oliveira, P. V. C., Queiroz, B. C. A., Piovesan, N., Oliveira, P. V. C., Lima, M. H. C., Pereira, A. S., Neto, C. O. A., Lima, W. O. (2020a) Substituição da farinha de trigo por farinha de banana verde na elaboração de biscoito tipo cookie. *Brazilian Journal of Development*, 6 (10):75662-75672.
- Padovan, M. P., Cortez, V. J., Navarrete, L. F., Navarrete, E. D., Deffner, A. C., Centeno, L. G., Munguía, M. R., Barrios, J. S., Vílchez-Mendoza, C., Vega-Jarquín, D., Costa, A. N. (2015) Root distribution and water use in coffee shaded with *Tabebuia rosea* Bertol and *Simarouba glauca* DC compared to full sun coffee in sub-optimal environmental conditions. *Agroforestry Systems*, 89 (5):857-868.
- Pastenes, C., Horton, H. (1996) Effect of high temperature on photosynthesis in beans II. CO<sub>2</sub> assimilation and metabolite contents. *Plant Physiology*, 112:1253-1260.
- Perdoná, M. J., Cruz, J. C. S., Fischer, I. H. (2013) Cultivo consorciado de café e macadâmia. *Pesquisa & Tecnologia*, 10 (2):1-6.
- Pereira, M. C. T., Salomão, L. C. C., Silva, S. O., Sedyama, C. S., Couto, F. A. D., Neto, S. P. S. (2000) Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:1377-1387.
- Pereira, S. P., Bartholo, G. F., Baliza, D. P., Sobreira, F. M., Guimarães, R. J. (2011) Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46 (2):152-160.
- Pezzopane, J. R. M., Pedro Júnior, M. J., Gallo, P. B., Carmargo, M. B. P. D., Fazuoli, L. C. (2007a) Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Ana'. *Bragantia*, 66 (4):701-709.
- Pezzopane, J. R., Pedro Jr, M. J., Gallo, P. B. (2007b) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 11 (3):256-264.
- Quintino, R. G., Silva, P. H. H., Santos, R. X., Wruck, K., Torres, C. F., Olivas, D. B. L., Colodetti, T. V., Christo, B. F., Rodrigues, W. N., Thomaz, M. A., Amaral, J.

- F. T. (2019) Temperatura foliar e luminosidade ao longo do dossel de cafeeiro arábica em diferentes sistemas de condução. *X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Vitória-ES.
- Rodrigues, W. P., Martins, M. Q., Fortunato, A. S., Rodrigues, A. P., Semedo, J. N., Simões-Costa, M. C., ... Ramalho, J. C. (2016) Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. *Global Change Biology*, 22 (1):415-431.
- Rodrigues, W. P., Silva, J. R., Ferreira, L. S., Machado Filho, J. A., Figueiredo, F. A., Ferraz, T. M., ... Campostrini, E. (2018) Stomatal and photochemical limitations of photosynthesis in coffee (*Coffea* spp.) plants subjected to elevated temperatures. *Crop and Pasture Science*, 69 (3):317-325.
- Ronquim, J. C., Prado, C. H. B. A., Novaes, P., Fahl, J. I., Ronquim, C. C. (2006) Carbon gain in *Coffea arabica* during clear and cloudy days in the wet season. *Experimental Agriculture*, 42 (2):147-164.
- Siles, P., Harmand, J. M., Vaast, P. (2010) Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 78 (3):269-286.
- Silva, E. A., DaMatta, F. M., Ducatti, C., Regazzi, A. J., Barros, R. S. (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, 89 (2-3):349-357.
- Sindhupriya, V., Auxcilia, J., Soorianathasundaram, K. (2018) Studies on effect of spacing and fertigation on leaf characters of banana (*Musa* sp.) cv. quintal nendran (AAB). *International Journal of Chemical Studies*, 6 (6):1820-4.
- Siqueira, H. M., Senna, D. S., Araújo, J. B. S., Silva, M. W., Turbay, E. R. M. G. (2020) Análise econômica de consórcios do cafeeiro conilon com espécies perenes e florestais no sul do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 15 (5):14-14.
- Taques, R. C., Dadalto, G. G. (2015) *Zoneamento agroclimático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo*. (Ed.). Café Conilon. Vitória: Incaper: 38-40.
- Thomazini, A., Mendonça, E. S., Cardoso, I. M., Garbin, M. L. (2015) SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. *Geoderma Regional*, 5 (1):15-24.

- Todorov, D. T., Karanov, E. N., Smith, A. R., Hall, M. A. (2003) Chlorophyllase activity and chlorophyll content in wild type and eti 5 mutant of *Arabidopsis thaliana* subjected to low and high temperatures. *Biologia Plantarum*, 46 (4):633-636.
- Trevisan, E., Valani, G. P., Oliosi, G., Partelli, F. L. (2016) Índice relativo de clorofila e crescimento vegetativo no café Conilon em sistema consorciado com mamão e a pleno sol. *In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*.
- Trindade, A. V., Borges, A. L., Souza, A. S., Oliveira, A. M. G., Matos, A. P., Almeida, C. O., Costa, D. C., Alves, E. J., Coelho, E. F., Dantas, J. L. L., Souza, J. S., Souza, L. S., Lima, M. B., Francelli, M., Meissner-Filho, P. E., Silva, S. O., Oliveira, S. L., Medine, V. M., Soares-Filho, W. S., Cordeiro, Z. J. M. (2000) *Banana Produção: Aspectos técnicos. Frutas no Brasil*. Embrapa – Brasília-DF: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, 143p.
- Valadares, S. V., Neves, J. C. L., Rosa, G. N. G. P., Martinez, H. E. P., Venegas, V. H. A., Lima, P. C. (2013) Produtividade e bialidade da produção de cafezais adensados, sob diferentes doses de N e K. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48 (3):296-303.
- Van Asten, P. J., Wairegi, L. W. I., Mukasa, D., Uringi, N. O. (2011) Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda’s smallholder farming systems. *Agricultural Systems*, 104 (4):326-334.
- Xu, Y., Wang, C. Zhang, R., Ma, C., Dong, S., Gond, Z. (2021) The relationship between internode elongation of soybean stems and spectral distribution of light in the canopy under different plant densities. *Plant Production Science*, 24 (3):326-338.

## APÊNDICES



Figura 1A. Etapas iniciais da implantação da lavoura de cafeeiro conilon com bananeira 'Terra'.



Figura 2A. Desenvolvimento e avaliações da lavoura cafeeira consorciada com bananeira 'Terra'.



Figura 3A. Etapas de pré-colheita da cultura da bananeira 'Terra'.