

CAFEEIRO CONILON CONDUZIDO NA PODA PROGRAMADA DE  
CICLO CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

**DIEGO CORONA BAITELLE**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO – 2023

CAFEEIRO CONILON CONDUZIDO NA PODA PROGRAMADA DE  
CICLO CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

**DIEGO CORONA 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 Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2023

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

**B164** Baitelle, Diego Corona.

CAFEIEIRO CONILON CONDUZIDO NA PODA PROGRAMADA DE CICLO CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA' / Diego Corona Baitelle. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

116 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. Consorcio. 3. arranjo espacial. 4. Musa sp. 5. Ambiente. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

CAFEEIRO CONILON CONDUZIDO NA PODA PROGRAMADA DE  
CICLO CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA'

**DIEGO CORONA 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 Doutor em Produção Vegetal.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2023.

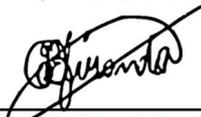
Comissão examinadora:



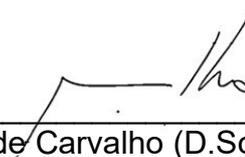
Paulo Cesar dos Santos (D.Sc., Produção Vegetal) – Prefeitura de Campos



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



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



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

## DEDICATÓRIA

À minha esposa, Kezia, por toda ajuda, dedicação, apoio, paciência, companheirismo, amor e por não me deixar desistir ao longo dessa jornada.

Aos meus pais, Devalmir e Sirley, pela vida, amor, pelos grandes e sábios ensinamentos, dedicação e por terem acreditado no sonho que se tornou realidade.

À minha irmã, Débora, pelo incentivo e pelo apoio por todos esses anos. Aos meus avôs Oclério, Clauziria, Maria e Alfredo (*in memoriam*) que, onde quer que estejam, sempre se alegram com a minha vitória.

A toda minha família, amigos, colegas e a todos que, de alguma forma, me apoiaram e estiveram presentes ao longo dessa caminhada.

*“Se o dinheiro for a sua esperança de independência,  
você jamais a terá. A única segurança verdadeira  
consiste numa reserva de sabedoria, de  
experiência e de competência.”*

Henry Ford

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela presença inquestionável em todos os momentos da minha vida, principalmente os de dificuldade; por permitir que eu chegasse até aqui, e por me fazer prosseguir quando o caminho mais fácil era desistir.

A minha família, meu pai Devalmir, minha mãe Sirley e minha irmã Débora, pelo incentivo, amor e pelas orações em minha intenção.

À minha esposa, Kezia, pelo companheirismo, paciência sugestões, ajuda, amor, dedicação em nossa vida e por estar sempre presente em todos os momentos.

Ao meu orientador, professor e amigo, Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho, pela sua grande ajuda, dedicação e por estar sempre à disposição.

Ao Prof. Fabio Luiz Partelli, da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo apoio para avaliações e na coorientação.

À banca examinadora, por aceitar o convite e engrandecer o trabalho com excelentes contribuições.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) por apoiar o financiamento de parte dos experimentos.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) pelo apoio ao desenvolvimento de minha pesquisa.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pela oportunidade de realizar o meu doutoramento e pelo suporte necessário para desenvolver os projetos.

Aos meus amigos Gessica Monteiro, Danilo Força Baroni, Jorge, Rafael, por toda ajuda na execução, orientação, escrita, amizade, companheirismo e por me fazer acreditar que mesmo na dificuldade sempre é possível realizar nossos sonhos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse sonho...

Meus sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Caracterização botânica e importância econômica do cafeeiro	4
2.1.1 Variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201	6
2.2 Caracterização botânica e econômica da bananeira	6
2.2.1 Cultivar 'Terra' ( <i>Musa</i> sp., grupo AAB, subgrupo Terra)	8
2.3 Poda programa de ciclo no cafeeiro	9
2.4 Consórcios agrícolas	11
2.4.1 Consórcios em cafeeiro conilon	11
2.4.2 Consórcios com bananeiras	13
2.5 Eficiência de sistemas consorciados	14
2.5.1 Microclima e ecofisiologia em sistemas consorciados	15
2.5.2 Morfologia de plantas em sistemas consorciados	16
3. TRABALHOS	18

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA' EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	21
RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
FISIOLOGIA E MICROCLIMA DO CAFEIEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA' EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS	45
RESUMO	45
ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
4. RESUMOS E CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

## RESUMO

Baitelle, Diego Corona. D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Julho de 2022. **Cafeeiro conilon conduzido na poda programada de ciclo consorciado com bananeira ‘Terra’**. Orientador: Prof. Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho. Coorientador: Prof. Dr. Fabio Luiz Partelli

A cafeicultura exerce relevante influência no setor econômico, social e cultural, representando uma das atividades agrícolas mais importantes para o Brasil. Dentre as contribuições para o aumento da produtividade da cultura, as inovações no manejo da poda têm se destacado, principalmente a poda programada de ciclo, que vem se consolidando no cafeeiro conilon. Um entrave da poda programada de ciclo é a redução da produtividade no ano em que ela é implantada, fato que desestimula sua adoção por parte de alguns cafeicultores. Uma alternativa para minimizar esse entrave, é a utilização do consórcio com cultura de ciclo curto, que além de uma renda extra na área, pode atenuar condições estressantes devido ao microclima formado. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo verificar o crescimento, morfologia, produtividade, fisiologia e microclima do consórcio entre cafeeiro conilon (variedade ‘Jequitibá Incaper 8122’, clone 201) conduzido na poda programada de ciclo, com a bananeira ‘Terra’ cultivada em diferentes espaçamentos. 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, além da testemunha, representada pelo cafeeiro solteiro. O crescimento do cafeeiro foi influenciado pelos arranjos, em que os menores espaçamentos proporcionaram maiores médias de altura de plantas, indicando possível estiolamento devido à limitação de luz no ambiente. A bananeira não foi influenciada pelos espaçamentos e distanciamentos

propostos, mantendo o seu desenvolvimento vegetativo contínuo ao longo do seu ciclo de produção. Os resultados obtidos para a caracterização do microclima, revelaram que a radiação fotossinteticamente ativa e temperatura do ar foram maiores durante o verão, já a umidade do ar apresentou comportamento inverso, com maiores médias no inverno, sendo benéfico principalmente em dias com elevadas temperaturas. O sombreamento promovido pelos arranjos espaciais não reduziu os parâmetros fisiológicos das plantas de café conilon. O consórcio entre bananeira 'Terra' e cafeeiro conilon submetido à poda programada de ciclo é viável quando se empregam as bananeiras nos espaçamentos de 6 x 4 m cultivada à 1,5 m das plantas do cafeeiro, 9 x 2 e 9 x 3 m cultivada à 4,5 m de distância do cafeeiro. O espaçamento de 9 x 2 m entre as bananeiras cultivada à 4,5 m do cafeeiro proporciona maior produtividade em ambas as culturas, trazendo maior aproveitamento da área.

## ABSTRACT

Baitelle, Diego Corona. D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. July 2022. Conilon coffee conducted in the programmed pruning cycle intercropped with banana 'Terra'. Advisor: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho. Co-advisor: Prof. Fábio Luiz Partelli.

Coffee farming has a relevant influence on the economic, social and cultural sector, representing one of the most important agricultural activities for Brazil. One of the biggest contributions to the increase in crop productivity is the technological level used, mainly with the innovations in pruning management with the implementation of the cycle program, which is very consolidated in the conilon coffee tree. An alternative to circumvent the zero harvest is the use of intercropping during this period, which in addition to an extra income, the use of intercropping in coffee trees generates a moderate shading that attenuates stressful conditions due to the microclimate formed and improves the sustainability of the environment, in addition to production of some product of interest. Therefore, this work aimed to verify the growth, morphology, physiology and microclimate of the conilon coffee intercrop (variety 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201) carried out in programmed cycle pruning, with 'Terra' banana cultivated in different spacings. The experimental design adopted was in randomized blocks (DBC) with seven treatments and four replications, the treatments refer to six spatial arrangements of the banana tree submitted to intercropping with coffee, in addition to the control, represented by the single coffee tree. The coffee plant growth was influenced by the arrangements, in which the smallest spacings provided the highest average plant height, indicating a

possible etiolation due to the limitation of light in the environment. The banana tree was not influenced by the proposed spacing and distances, maintaining its continuous vegetative development throughout its production cycle. The intercropping between 'Terra' banana and conilon coffee subjected to programmed cycle pruning is viable when bananas are used in spacings of 6 x 4 m cultivated at 1.5 m from the coffee plants, 9 x 2 and 9 x 3 m cultivated 4.5 m away from the coffee tree. The spacing of 9 x 2 m between the banana trees grown at 4.5 m from the coffee tree provides greater productivity in both cultures, bringing greater use of the area. The results obtained for the characterization of the microclimate reveal that the photosynthetically active radiation and air temperature were higher during the summer, while the air humidity showed the opposite behavior, with higher averages in winter, being beneficial mainly on days with high temperatures. The shading promoted by the spatial arrangements did not reduce the physiological parameters of the conilon coffee plants, despite the variations between harvest times and seasons, the consortium proved to be a viable alternative to optimize manpower and invested resources.

## 1. INTRODUÇÃO

O cafeeiro exerce relevante influência no setor econômico, social e cultural, sendo o café um dos produtos primários mais valiosos no comércio mundial. Além disso, ele também representa uma das atividades agrícolas mais importantes para o Brasil. Entre as espécies cultivadas 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, favorecendo renda e empregos rurais em todas as regiões produtoras (Conab, 2022).

Dentre as inovações tecnológicas responsáveis pelo aumento da produtividade, pode-se destacar as inovações no manejo da poda, como a programada de ciclo que é muito consolidada no cafeeiro conilon, e eleva a produtividade média em 20% quando comparado aos sistemas tradicionais (Verdin-Filho et al., 2008; Verdin-Filho et al., 2012). A poda programada de ciclo também é economicamente mais viável do que a poda tradicional para agricultura familiar (Baitelle et al., 2018).

Ao implementar a poda programada de ciclo, pode haver aumento no custo operacional no primeiro ano se comparado ao custo das lavouras tradicionais. Isso ocorre, pois a eliminação de 50 a 75% das hastes para a formação de novas brotações (Verdin-Filho et al., 2008; Verdin-Filho et al., 2014; Baitelle, 2018) reduz

a produção na próxima safra, diminuindo os retornos financeiros naquele ano, o que desestimula a adoção dessa prática por parte dos cafeicultores.

Para aderir à poda programada de ciclo, o cafeicultor precisa aumentar o investimento financeiro na atividade, devido à baixa produção durante a safra posterior a sua implantação. Uma alternativa para contornar essa adversidade é o consórcio do cafeeiro com culturas de ciclo rápido que proporcionará ao produtor uma fonte de renda extra nos momentos em que o cafeeiro não estiver em plena produção. Esta estratégia contribui financeiramente para adesão da prática, além de oferecer benefícios econômicos capazes de abater, parcialmente ou totalmente, os custos de implantação da poda programada de ciclo. No entanto, nenhum trabalho foi executado visando avaliar a viabilidade técnica e econômica de consórcios com cafeeiro na poda programada de ciclo.

O consórcio é uma prática de baixo custo, sendo financeiramente acessível para pequenos agricultores (Lin, 2010). A utilização do consórcio em cafeeiros gera um sombreamento moderado que atenua condições estressantes e melhora a sustentabilidade do ambiente, além da possibilidade de produção de algum produto de interesse do agricultor (DaMatta et al., 2017).

A cultura da bananeira (*Musa* spp.) vem se destacando no agronegócio brasileiro e pode ser uma opção viável no consórcio com cafeeiro (Araújo et al., 2015), uma vez que a produção de banana para o consumo *in natura* representa a maior quantidade de frutas produzidas no mundo (Faostat, 2018). Dentre o gênero *Musa*, a cultivar Terra (grupo AAB, subgrupo Terra) é, potencialmente, o mais indicado para o tipo de consórcio proposto, já que seu ciclo é relativamente rápido, variando entre 560 e 620 dias, e seu retorno econômico é viável, considerando a baixa demanda de investimento e mão de obra (Albuquerque e Borges, 2016), quando comparada com outros subgrupos do gênero.

Acredita-se que o consórcio do cafeeiro conilon com bananeira 'Terra' pode trazer renda extra, e ser uma alternativa viável para suprir os custos de manutenção da lavoura de cafeeiro durante a implantação da poda programada de ciclo. Além disso, é possível que esse consórcio colabore com o desenvolvimento inicial das brotações oriundas da poda, pelo microclima favorável a ser criado sobre o cafeeiro, sem trazer prejuízos em seu desenvolvimento vegetativo, fisiológico e produtivo.

Diante do exposto, nota-se a necessidade da realização de estudos que busquem investigar a viabilidade técnica e financeira do consórcio entre cafeeiro conilon, submetido à poda programada de ciclo, e bananeira 'Terra' cultivada em diferentes espaçamentos. Com isso, será possível determinar o melhor espaçamento da bananeira para consórcio com cafeeiro no ano da retirada das hastes para a formação de brotações, período em que o produtor terá menor retorno econômico em função da menor produtividade do cafeeiro na próxima safra.

Este trabalho teve como objetivo verificar o crescimento, morfologia, produtividade, fisiologia e microclima do consórcio entre cafeeiro conilon (variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201) conduzido na poda programada de ciclo, com a bananeira 'Terra' cultivada em diferentes espaçamentos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caracterização botânica e importância econômica do cafeeiro

O cafeeiro é um arbusto que pertence à classe Magnoliopsida, ordem Rubiales, família Rubiaceae, seção Eucoffea e subseção Erithrocoffea com centro de origem na Etiópia, onde é cultivado em locais predominantemente sombreados, nas regiões montanhosas ocidentais, entre 1.000 e 2.500 m de altitude (Miranda et al., 1999). Existem mais de 500 gêneros e 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 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, pelos 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 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, portanto, 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 com reprodução autoincompatíveis entre si. Portanto, ao 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, o caule principal, ortotrópico, cresce verticalmente e os ramos laterais, plagiotrópicos, crescem quase horizontalmente (Ronchi e Damatta, 2017).

A cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no país. São cerca de 287 mil cafeicultores, predominando os de micro e pequeno porte, em aproximadamente 1900 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’ foi um dos resultados do programa de melhoramento genético do Incaper. Trata-se de uma variedade formada pelo agrupamento de nove clones compatíveis. Ela possui moderada resistência à ferrugem, tolerância ao déficit hídrico, alto vigor vegetativo e características agrônomicas superiores (Ferrão et al., 2013).

A produtividade 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, atingindo a classificação de 79,01 pontos (superior/prêmio) (Ferrão et al., 2013).

O clone 201, dentre os nove que compõe a variedade, também popularmente conhecido como “LB1”, apresenta boa aceitação no Espírito Santo, e é um dos preferidos e cultivados por cafeicultores capixabas. Acredita-se que esse clone possa ser indicado para o consórcio com bananeiras, principalmente por apresentar características desejáveis, dentre elas: 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, um órgão de reserva onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O rizoma ou caule subterrâneo geralmente apresenta diâmetro superior a 30 cm, e é a parte da bananeira em que 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. Outros centros secundários ocorrem na África Oriental, em algumas ilhas do Pacífico, e uma considerável diversidade genética pode ser encontrada na África Ocidental (Champion, 1967). As cultivares encontradas nestas regiões evoluíram de espécies selvagens e apresentam três níveis de ploidia, existindo 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, em 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, sendo cultivada 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.). A produção de banana para o consumo *in natura* representa a maior quantidade de frutas no mundo (Faostat, 2018).

A banana constitui parte integrante da alimentação das populações de baixa a alta renda. Em 2016, a área destinada ao cultivo da bananeira no mundo era de

aproximadamente 5,5 milhões de hectares, com uma produção de 113 milhões de toneladas (Faostat, 2018). O Brasil se destaca como o quarto produtor mundial de banana (Faostat, 2018), com uma produção de aproximadamente 6,67 milhões de toneladas em 2017, e uma área cultivada de 465 mil hectares (IBGE, 2019).

O cultivo da bananeira está distribuído por todo o país, sendo a produção do ano de 2020 correspondente a 6.637.308 de toneladas, com 455.004 hectares de área colhida. O estado produtor com maior destaque foi São Paulo, com 1.000.732 toneladas de banana produzida (IBGE, 2020), já no estado do Espírito Santo a produção ficou em torno de 415.882 toneladas e 28.737 hectares de área colhida (IBGE, 2020).

### 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), também se caracterizam 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, ela 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 que são consumidos fritos ou cozidos, folhas grandes e pouco espessas que ficam necrosadas prematuramente devido à sua grande exigência nutricional (Trindade et al., 2000).

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

### **2.3 Poda programa de ciclo no cafeeiro**

Na cafeicultura moderna, que emprega sistemas intensivos de cultivo, é comum a redução do vigor e da produtividade das plantas após alguns ciclos de produção. Esse fato prejudica a produtividade e acentua a bienalidade de produção, sendo necessária a renovação dos ramos para retomar a capacidade produtiva da planta (Thomaziello, 2013). A renovação é feita por meio da poda, com a eliminação de partes vegetativas que perderam ou diminuíram o vigor e não apresentam capacidade de recuperação natural (Thomaziello e Pereira, 2008).

Dentre os tipos de poda empregados no cafeeiro, a poda programada de ciclo (PPC) é um sistema consolidado e muito utilizado por produtores de café conilon do Espírito Santo. A grande difusão dessa poda se deu principalmente pela facilidade de entendimento e execução, além de ser eficaz no revigoramento e aumento de produtividade da lavoura, podendo também ser empregada em pequenas ou 34 grandes áreas (Verdin-Filho et al., 2008).

Algumas pesquisas vêm mostrando que a PPC também pode ser empregada no cafeeiro arábica (Verdin et al., 2016; Baitelle, 2018). Ela é mais viável economicamente para pequenos produtores das regiões de montanha do a poda tradicional empregada na espécie (Baitelle et al., 2018), evidenciando que esse tipo de poda será ainda mais empregado por cafeicultores.

A PPC consiste na introdução de 12.000 a 15.000 hastes ortotrópicas por hectare, por meio da seleção do número hastes por planta em função do espaçamento. Na introdução da PPC recomenda-se a eliminação de 50% a 75% das hastes verticais após a safra. As hastes eliminadas devem permitir a entrada de luz no interior da planta, ocasionando fotodegradação da auxina presente no caule e promovendo a emissão de brotos vigorosos na base das plantas (Verdin-Filho et al., 2008, Verdin-Filho, 2011, Verdin et al., 2016, Baitelle, 2018).

Após a eliminação do percentual de hastes indicado, procede-se à eliminação dos ramos plagiotrópicos que apresentaram de 50% a 70%, ou mais, de

sua capacidade de produção, e, concomitantemente, seleciona-se novos brotos que irão formar as hastes verticais para as próximas três ou quatro safras. O número de brotos a ser selecionado por planta irá variar de acordo com o espaçamento da lavoura, com a pretensão de manter um estande final de 12.000 a 15.000 hastes ortotrópicas por hectare. Os brotos deverão ser selecionados quando apresentarem de 5 a 12 cm de altura, (30 a 40 dias depois da poda). Após a seleção desses brotos deve ser eliminada toda nova brotação que surgir na planta (Verdin-Filho et al., 2008, Verdin-Filho, 2011, Verdin et al., 2016, Baitelle, 2018).

No ano seguinte à implantação da PPC, as hastes remanescentes são colhidas e em seguida eliminadas, permanecendo nas plantas apenas os brotos selecionados no ano anterior. Nesse momento, a lavoura fica completamente renovada e apta para expressar todo seu potencial produtivo. Ela deve ser conduzida da mesma forma nos demais ciclos de produção (Verdin-Filho et al., 2008).

Na PPC a lavoura é totalmente recuperada sem necessidade de eliminação de toda parte aérea como ocorre na recepa, fato que provoca menores danos às plantas e aumenta a produtividade da lavoura durante o ciclo da poda (Verdin-Filho et al., 2010).

Por ser uma tecnologia relativamente nova, a PPC apresenta possíveis desvantagens em relação às podas tradicionais, dentre elas destaca-se: a resistência do produtor no momento da implantação, haja visto que é necessária a eliminação de 50% a 75% das hastes velhas para a formação de brotos, fato que reduzirá a produção total da lavoura na safra seguinte e, conseqüentemente, a lucratividade naquele ano.

Uma alternativa para a implantação da PPC sem perdas significativas nos lucros seria o consórcio com culturas de ciclo curto, uma fonte de renda extra com potencial de suprir a baixa lucratividade do cafeeiro no momento da implantação da poda programada.

## 2.4 Consórcios agrícolas

### 2.4.1 Consórcios em cafeeiro conilon

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 abordam o cafeeiro arábica, sendo que na literatura há poucos trabalhos relacionando o 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. 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 solteiro, e há também a maior produção de grãos nos tratamentos sombreados em alguns casos.

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 atua 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 diferentes genótipos, e cada variedade é composta por diferentes clones, com uma resposta diferente às condições ambientais. Esse fato pode influenciar a produtividade de determinada variedade quando submetida ao sombreamento (Cavatte et al., 2013).

O grande problema dessa gama de clones 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).

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 redução 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 está sendo muito utilizada em diferentes sistemas de consórcios devido a algumas particularidades que a espécie apresenta, como

baixo custo de implantação, ciclo relativamente rápido, boa 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 e 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, o que reduziu o excesso de irradiância e temperatura foliar. No entanto, esse consórcio também reduziu os teores foliares de P, Ca, Mg, S, B, sugerindo que deve haver 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 da banana 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. Eles 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 sistema consorciado entre mandioca e bananeira,

relataram que a mandioca de mesa nesse sistema 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 de 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).

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 aclimação 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 (Oliosi 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 interessante, pois além de atuar na produção de algum produto de interesse, gera um sombreamento moderado que possui papel fundamental para melhorar a sustentabilidade do ambiente (DaMatta et al, 2017). Este manejo pode atenuar situações estressantes do cafeeiro, sendo apontado como uma estratégia adaptativa aos eventos climáticos extremos (Moraes 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 a respiração e a fotorrespiração mais 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 ao O<sub>2</sub>. Assim, a taxa relativa de carboxilação é reduzida 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, e 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 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, 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 a 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*. Esta por sua vez, atua efetivamente 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, porque a concentração de clorofila *b* é superior, permitindo, assim, as plantas maximizarem 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 café 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 grevílea (Salgado et al., 2005); a seringueira (Nascimento et al., 2006); o Cedro Australiano (Oliosí et al., 2016); e as frutíferas, bananeira (Pezzopane et al., 2007a e 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, sendo esse o parâmetro mais

utilizado para avaliar seu efeito, 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 ao 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 tanto 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 de plantas, época de sombreamento, condições climáticas vigentes, genótipo adotado, idade da planta, dentre 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

#### CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA' EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

##### RESUMO

A poda programada de ciclo é um sistema inovador e muito utilizado entre os agricultores para a renovação de lavouras cafeeiras. Apesar de elevar a produtividade média do cafeeiro a longo prazo, esse sistema de poda pode aumentar o custo operacional no período em que é realizada. Objetivou-se verificar as respostas no crescimento, desenvolvimento morfológico e produtividade do cafeeiro conilon variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201, conduzido na poda programada de ciclo, em consórcio com a bananeira 'Terra' cultivada em diferentes espaçamentos. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais da bananeira submetidos ao consórcio com cafeeiro, além da testemunha, representada pelo cafeeiro solteiro. O crescimento do cafeeiro foi influenciado pelos arranjos, em que os menores espaçamentos proporcionaram maiores médias de altura de plantas, indicando possível estiolamento devido à

limitação de luz no ambiente. A bananeira não foi influenciada pelos espaçamentos e distanciamentos propostos, mantendo o seu desenvolvimento vegetativo contínuo ao longo do seu ciclo de produção. O consórcio entre bananeira 'Terra' e cafeeiro conilon submetido à poda programada de ciclo é viável quando se empregam as bananeiras nos espaçamentos de 6 x 4 m cultivada à 1,5 m das plantas do cafeeiro, 9 x 2 e 9 x 3 m cultivada à 4,5 m de distância do cafeeiro. O espaçamento de 9 x 2 m entre as bananeiras cultivada à 4,5 m do cafeeiro proporciona maior produtividade em ambas as culturas, trazendo maior aproveitamento da área.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, arranjo espacial, *Musa* sp., consórcio, densidade

#### ABSTRACT

#### GROWTH AND PRODUCTIVITY OF CONILON COFFEE CONSORTIUM WITH 'TERRA' BANANA IN DIFFERENT SPACES

Programmed cycle pruning is an innovative system that is widely used among farmers for the renewal of coffee crops. Despite raising the average productivity of the coffee tree in the long term, this pruning system can increase the operating cost in the year in which it is carried out. It is believed that the adoption of intercropping with short-cycle crops can be an interesting alternative for bringing extra income to the crop. The objective was to verify the responses in the growth, morphological development and productivity of the conilon coffee variety 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201, conducted in programmed cycle pruning, in intercropping with the 'Terra' banana cultivated in different spacings. The experimental design adopted was in randomized blocks with seven treatments and four replications. The treatments refer to six spatial arrangements of the banana tree submitted to intercropping with coffee, in addition to the control, represented by the single coffee tree. The coffee plant growth was influenced by the arrangements, in which the smallest spacings provided the highest average plant height, indicating a possible etiolation due to the limitation of light in the environment. The banana tree was not influenced by the

proposed spacing and distances, maintaining its continuous vegetative development throughout its production cycle. The intercropping between 'Terra' banana and conilon coffee subjected to programmed cycle pruning is viable when bananas are used in spacings of 6 x 4 m cultivated at 1.5 m from the coffee plants, 9 x 2 and 9 x 3 m cultivated 4.5 m away from the coffee tree. The spacing of 9 x 2 m between the banana trees grown at 4.5 m from the coffee tree provides greater productivity in both cultures, bringing greater use of the area and greater gross revenue.

**Keywords:** *Coffea canephora*, spatial arrangement, *Musa* sp., intercropping, density.

## INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos primários mais valiosos no comércio mundial e representa uma das atividades agrícolas mais importantes para o Brasil. No estado do Espírito Santo, o café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) é responsável pela geração da maior parte da renda e dos empregos rurais, sendo que o estado possui a maior área cultivada da cultura no país (Conab, 2022).

Dentro do ciclo fenológico do cafeeiro, a poda e o desbaste são as práticas de manejo mais recomendadas para sua manutenção e rejuvenescimento, além de garantirem a estrutura da arquitetura vegetativa e a possibilidade da retomada de maiores produtividades após a estagnação da produção (Dalcomo et al., 2017). Dentre os tipos de poda, a poda programada de ciclo (PPC) é um sistema inovador, viável técnica e economicamente, além de ser muito utilizada pelos produtores de café conilon do Espírito Santo (Verdin-Filho et al., 2016; Baitelle et al., 2018; Baitelle et al., 2020).

Para implantar a PPC recomenda-se a eliminação de 50% a 75% das hastas verticais após a safra, e eliminação dos ramos plagiotrópicos que atingiram 50% da sua capacidade produtiva. Esta ação permite a entrada de luz no interior da planta, fato que induz a fotodegradação da auxina e a emissão de brotos vigorosos na base das plantas, para posterior seleção das novas hastas na lavoura

(Verdin-Filho et al., 2016, Baitelle et al., 2020). O principal entrave da PPC é a redução da produtividade da lavoura no ano seguinte à implantação, devido à redução das hastes produtivas. Uma alternativa viável aos cafeicultores pode ser o consórcio com culturas de ciclo curto, uma vez que estas culturas podem ser uma fonte de renda extra ao produtor, com potencial de suprir a redução da lucratividade do cafeeiro no momento da implantação da poda programada.

O uso da bananeira (*Musa* sp.) em sistemas consorciados pode tornar o cultivo mais viável, principalmente por ser uma cultura com baixo custo de implantação, com ciclo relativamente rápido, boa demanda de mercado, por proporcionar condições favoráveis ao crescimento/desenvolvimento de várias espécies vegetais sob o dossel, além de atenuar problemas de radiação solar excessiva sobre a cultura implantada sob a bananeira (Araújo et al., 2015).

No cafeeiro conilon a competição por luz pode ser o principal fator que atua 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). Entretanto, o sombreamento pode ser uma alternativa em culturas perenes, já que promove a redução da temperatura no ambiente, diminui o índice de abortamento floral, e ainda reduz a velocidade do vento e promove a manutenção da umidade relativa do ar, sendo esses fatores climáticos os principais que interagem sobre o crescimento, produtividade e qualidade dos grãos de café (Camargo, 1985, Lima et al., 2020, Machado et al., 2020).

Diante do exposto, objetivou-se verificar as respostas no crescimento, morfologia e produtividade do cafeeiro conilon variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201 submetido à PPC, consorciados em diferentes arranjos espaciais com bananeira 'Terra'.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental e condições climáticas

O experimento foi realizado em condições de campo 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 - Brasil. 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.

Durante todo o experimento, as condições microclimáticas (temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), radiação global (KJ/m<sup>2</sup>) e vento (m/s) — máximo, médio e mínimo) foram monitoradas e coletadas diariamente, por meio de uma miniestação automática de coleta de dados, referente ao período de condução do experimento (Figura 1).

A cultura principal no experimento foi constituída pelo cafeeiro implantado em março de 2013, no espaçamento de 3,0 m x 1,0 m, com as plantas dispostas no sentido Leste-Oeste e com manejo de irrigação do tipo gotejamento. A lavoura é composta por cinco clones, sendo três da variedade Jequitibá Incaper (201, 202 e 203) e dois da variedade Vitória Incaper 8142 (7V e 12V). Por necessidade de revigoramento das plantas, foi procedida a poda programada de ciclo no cafeeiro em setembro de 2018.

O bananal foi plantado em janeiro de 2019, sendo formado com mudas do tipo “chifre”, material genético do grupo AAB, subgrupo Terra e cultivar ‘Terra’, que foram obtidas em viveiro de produção de mudas da região. Sua implantação foi realizada seguindo entre a linha de plantio do cafeeiro com os espaçamentos descritos no delineamento experimental, com irrigação do tipo gotejamento e independente da lavoura cafeeira.

A implantação da poda programada de ciclo (PPC) na lavoura ocorreu em setembro de 2018, constituiu-se da retirada de 75% das hastes velhas e 50% dos ramos plagiotrópicos (Verdin et al., 2016, Baitelle et al., 2020). A primeira desbrota foi executada aos 60 dias, após a poda com a seleção de três brotos ortotrópicos por planta para compor a densidade final de aproximadamente 10.000 hastes por hectare. Periodicamente, foram realizadas três desbrotas por ano, visando a eliminação dos demais brotos que surgiram posteriores à seleção.

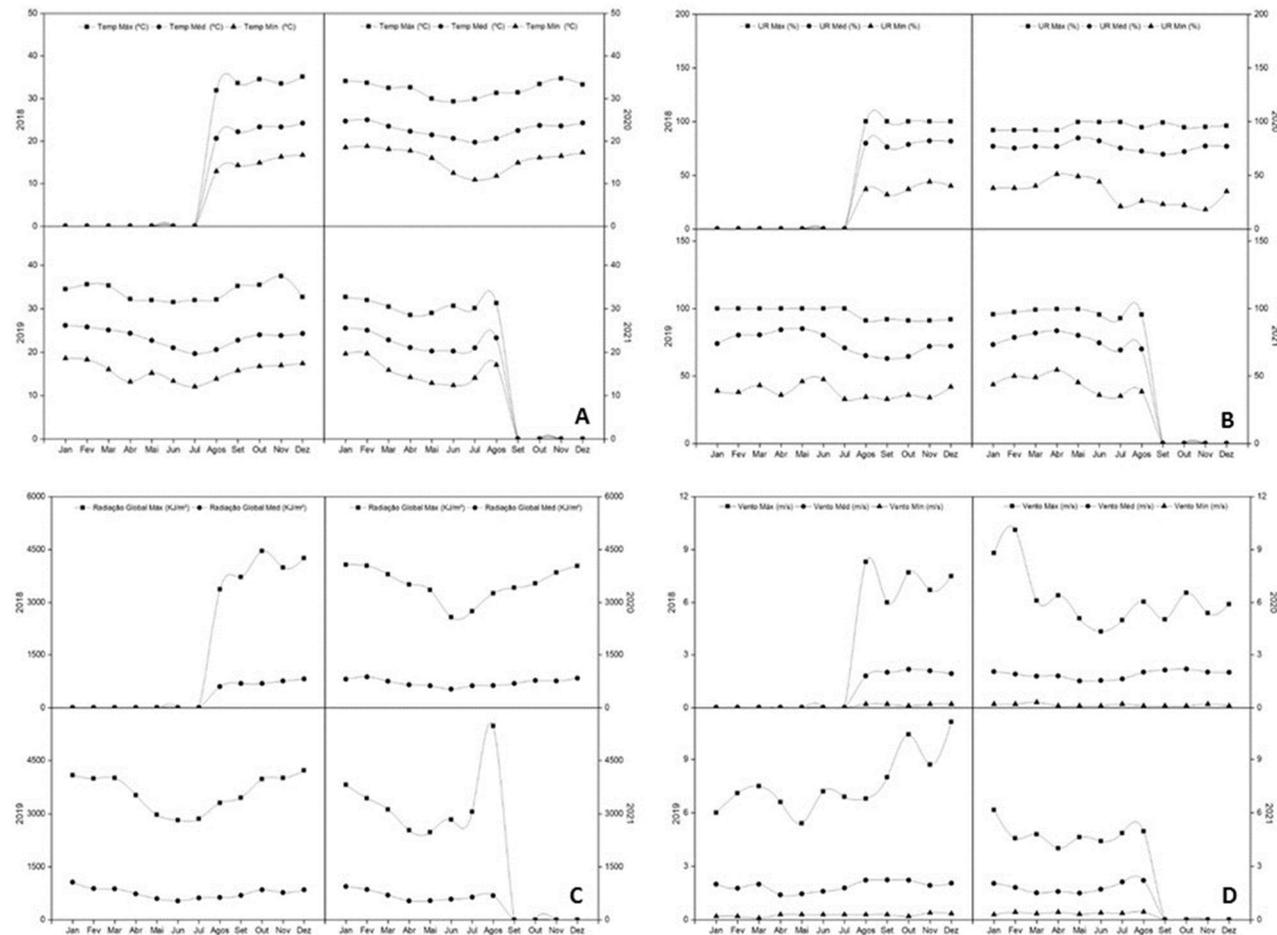


Figura 1. A) Temperatura máxima do ar (Temp Máx.), média do ar (Temp Méd.) e mínima do ar (Temp Mín.), em °C; B) Umidade relativa máxima do ar (UR Máx.), média do ar (UR Méd.) e mínima do ar (UR Mín.), em %; C) Radiação global máxima do ar (Máx.) e média (Méd.), em KJ/m<sup>2</sup>; D) Velocidade máxima (Máx.), média (Méd.) e mínima do ar (Mín.), em m/s, registradas durante o período experimental.

Foi realizado delineamento de blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições em ambas as culturas. Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais submetidos ao consórcio entre a bananeira e o cafeeiro, além da testemunha, representada pelo cafeeiro solteiro (Tabela 1). A parcela experimental de cada repetição foi composta por 28 metros, sendo considerados úteis os 12 metros centrais.

Tabela 1. Caracterização dos sete arranjos espaciais aplicados ao experimento, com seus respectivos espaçamentos e distanciamentos aplicados ao consórcio entre o cafeeiro e a bananeira

Tratamento	Cultura	Espaçamento (m)	Distanciamento do cafeeiro (m)*
T1 (Arranjo 1)	Bananeira	6 x 3	1,5
T2 (Arranjo 2)	Bananeira	6 x 4	1,5
T3 (Arranjo 3)	Bananeira	9 x 2	4,5
T4 (Arranjo 4)	Bananeira	9 x 2	1,5
T5 (Arranjo 5)	Bananeira	9 x 3	4,5
T6 (Arranjo 6)	Bananeira	9 x 3	1,5
T7 (Arranjo 7)	Cafeeiro solteiro	3 x 1	-

\* Distanciamento do cafeeiro refere-se à distância em que a bananeira foi plantada em relação às fileiras de café.

A tabela 1 está representada pelo esquema ilustrativo apresentado a seguir:

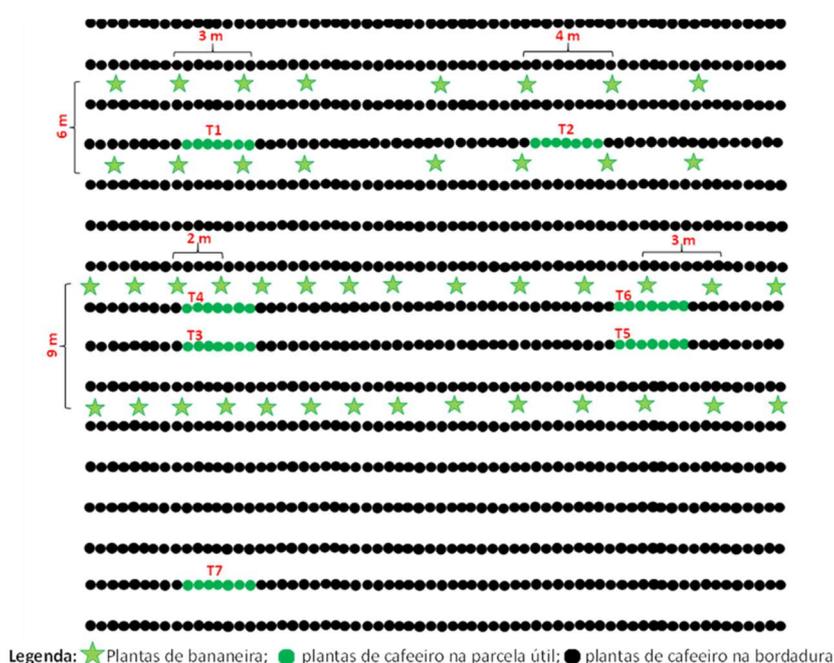


Figura 2. Esquema ilustrativo dos arranjos espaciais.

As parcelas, as avaliações do cafeeiro foram realizadas somente no clone 201 da variedade Jequitibá Incaper. Para tanto, foram coletados dados em três períodos: fevereiro e agosto de 2020, e fevereiro de 2021.

Em cada coleta, avaliou-se: a) 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); b) Diâmetro de caule inferior (DCI): foi 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); c) Diâmetro de caule superior (DCS): foi 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); d) Número de ramos plagiotrópicos na parte inferior da planta (NFI): foi obtido pela contagem dos ramos plagiotrópicos na parte inferior de cada planta; e) Número de ramos plagiotrópicos na parte superior das plantas (NRS): foi obtido pela contagem dos ramos plagiotrópicos na parte superior de cada planta; f) Comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte inferior das plantas (CRI): foi 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); g) Comprimento dos ramos plagiotrópicos na parte superior das plantas (CRS): foi 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); h) Número de rosetas no ramo inferior das plantas (NRRI): foi obtido pela contagem do número de rosetas presentes nos ramos plagiotrópicos inferiores utilizados no item “f”; i) Número de rosetas no ramo superior das plantas (NRRS): foi obtido pela contagem do número de rosetas (par de folha com nó) presentes nos ramos plagiotrópicos superiores utilizados no item “g”; j) Temperatura externa da folha do ramo inferior (TEFRI): foi obtida pela mensuração da temperatura externa das folhas presentes nos ramos plagiotrópicos inferiores utilizados no item “f”, com o auxílio de um termômetro digital (°C); k) Temperatura externa da folha do ramo superior (TEFSI): foi obtida pela mensuração da temperatura externa das folhas presentes nos ramos plagiotrópicos superiores utilizados no item “g”, com o auxílio de um termômetro digital (°C).

Nos três períodos também se avaliou o crescimento de uma folha recém-lançada até a estabilização da nervura central (ontogenia foliar), mensurando semanalmente o comprimento, a largura da folha e a área foliar.

As avaliações da produtividade do cafeeiro foram realizadas nos anos de 2020 e 2021, quando o percentual de frutos verdes era inferior a 20%. A colheita foi de forma manual e com o auxílio de peneiras. As amostras de cada parcela foram colhidas, identificadas, pesadas e secas individualmente em estufa suspensa, até apresentarem um teor de água nos grãos próximo de 12% (base úmida), percentual recomendado para o armazenamento. Posteriormente, os frutos foram beneficiados e os grãos foram novamente pesados.

As avaliações das características vegetativas da bananeira foram realizadas, durante os anos de 2020 e 2021, em três tempos de avaliação (fevereiro e agosto de 2020 e fevereiro de 2021). Nestas épocas, foram avaliadas: a) Altura de plantas (AP): foi determinada com o auxílio de uma trena métrica, medida do solo até o ápice da última folha (vela) das plantas (m); b) Diâmetro de caule (DC): foi determinado próximo ao solo, cerca de 20 cm a partir da região do coleto, por meio de uma trena métrica (cm); c) Área foliar (AF): a área foliar total (cm<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, conforme Alves et al. (2001); e) Temperatura externa das folhas (TEF): foi obtida pela mensuração da temperatura externa das folhas, com o auxílio de um termômetro digital (°C).

A colheita e avaliação da produtividade da bananeira foram realizadas após os frutos atingirem a maturação fisiológica. As avaliações produtivas constituíram-se das seguintes características: a) Peso do cacho (PC): foi obtido a partir da pesagem do cacho retirados das plantas em balança (kg); b) Comprimento do cacho (CP): foi determinado pela medição da base do primeiro entrenó da penca central até a parte superior da penca, com o auxílio de uma trena métrica (cm); c) Diâmetro do cacho (DC): foi determinado pela medição do diâmetro da penca central com o auxílio de uma trena métrica (cm); d) Número de pencas (NP): foi determinado pela contagem do número de pencas presentes no cacho; e) Peso da penca (PP): foi determinado pela pesagem da penca central do cacho em balança (kg); f) Número de banana na penca (NBP): foi determinado pela contagem do número de pencas presentes na penca; g) Diâmetro da banana (DB): foi determinado pela medição da região central da fruta selecionada, com o auxílio de uma trena métrica (cm); h) Comprimento da banana (CB): foi determinado pela

medição do comprimento da fruta central, com o auxílio de uma fita métrica (cm); i) Peso da banana (PB): obtido pela pesagem da fruta central em uma balança (kg); j) Produção com consórcio - experimento (PE): produtividade obtida em ton/ha, considerando o espaçamento adotado no experimento, a partir da pesagem dos cachos colhidos e pesados em balança e seus valores extrapolados para ton/ha; k) Produção sem consórcio - comercial (PSC): produtividade obtida em ton/ha considerando o espaçamento adotado em plantios comerciais sem consórcio 3x3 m utilizados pelos produtores da região, a partir da pesagem dos cachos colhidos e pesados em balança e seus valores extrapolados para ton/ha (ton/ha). Para fins de uniformidade das avaliações, foram consideradas como representativas as pencas centrais dos cachos, a fruta central da penca e medições na região central da fruta selecionada.

Para as avaliações do desenvolvimento vegetativo do café, foi considerado apenas o clone 201 da variedade Jequitibá Incaper. Para a avaliação da produtividade de ambas as culturas, considerou-se um delineamento em blocos casualizados, apenas com os arranjos espaciais, com sete tratamentos e quatro repetições para o cafeeiro, e seis tratamentos e quatro repetições para as bananeiras. Os dados obtidos em cada avaliação foram submetidos à análise de variância pelo Teste F ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) e em caso de significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), Teste de Scott-Knot ( $p < 0,05$ ) e análise de regressão linear, caso necessário. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* R versão 4.0.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### **Características vegetativas do cafeeiro**

Dentre as características relacionadas ao crescimento do cafeeiro, não houve diferença dentro da parcela (Arranjos – A) apenas para DCI, TEFRI e TEFRS (Tabela 2). Já na subparcela (Tempo – T), todas as variáveis apresentaram diferenças estatísticas, indicando que as plantas apresentaram um desenvolvimento vegetativo constante. (Tabela 2).

A interação entre os fatores A X T não se mostrou significativa para as variáveis NRI, NRRI, DCI e TEFRI e TEFRS, respectivamente, pelo teste F

( $p \leq 0,05$ ). Para as demais variáveis que a interação foi significativa realizou-se o desdobramento dos fatores (Tabela 3).

O desdobramento da interação revelou que todas as características, exceto DCS, foram superiores no maior tempo de avaliação (fevereiro de 2021), pelo teste de Tukey e Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao analisar o fator tempo nos arranjos propostos, os resultados indicam que a resposta dos arranjos foi diferente para cada avaliação e características analisadas. Contudo, observa-se que o arranjo 06, com exceção das variáveis NRS em fevereiro de 2020 e CRS em fevereiro de 2021, teve baixo incremento nos valores, não diferindo em sua grande maioria com as menores médias.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de ramos plagiotrópicos da parte inferior da planta (NRI), Número de ramos plagiotrópicos da parte superior (NRS), comprimento de ramo plagiotrópico inferior (CRI), comprimento de ramo plagiotrópico superior (CRS), número de rosetas por ramo plagiotrópico inferior (NRRi), número de rosetas por ramo plagiotrópico superior (NRRS), diâmetro de caule inferior (DCI), diâmetro de caule superior (DCS), temperatura externa da folha no ramo inferior (TEFRI) e temperatura externa da folha no ramo superior (TEFRS) do cafeeiro, considerando os arranjos espaciais no consórcio entre banana e café, e os tempos de avaliação

Variáveis	Quadrado médio			Média	CV (A) ----- (%)	CV (T) -----
	A	T	A x T			
AP	0,568*	2,461**	0,009*	1,88	6,57	3,50
NRI	28,039*	3060,571**	6,265 <sup>ns</sup>	31,57	10,00	6,51
NRS	63,075*	2175,083**	18,777**	34,06	13,14	7,57
CRI	404,424**	2897,929**	36,345**	68,317	6,71	3,99
CRS	201,246*	4568,709**	77,964**	52,35	15,59	7,63
NRRi	27,302*	118,514**	0,942 <sup>ns</sup>	16,61	16,06	7,78
NRRS	30,761**	258,333**	4,166**	11,74	20,32	10,68
DCI	17,713 <sup>ns</sup>	83,895**	1,902 <sup>ns</sup>	22,29	12,97	4,56
DCS	13,551**	168,409**	1,945*	12,86	11,84	7,43
TEFRI	7,065 <sup>ns</sup>	76,729**	0,370 <sup>ns</sup>	23,15	10,07	3,11
TEFRS	8,352 <sup>ns</sup>	77,583**	0,112 <sup>ns</sup>	24,93	10,53	2,98

<sup>ns</sup>, \*\* e \*, não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F. A = fator arranjo; T = fator tempo; A x T = interação entre os fatores A e T; CV<sub>A</sub> = coeficiente de variação do fator arranjo; CV<sub>T</sub> = coeficiente de variação do fator tempo.

Nota-se também que o arranjo 07 (cafeeiro solteiro) não foi superior aos demais arranjos nos tempos de avaliação, indicando que o cafeeiro consorciado se obteve bom desenvolvimento com a presença das bananeiras (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação para altura da planta, NRS, CRI, CRS, NRRS e DCS entre os arranjos de espaçamento e tempos de avaliação no consórcio de banana e café

Arranjos	Tempos					
	Fev. 20	Ago. 20	Fev. 21	Fev. 20	Ago. 20	Fev. 21
	AP			NRS		
Arranjo 01	1,83 Ba	1,94 Ba	2,30 Aa	26,00 Ba	30,25 Bb	38,50 Ac
Arranjo 02	1,52 Cb	1,83 Bb	2,25 Aa	27,00 Ca	34,50 Ba	44,25 Ab
Arranjo 03	1,64 Cb	1,80 Bb	2,18 Ab	24,50 Ca	36,75 Ba	47,25 Aa
Arranjo 04	1,61 Cb	1,74 Bb	2,13 Ab	27,25 Ca	35,75 Ba	43,00 Ab
Arranjo 05	1,56 Cb	1,72 Bb	2,16 Ab	24,25 Ca	35,50 Ba	44,00 Ab
Arranjo 06	1,67 Cb	1,79 Bb	2,18 Ab	24,00 Ba	28,50 Bb	37,75 Ac
Arranjo 07	1,60 Cb	1,77 Bb	2,25 Aa	25,50 Ca	33,75 Ba	47,00 Aa
	CRI			CRS		
Arranjo 01	61,88 Bb	63,00 Bc	70,50 Ad	42,75 Ba	52,00 Ab	56,75 Ab
Arranjo 02	58,63 Bc	62,00 Bc	77,50 Ac	39,38 Ca	59,88 Ba	68,25 Aa
Arranjo 03	55,00 Cc	62,00 Bc	76,00 Ac	35,00 Cb	44,00 Bc	60,50 Ab
Arranjo 04	62,15 Cb	71,38 Bb	87,75 Aa	42,25 Ca	52,13 Bb	67,00 Aa
Arranjo 05	70,25 Ca	75,50 Ba	90,50 Aa	39,50 Ba	62,25 Aa	70,00 Aa
Arranjo 06	55,00 Cc	60,00 Bc	73,00 Ad	31,03 Cb	46,25 Bc	66,50 Aa
Arranjo 07	55,25 Cc	65,75 Bc	81,64 Ab	45,38 Ca	53,50 Bb	65,00 Aa
	NRRS			DCS		
Arranjo 01	8,75 Ba	11,00 Bb	15,25 Ab	9,92 Bb	13,63 Ab	14,56 Aa
Arranjo 02	8,75 Ca	12,75 Ba	17,75 Aa	9,24 Bb	13,29 Ab	13,93 Ab
Arranjo 03	9,25 Ba	10,75 Bb	12,75 Ac	9,82 Bb	14,86 Aa	15,85 Aa
Arranjo 04	7,75 Cb	10,25 Bb	13,00 Ac	11,21 Ba	13,78 Ab	14,61 Aa
Arranjo 05	9,50 Ca	14,50 Ba	17,00 Aa	9,69 Bb	15,35 Aa	15,88 Aa
Arranjo 06	6,50 Bb	10,00 Ab	11,75 Ac	8,58 Bb	11,50 Ac	12,58 Ab
Arranjo 07	10,00 Ba	13,75 Aa	15,50 Ab	12,01 Ba	14,72 Aa	15,13 Aa

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey e Scott-Knott respectivamente, a 5% de probabilidade

Com exceção do arranjo 01, todos os demais apresentaram as menores médias de altura de planta no menor tempo de avaliação (fevereiro de 2020), ou seja, as plantas tiveram as menores alturas com o aumento do espaçamento ou a ausência do consórcio, como no caso do cafeeiro solteiro (Tabela 3). Este fato pode indicar o início de estiolamento devido ao excesso de sombreamento nos espaçamentos mais adensados entre as bananeiras. Segundo Lacerda et al. (2010), o aumento na altura do cafeeiro é o resultado de uma resposta rápida que a planta tem devido ao estímulo do crescimento em condições de limitação luminosa.

Para a adaptação e a eficiência de crescimento, cada espécie possui uma resposta diferente. No experimento, e quando cultivadas em ambientes com sombreamento excessivo, o estiolamento observado é uma alteração comum em plantas de café. No entanto, a condição de limitação luminosa pode promover uma série de alterações morfofisiológicas desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas, dentre elas a queda de vigor, a redução no número de flores e de frutos da cultura (Braun et al., 2007).

O estiolamento também pode ser observado nos ramos plagiotrópicos, em que os menores espaçamentos entre as bananeiras promoveram ramos de maior tamanho (Tabela 3). Na avaliação de fevereiro de 2020, a emissão de ramos de maneira uniforme pode ter sido influenciada pela fase de repouso da cultura, uma vez que após o mês de junho há um menor crescimento das plantas, principalmente para as novas hastes. É neste período que ocorre o encerramento da fase vegetativa e o início da fase de repouso do cafeeiro (Rodrigues et al., 2016c).

Existe uma correlação entre o comprimento dos ramos plagiotrópicos e o número de rosetas no ramo, ambos na parte superior do cafeeiro. Espera-se que um ramo com maior comprimento também apresente um maior número de rosetas. No entanto, o arranjo 05 mostrou uma melhor resposta das características, CRI e CRS.

Para a determinação da futura produção do cafeeiro, uma característica importante são as rosetas presentes nos ramos, pois é a partir dela que ocorrerá a floração e posterior frutificação dos grãos. Observa-se que os arranjos apresentaram diferentes respostas entre as três avaliações de NRRS. Entretanto, os arranjos 06 e 07 tiveram um aumento nas médias a partir da segunda avaliação e não diferiram entre agosto de 2020 e fevereiro de 2021, o que indica que o crescimento que ocorreu no comprimento do ramo superior, não foi suficiente para a formação de novas rosetas.

A característica DCS teve uma resposta semelhante entre os arranjos que diferiram entre os dois primeiros tempos de avaliação. Contudo, não tiveram diferenças estatísticas entre agosto de 2020 e fevereiro de 2021. Essa resposta ressalta que o consórcio proposto entre as plantas de café e a bananeira do tipo 'Terra' não influenciou no crescimento do diâmetro do caule cafeeiro a partir de

agosto de 2020, com o diâmetro se mantendo próximo aos valores do tratamento Arranjo 07.

Braun et al. (2007) verificaram resultados semelhantes, que, dentre as características avaliadas, apenas o diâmetro do caule não foi influenciado pelos níveis de sombreamento estudado. Os autores ainda ressaltam que maiores valores do diâmetro do caule são bons indicativos de sobrevivência das plantas, uma vez que estão relacionados com as taxas de assimilação líquida, além de ter o crescimento cambial estimulado por carboidratos produzidos pela fotossíntese e hormônios que são translocados das regiões apicais das plantas.

Os resultados para ontogenia foliar apontaram que houve efeito significativo tanto para os arranjos isolados, quanto para DAE, além da interação ao avaliar as características de comprimento da nervura central da folha (mm), largura do limbo foliar (mm) e área foliar (mm<sup>2</sup>) (Tabela 4).

Para a ontogenia foliar cada fator foi observado dentro de cada tempo de avaliação, não havendo influência entre os três tempos estudados. O desdobramento da interação foi estudado por meio da regressão polinomial (Figura 2, 3 e 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para comprimento da folha (CF), largura da folha (LF) e área foliar (AF) considerando os arranjos espaciais no consórcio entre banana e café (A) e os dias após emissão da folha (DAE) nas avaliações de fevereiro de 2020, agosto de 2020 e fevereiro de 2021

Variáveis	Quadrado médio			Média	CV <sub>A</sub> ----- % -----	CV <sub>DAE</sub> -----
	A	DAE	A x DAE			
Fevereiro 2020						
CF	2593,22**	102900,868**	246,27**	82,98	14,78	7,28
LF	263,96**	16713,92**	50,99**	31,46	18,69	10,41
AF	6490585,30**	224458232,76**	1065096,73**	2608,76	25,35	15,41
Agosto 2020						
CF	3917,95**	12084,17**	329,41**	34,40	24,27	14,15
LF	456,44**	3428,21**	40,83**	16,04	41,12	20,81
AF	2189993,89**	4732966,44**	304334,21**	443,13	53,69	28,67
Fevereiro 2021						
CF	6334,88**	97775,83**	764,32**	90,98	13,86	7,49
LF	634,91**	20734,92**	81,70**	38,44	18,48	8,77
AF	24981054,48**	244455049,52**	4203203,47**	2959,79	31,88	17,61

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. A = fator arranjo; DAE = fator dias após a emissão da folha; A x DAE = interação entre os fatores A e DAE; CV<sub>A</sub> = coeficiente de variação do fator arranjo; CV<sub>DAE</sub> = coeficiente de variação do fator DAE

Todos os arranjos apresentaram um incremento nos valores a partir dos 10 DAE, sendo que para o comprimento da folha e área foliar, de modo geral, o arranjo 5 apresentou maiores médias. A largura da folha comportou-se de forma similar, porém, para essa variável, o arranjo 3 apresentou melhores resultados (Figura 3; 4 e 5).

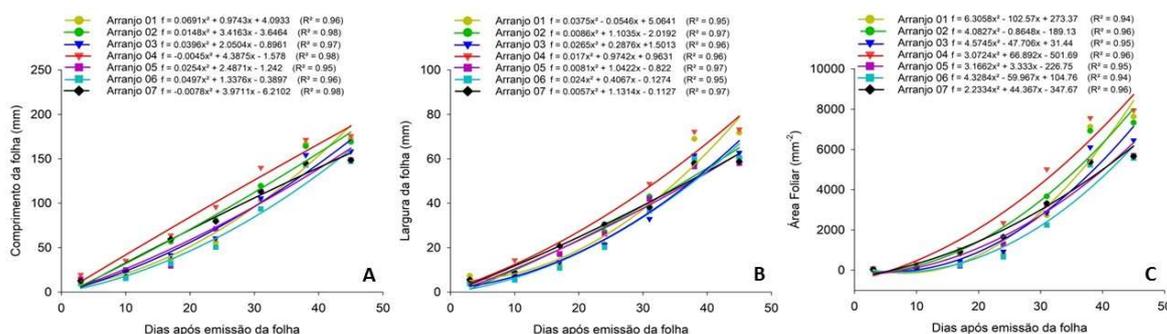


Figura 3. Desdobramento da interação para comprimento da folha (A), largura foliar (B) e área foliar (C), considerando os dias após emissão da folha e os arranjos de espaçamento no consórcio entre banana e café em fevereiro de 2020.

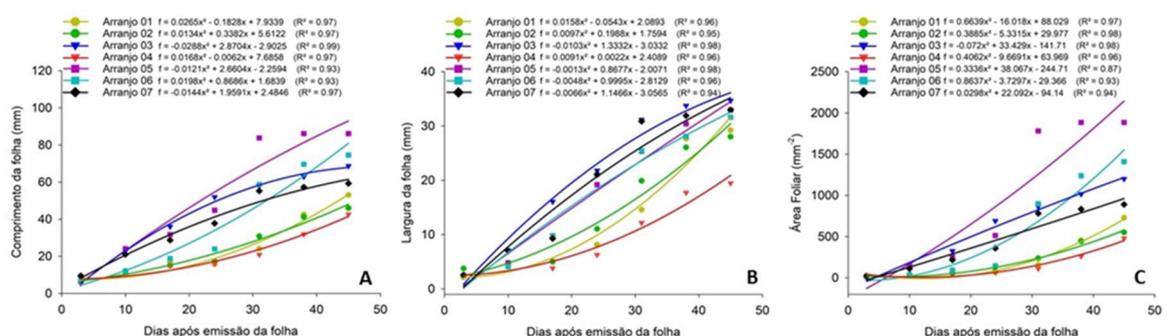


Figura 4. Desdobramento da interação para comprimento da folha (A), largura foliar (B) e área foliar (C), considerando os dias após emissão da folha e os arranjos de espaçamento no consórcio entre banana e café em agosto de 2020.

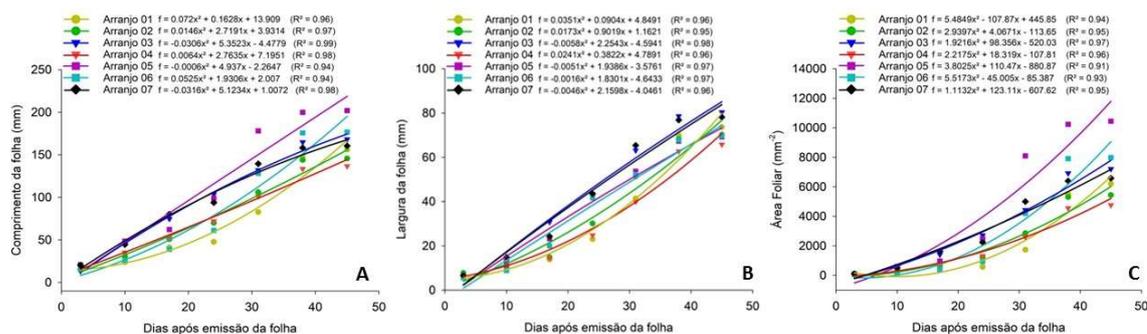


Figura 5. Desdobramento da interação para comprimento da folha (A), largura foliar (B) e área foliar (C), considerando os dias após emissão da folha e os arranjos de espaçamento no consórcio entre banana e café para a avaliação de fevereiro de 2021.

De acordo com Assis et al. (2019), a folha é considerada um dos órgãos mais plásticos quando se trata de respostas aos fatores ambientais. Dessa forma, em relação à testemunha, as maiores médias de área foliar podem ser estratégia para suprir a limitação luminosidade promovida pelas plantas da bananeira, em que as folhas recém-lançadas do cafeeiro teriam um aumento na eficiência da captura da luz (Gobbi et al., 2009, Gruntman et al., 2017, Thakur et al., 2019).

Covre Júnior et al. (2018), ao avaliarem o cafeeiro conilon sob sombreamento com seringueira e a pleno sol, observaram que a arborização proporcionou um aumento na área foliar do cafeeiro no período avaliado. Os autores atribuem este incremento tanto à necessidade de interceptar a RFA, quanto elevar a expansão da área de interceptação, visto a necessidade da planta em interceptar a RFA para a realização dos processos fotossintéticos.

Entretanto, quando as plantas foram expostas a uma condição de redução da luminosidade, Fan et al. (2019) encontraram uma redução na área foliar, e observaram que as folhas sombreadas apresentaram tendência de serem menores e mais finas. Dessa forma, a redução na área foliar observada em alguns arranjos, pode proporcionar um crescimento limitado e, conseqüentemente, uma redução na produtividade da cultura. Todavia, para Partelli et al. (2014), o sombreamento promoveu um aumento na área foliar individual, com diferenças máximas no verão e no inverno entre os tratamentos T1 (3 m de distância das linhas de seringueira) e T5 (15 m de distância das linhas de seringueira).

Em relação à produtividade do cafeeiro, houve diferença em todos os períodos avaliados, com exceção ano de 2019 (Tabela 5). A produtividade obtida no ano de 2019 é referente às hastes remanescentes que ficaram após a implantação da PPC realizada inicialmente em 2018, não sendo constituída dos arranjos propostos. Desta forma, era esperada baixa produtividade em 2019 e uma recuperação na produção de 2020, obtida da formação dos novos brotos, seguida da safra de 2021, que teve o melhor potencial produtivo entre os três anos (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância produtividade no ano de 2019, 2020, 2021, produtividade média e produtividade acumulada considerando os arranjos espaciais no consórcio entre banana e café

Variáveis	Quadrado médio	Média	CV (%)
	A		
Produtividade 2019	8,349 <sup>ns</sup>	24,83	9,72
Produtividade 2020	200,968 <sup>**</sup>	78,56	6,87
Produtividade 2021	777,580 <sup>**</sup>	77,90	6,61
Produtividade média 19-20-21	170,903 <sup>**</sup>	60,43	5,40
Produtividade acumulada	1538,131 <sup>**</sup>	181,29	5,40

<sup>ns</sup> e <sup>\*\*</sup>, não significativo e significativo a 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. A = fator arranjo; CV = coeficiente de variação.

Em 2020, ano em que os brotos formados em 2019 estavam na primeira safra, os arranjos 04 e 06 não tiveram elevada produtividade, diferindo dos demais arranjos. Já na safra de 2021, quando o cafeeiro obteve a segunda produção, a produtividade média dos três anos, e a produtividade acumulada, os arranjos 02, 03 e 05 foram superiores aos demais arranjos, apesar de não apresentarem diferenças estatísticas entre si (Tabela 6).

Em relação aos demais tratamentos, nota-se que os arranjos 02, 03 e 05 tiveram produtividades superiores na safra de 2019/2020 e 2020/2021, evidenciando que, apesar da ausência das plantas de bananeira 'Terra' na área na safra de 2021, é possível que a prática do consórcio tenha proporcionado plantas de cafeeiro com um melhor desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, mais produtivas.

Tabela 6. Desdobramento dos arranjos espaciais para as variáveis produtividade no ano de 2020, 2021, produtividade média (19-20-21) e produtividade acumulada considerando os arranjos espaciais no consórcio entre banana e café

Tratamentos	Produtividade	Produtividade	Produtividade	Produtividade
	2020	2021	19-20-21	acumulada
	----- sacas ha <sup>-1</sup> -----			
Arranjo 01	83,92 A	66,00 C	59,22 B	177,67 B
Arranjo 02	80,08 A	89,36 A	64,85 A	194,54 A
Arranjo 03	82,18 A	90,56 A	65,54 A	196,61 A
Arranjo 04	66,01 B	58,66 C	49,86 C	149,57 C
Arranjo 05	84,46 A	92,86 A	67,37 A	202,10 A
Arranjo 06	71,27 B	66,59 C	53,70 C	161,11 C
Arranjo 07	82,00 A	81,28 B	62,47 B	187,40 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

O excesso de temperatura do ar e a radiação sob o cafeeiro solteiro (testemunha), principalmente no período de verão (Figura 1A e 1C), pode ter contribuído para que o tratamento tenha apresentado menor produtividade, uma vez que altas temperaturas do ar podem limitar o crescimento e a produção de cafeeiros em áreas tropicais (De Abreu et al., 2021, Rodrigues et. al., 2018).

Pezzopane et al. (2003) e Oliosi et al. (20015), observaram que os valores mensais de temperatura máxima do ar no sistema consorciado foram menores quando comparado com o cafeeiro cultivado a pleno sol. Oliosi et al. (2015) ainda associou esse resultado ao efeito da arborização atenuando a interceptar a radiação, impedindo tanto um resfriamento intenso ou amenizando as temperaturas elevadas.

Conforme observado nas avaliações de agosto de 2020 e fevereiro de 2021, o crescimento em área foliar foi superior no arranjo 05 o que pode ter contribuído para que ele apresentasse uma maior produtividade. Dessa forma, houve uma melhor interceptação da luz incidente que pode ter proporcionado uma melhor assimilação de fotoassimilados. A maior produção de fotoassimilados é fator determinante na produtividade e rendimento dos grãos, uma vez que em culturas e na fase de enchimento de grãos, o início desse processo ocorre simultaneamente à obtenção da maior área foliar da planta (Hatfield e Dold, 2019).

As pesquisas indicam um bom desempenho produtivo de culturas consorciadas, conforme relatado por Moreira et al., (2018). Eles trabalharam com cafeeiro associado com a palmeira (*Acrocomia aculeata*), e observaram maior produtividade do cafeeiro neste consórcio, quando comparado com o cultivo solteiro. Ainda de acordo com os autores, a produtividade do cafeeiro foi maior para as fileiras mais distantes, do que aquelas mais próximas desta palmeira. Este resultado corrobora com o encontrado nos arranjos propostos (02, 03 e 05).

Nos maiores adensamentos, um outro fator que pode ter influenciado na redução da produtividade é o sombreamento promovido pelas folhas de bananeira. De acordo com Cavatte et al. (2013), o sombreamento excessivo pode ocasionar um efeito negativo durante o processo reprodutivo do cafeeiro. Esse efeito pode ser observado durante a diferenciação das gemas. Sob condição de sombreamento, pode ocorrer a indução das gemas do ramo para gemas vegetativas, o que resulta na diminuição das gemas florais. Sob condição de limitação na intensidade da luz foi observada a redução da condutância estomática e na assimilação de CO<sub>2</sub>, o que pode causar redução no crescimento e na produtividade da cultura (Thakur et al., 2019).

Para as características relacionadas ao crescimento vegetativo da bananeira 'Terra', avaliada após o plantio em consórcio com o cafeeiro conilon, constatou-se efeito não significativo para o fator arranjo (A), o que indica que a bananeira não foi influenciada pelo espaçamento, bem como pelo distanciamento proposto das plantas do cafeeiro. O crescimento e o desenvolvimento da bananeira se mantiveram contínuo ao longo do ciclo de produção (Tabela 7).

Para as características AP, DC, LF, CF, TEF e AF, quando analisadas para o fator tempo (T), houve efeito significativo entre a primeira avaliação (fevereiro de 2020) e a última (fevereiro de 2021), em que as plantas das bananeiras apresentaram um incremento crescente nas características avaliadas. Para a interação entre os fatores A X T e para todas as variáveis em estudo, não houve efeito significativo, indicando a ausência da influência do espaçamento e do distanciamento das plantas do cafeeiro, propostos na metodologia ao longo das três avaliações (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF), temperatura externa da folha (TEF) e área foliar (AF) da bananeira considerando os arranjos espaciais no consórcio entre banana e café e os tempos de avaliação

Variáveis	Quadrado médio			Média	CV (A) ----- (%)	CV (T) -----
	A	T	A x T			
AP	0,029 <sup>ns</sup>	56,263 <sup>**</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	2,69	3,71	4,88
DC	0,001 <sup>ns</sup>	2,211 <sup>**</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,52	7,02	6,14
LF	0,000 <sup>ns</sup>	3,379 <sup>**</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,59	5,26	5,40
CF	0,018 <sup>ns</sup>	34,506 <sup>**</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	1,84	7,55	6,88
TEF	0,325 <sup>ns</sup>	39,305 <sup>**</sup>	0,352 <sup>ns</sup>	30,04	2,75	1,90
AF	0,017 <sup>ns</sup>	23,201 <sup>**</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	1,15	10,76	8,37

<sup>ns</sup> e <sup>\*\*</sup>, não significativo e significativo a 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. A = arranjo; T = tempo; A x T = interação entre arranjo e tempo; CV<sub>A</sub> = coeficiente de variação do fator arranjo; CV<sub>T</sub> = coeficiente de variação do fator tempo.

Resultados semelhantes aos do presente experimento foram observados por outros autores, demonstrando que em sistemas consorciados não foram encontradas diferenças significativas para as avaliações de altura de planta e diâmetro do pseudocaule (Bolfarini et al., 2014, De Almeida et al., 2019, Da Costa, 2019).

Nas plantas de bananeira, e ao longo das avaliações, o incremento em área foliar (AF) mostrou-se crescente, independente do arranjo utilizado, constatando que houve um investimento em produção destes órgãos.

Sindhupriya et al. (2018) relataram que a AF tem grande importância para a eficiência fotossintética da planta, uma vez que está relacionado com o aumento na interceptação e assimilação da luz pelas folhas, fotossíntese e produção de metabólitos. As maiores intensidades de luz podem promover a formação de folhas mais espessas, uma estratégia para que não ocorram danos nas estruturas dos seus complexos fotossintéticos (Romano et al., 2012).

Dentro dos arranjos propostos para as características relacionadas à produtividade da bananeira 'Terra', nota-se que houve efeito significativo apenas para produtividade do experimento, sendo que as demais características não foram significativas (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para peso do cacho (PC), comprimento do cacho (CC), diâmetro do cacho (DC), número de pencas (NP), peso de pencas (PP), número de bananas por penca (NBP), diâmetro da banana (DB), comprimento da banana (CB), peso da banana (PB), produção do experimento (PE) e produção comercial da bananeira (PCB) considerando os arranjos espaciais no consórcio entre banana e café

Variáveis	Quadrado médio	Média	CV (%)
	A		
PC	14,567 <sup>ns</sup>	58,58	4,68
CC	14,548 <sup>ns</sup>	84,64	4,01
DC	15,942 <sup>ns</sup>	150,54	5,32
NP	0,767 <sup>ns</sup>	12,83	5,98
PP	0,198 <sup>ns</sup>	4,45	11,50
NBP	0,742 <sup>ns</sup>	16,29	4,61
DB	0,667 <sup>ns</sup>	15,96	4,69
CB	4,542 <sup>*</sup>	26,71	4,68
PB	0,004 <sup>ns</sup>	0,313	15,64
PE	126,233 <sup>**</sup>	27,58	4,57
PCB	17,982 <sup>ns</sup>	65,09	4,68

<sup>ns</sup> e <sup>\*</sup>, não significativo e significativo a 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. A = arranjo; CV = coeficiente de variação.

Em diferentes cultivares de *Musa* spp., as características de peso do cacho, número de pencas, número de frutos por cacho e diâmetro dos frutos avaliadas não foram significativas quando submetidos a diferentes espaçamentos ou densidades, já para a característica produtividade houve diferença, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho (Pereira et al., 2000, Da Costa, 2019).

A produtividade comercial da bananeira foi caracterizada por meio da extrapolação da média da produtividade do experimento em um espaçamento de 3 x 3 m, comumente utilizado pelos produtores da região. A produtividade comercial teve diferença significativa, porém foi utilizada como padrão de comparação com os arranjos do experimento. A média para essa variável foi de 65,09 t ha<sup>-1</sup>, superior à produtividade do experimento (27,58 t ha<sup>-1</sup>), devido ao maior número de plantas por área, quando se considera um cultivo comercial solteiro.

Em relação aos demais tratamentos, os Arranjos 01, 03 e 04 foram superiores para a produtividade por parcela, quando comparado com outros arranjos (Tabela 9).

Tabela 9. Comprimento da banana e produtividade (kg por parcela) em função dos arranjos espaciais no consórcio banana e café

Tratamentos	Comprimento da banana (cm)	Produção por parcela (kg)
Arranjo 01	27,00 a	33,75 a
Arranjo 02	26,75 a	25,11 b
Arranjo 03	28,25 a	31,39 a
Arranjo 04	26,25 a	32,36 a
Arranjo 05	27,00 a	22,04 c
Arranjo 06	25,00 a	20,83 c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Entre os seis arranjos, o 01, com o menor espaçamento e a menor distância, obteve a maior produtividade, diferentemente do arranjo 02 que também foi disposto com o menor espaçamento e distância. Contudo, a produção deste arranjo 02 foi inferior. Este resultado pode estar relacionado com a quantidade de indivíduos presentes na área. O arranjo 02 apresentou 1 metro a mais entre plantas de bananeira, ou seja, a densidade populacional era menor e, conseqüentemente, o número de cachos por área produzidos também.

Dessa forma, o arranjo que mostrou ser mais eficiente nos sistemas propostos foi o 03, uma vez que ele foi o único arranjo que proporcionou maior produtividade, tanto no cafeeiro como na bananeira, o que pode gerar maior renda na área.

Siqueira et al. (2020), estudando análise econômica de consórcios do cafeeiro conilon com espécies perenes e florestais no sul do Espírito Santo, comprovaram que o consórcio com bananeira é viável economicamente. Os autores destacaram ainda que esse tipo de consórcio é mais eficiente no uso da terra do que o monocultivo do café. Além disso, o consórcio entre a bananeira e o cafeeiro proporciona segurança alimentar, fator importante para cafeicultores familiares.

## CONCLUSÕES

A bananeira não é influenciada pelos espaçamentos e distanciamentos propostos em sistema de consórcio com cafeeiro conduzido na poda programada de ciclo, e mantém o crescimento e o desenvolvimento contínuo ao longo do ciclo de produção.

O consorcio entre bananeira 'Terra' e cafeeiro conilon clone 201 da variedade Jequitibá 8122, submetido à poda programada de ciclo, é viável quando se cultiva a bananeira nos espaçamentos de 6 x 4 m cultivada à 1,5 m das plantas do cafeeiro, 9 x 2 e 9 x 3 m cultivada à 4,5 m de distância do cafeeiro.

Os espaçamentos da bananeira de 9 x 2 e 6 x 3 cultivada a 1,5 m do cafeeiro proporciona estiolamento nas plantas de café.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A.A.C., Junior, J.F.S.S., Coelho, E.F. (2001) Estimation of banana leaf area by simple and non-destructive methods. *In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal*.
- 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*, Lavras, 10(2):214 – 222.
- Assis, B.P., Gross, E., Pereira, N.E., Mielke, M.S., Júnior, G.A.G. (2019) Growth response of four Conilon coffee varieties (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) to different shading levels. *Journal of Agricultural Science*, 11(7):1-13.
- Baitelle, D.C., Freitas, S., Vieira, K., Meneghelli, C.M., Verdin-Filho, A., Baroni, D., Ponciano, N., Souza, P. (2018) Feasibility and economic risk of programmed pruning cycle in arabic coffee. *Journal of experimental agriculture international*, 21(4):1-9.
- Baitelle, D.C., Verdin-Filho, A., Freitas, S.J., Miranda, G.B., Vieira, H.D., Vieira, K.M. (2020) Cycle pruning programmed on the grain yield of arabica coffee. *Ciência e Agrotecnologia*, 43(1):1-10.
- 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(1):74-89.

- Braun, H., Zonta, J.H.; Lima, J.S.S., Dos Reis, E.F. (2007) Produção de Mudanças de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. *Idesia (Arica)*, 25(3):85-91.
- Camargo, M. (2010) The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*, 69(1):239-247.
- Cavatte, P.C., Rodrigues, W.N., Amaral, J.F.T., Pereira, S.M.A., Venancio, L.P. (2013) Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. *Tópicos Especiais em Produção Vegetal*, IV, 421p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2022) Acompanhamento da safra brasileira – café. v. 9 – Safra 2022, n.1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-60. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: FEV. 2022.
- Covre Júnior, C.A., Oliveira, M.G., Partelli, F.L. (2018) Caracterização morfológica do cafeeiro conilon sob sombreamento com seringueira e a pleno sol. 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Franca, Anais 421.
- Dalcomo, J.M., Vieira, H.D., Ferreira, A., Partelli, F.L. (2017) Comparação do crescimento de 22 genótipos de café conilon após ciclo de poda regular. *Jornal Africano de Pesquisa Agrícola*, 12(1):63-70.
- Da 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 em parceria com a Embrapa Acre – UFAC, 105p.
- De Abreu, D.P., Roda, N.D.M., Abreu, G.P., Bernado, W.D.P., Rodrigues, W.P., Campostrini, E., Rakocevic, M. (2021) Kaolin film increases gas exchange parameters of coffee seedlings during transference from nursery to full sunlight. *Frontiers in plant science*, 12(1):784482-784482.
- De 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. (2019) Crescimento e rendimento de bananeira consorciada com açazeiro (*Euterpe precatoria* L.). *South American Journal*, 6(1):95-106.

- 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. (2019) 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.
- Gobbi, K.F., Garcia, R., Neto, A.F.G., Pereira, O.G., Ventrella, M.C., Rocha, G.C. (2009) Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1):1645-1654.
- Gruntman, M.; Grob, D.; Májeková, M.; Tielbörger, K. (2017) Decision-making in plants under competition. *Nature communications*, 8(1):1-8.
- Hatfield, J.L., Dold, C. (2019) Photosynthesis in the solar corridor system. In: The solar corridor crop system. *Academic Press*, 1-33.
- 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.
- Moreira, S.L., Pires, C.V., Marcatti, G.E., Santos, R.H., Imbuzeiro, H.M., Fernandes, R.B. (2018) Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256(1):379-390.
- Oliosi, G., Giles, J.A.D., Partelli, F.L., Ramalho, J.C. (2015) Microclima e produtividade do cafeeiro conilon em sistema agroflorestal com Cedro Australiano. *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Curitiba, 252.

- Partelli, F.L., Araújo, A.V., Vieira, H.D., Dias, J.R.M., Menezes, L.F.T.D., Ramalho, J.C. (2014) Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 872-881.
- Partelli, F.L., Vieira, H.D., Detmann, E., Campostrini, E. (2006) Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. *Revista Ceres*, 53(306):204-210.
- 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(1):1377-1387.
- Rodrigues, W.N., Colodetti, T.V., Martins, L.D., Brinate, S.V.B., Tomaz, M.A. (2016c) Biometric evaluation of monthly growth rate as a criterion to study the genetic diversity in *Coffea canephora*. *African Journal of Agricultural Research*, 11(28):2499-2507.
- Rodrigues, W.P., Machado Filho, J.A., Da Silva, J.R., De Assis, F.A.M.M., Ferraz, T.M., Ferreira, L.S., Bezerra, L.B.S., Abreu, D.P., Bernado, W.P., Passos, L.P., Sousa, E.F., Glenn, D.M., Ramalho, J.C., Campostrini, E. (2016b) Whole-canopy gas exchanges in *Coffea* sp. is affected by supra-optimal temperature and light distribution within the canopy: the insights from an improved multi-chamber system. *Scientia Horticulturae*, 211:194-202.
- Rodrigues, W.P., Silva, J.R., Ferreira, L.S., Machado Filho, J.A., Figueiredo, F.A., Ferraz, T.M., Bernado, W.P., Bezerra, L.B.S., Abreu, D.P., Cespom, L., Ramalho, J.C., 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.
- Romano, M.R., Santos, D.S., Farias, R.G., Ledo, C.A.S. (2012) Efeito de níveis de sombreamento no conteúdo de clorofila e na área foliar específica de cultivares de bananeira em estágio inicial de desenvolvimento. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE). Anais, *Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Bento Gonçalves, RS.

- Pezzopane, J.R.M., Gallo, P.B., Júnior, M.J.P, Ortolani, A.A. (2003) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 11(2): 293-302.
- 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., De Senna, D.S., Da Silva Araújo, J.B., Da 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.
- Thakur, M., Bhatt, V., Kumar, R. (2019) Effect of shade level and mulch type on growth, yield and essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under mid hill conditions of Western Himalayas. *PloS one*, 14(4).
- Verdin-Filho, A.C. Volpi, P.S., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Mauri, A.L.; Fonseca, A.F.A., Tristão, F.A., Andrade Júnior, S.D. (2016) New management technology for arabica coffee: the cyclic pruning program for arabica coffee. *Coffee Science*, 11(4):475-483.

## FISIOLOGIA E MICROCLIMA DO CAFEEIRO CONILON CONSORCIADO COM BANANEIRA 'TERRA' EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

### RESUMO

O café é a *commodity* mais importante no mundo, podendo sofrer variações em seu desenvolvimento e produção frente à variabilidade climática. O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, associado ao aumento da temperatura podem ser prejudiciais para a fotossíntese das plantas, todavia, estratégias agrônômicas podem ser utilizadas para reduzir esses impactos ao microclima do ambiente. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a fisiologia e microclima de *Coffea canephora*, variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201, conduzido na poda programada de ciclo em cultivo consorciado com a bananeira 'Terra' e a pleno sol. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos referem-se a seis arranjos espaciais da bananeira submetidos ao consórcio com cafeeiro, além da testemunha, representada pelo cafeeiro solteiro. Os resultados obtidos para a caracterização do microclima revelam que a radiação fotossinteticamente ativa e temperatura do ar foram maiores durante o verão, já a umidade do ar apresentou comportamento inverso, com maiores médias no inverno, sendo benéfico principalmente em dias com elevadas temperaturas. O sombreamento promovido pelos arranjos espaciais não reduziu os parâmetros fisiológicos das plantas de café conilon, apesar das variações entre os horários de coleta e estações do ano, o consórcio mostrou ser uma alternativa viável para otimizar mão de obra e recursos investidos.

**Palavras-chave:** Ambiente, estações, *Musa* sp., consórcio

### ABSTRACT

The coffee produced is the most important commodity in the world, and may undergo variations in its development and production due to climate variability. The increase in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, associated with the increase in

temperature, can be harmful to plant photosynthesis, however, agronomic strategies can be used to reduce these impacts to the environment's microclimate. The coffee tree, when intercropped with other tree species, has some advantages when compared to monoculture and the use of banana presents viable characteristics for intercropping. The present work aims to evaluate the physiology and microclimate of *Coffea canephora*, variety 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201, conducted in programmed cycle pruning in intercropping with banana 'Terra' and in full sun. The experimental design adopted was in randomized blocks with seven treatments and four replications. The treatments refer to six spatial arrangements of the banana tree submitted to intercropping with coffee, in addition to the control, represented by the single coffee tree. The results obtained for the characterization of the microclimate reveal that the photosynthetically active radiation and air temperature were higher during the summer, while the air humidity showed the opposite behavior, with higher averages in winter, being beneficial mainly on days with high temperatures. The shading promoted by the spatial arrangements did not reduce the physiological parameters of the conilon coffee plants, despite the variations between harvest times and seasons, the consortium proved to be a viable alternative to optimize manpower and invested resources.

**Keywords:** Environment, seasons, *Musa* sp., crop consortium

## INTRODUÇÃO

O café é a *commodity* mais importante no comércio agrícola internacional e como ocorre com outras culturas agrícolas, o cafeeiro também é sensível à variabilidade climática (DaMatta, 2004, Sarmiento-Soler et al., 2022). Em regiões tropicais e de grande cultivo da cafeicultura, estima-se que as mudanças climáticas que já ocorrem e o aquecimento global podem afetar drasticamente a produção de café no Brasil, com perdas de áreas adequadas para o desenvolvimento da cultura. Este fato poderá gerar problemas sociais, políticos e econômicos para o país, tornando-se uma ameaça, por este motivo vêm sendo desenvolvidos estudos para mitigar os possíveis impactos na produção agrícola (Ainsworth e Rogers, 2007, Pezzopane et al., 2010, Oliosi et al., 2021).

Para as culturas de interesse agrícola, o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, associado ao aumento da temperatura (cerca de 10 a 15°C além da faixa ideal) podem ser prejudiciais para a fotossíntese das plantas, uma vez que a taxa fotossintética pode ser menor do que a atividade respiratória, além de estimular a fotorrespiração mais do que a fotossíntese. Isto ocorre devido à redução na afinidade da RuBisCO com CO<sub>2</sub>, e na solubilidade do CO<sub>2</sub> em relação ao 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; Avila et al., 2020, Silva, 2019). Outro fator que pode influenciar na eficiência fotossintética e distribuição da luz é a arquitetura do dossel, que por sua vez também pode impactar diretamente no microclima (Hatfield e Dold, 2019).

Apesar das mudanças climáticas observadas, o seu gerenciamento não é feito pelos cafeicultores. Estratégias agronômicas podem ser utilizadas para reduzir esses impactos ao microclima no ambiente de cultivo (Moreira et al., 2018).

A luz interceptada é um recurso importante e um dos mais críticos na manutenção do aparato fotossintético que influencia o crescimento e desenvolvimento da planta, principalmente em condições de gradiente de luz como no ambiente sombreado (Fan et al., 2018, Quevedo-Rojas et al., 2018). O cafeeiro é caracterizado por se aclimatar a altos níveis de irradiância, todavia, consorciado com outras espécies arbóreas apresenta algumas vantagens quando comparado com o monocultivo (Partelli et al., 2014).

O resultado proporcionado pelo sombreamento é dependente da interação de outros fatores, como por exemplo, temperatura, umidade, precipitação, localização (altitude e topografia) (Alves et al., 2018). Uma das condições de sombreamento utilizados é o sistema de consórcio que pode envolver duas ou mais culturas (Brooker et al., 2015).

Dentre os benefícios promovidos pelo sistema consorciado bem conduzido estão: diversidade de culturas, sustentabilidade de produção, geração de renda para o agricultor, além de um microclima que proporciona melhor desenvolvimento das culturas na área (Morais et al., 2007). Ressalta-se que o cafeeiro quando cultivado em condições de sombreamento, sofre menor estresse ambiental e apresenta melhor fixação de carbono em função do maior potencial fisiológico (Araújo, 2013).

A bananeira tem evoluído significativamente nos últimos anos e o seu uso para consórcios agrícolas tornou-se viável pelas características apresentadas, pois, se tratando de uma cultura perene e de ciclo curto, seu cultivo apresenta rápido retorno de renda ao agricultor (Araújo, 2013), além de aproveitar a mão-de-obra disponível para os tratos culturais exigidos (Pezzopane et al., 2007).

Considerando a necessidade de informações sobre o comportamento fisiológico e caracterização do microclima de cultivos consorciados, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a fisiologia e microclima de plantas de *Coffea canephora*, variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201, conduzido na poda programada de ciclo em cultivo consorciado com a bananeira 'Terra' e a pleno sol.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental e condições climáticas

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 das lavouras

A cultura principal foi implantada em março de 2013 e constituída basicamente por plantas de cafeeiro. Por necessidade de revigoramento das plantas, foi procedida a poda programada de ciclo no mês de setembro de 2018 no cafeeiro. A lavoura foi formada por cinco clones de café conilon, sendo três da variedade Jequitibá Incaper (201, 202 e 203) e dois da variedade Vitória Incaper 8142 (7 V e 12 V).

O espaçamento utilizado foi de 3,0 m x 1,0 m, com plantas dispostas no sentido Leste-Oeste e manejo de irrigação do tipo gotejamento. As adubações e as práticas culturais foram feitas de acordo com as recomendações de Ferrão et al.

(2017), sendo as mais usuais para a cafeicultura capixaba. Já o bananal (cultura secundária), este foi implantado em 2019 e formado com mudas do tipo “chifre”, composta por um material genético do grupo AAB, subgrupo Terra e cultivar ‘Terra’, que foram obtidas de produtores de bananas da região. Sua implantação foi realizada seguindo os espaçamentos descritos no delineamento experimental, com irrigação do tipo gotejamento, independente da lavoura cafeeira. As adubações e práticas culturais foram procedidas seguindo as orientações de Trindade et al. (2000).

#### Implantação da poda programada de ciclo na lavoura cafeeira

Em setembro de 2018, introduziu-se a poda programada de ciclo (PPC) na lavoura, retirando-se 75% das hastes velhas e os ramos plagiotrópicos que apresentaram 50% ou mais de sua produção, seguindo o manejo da PPC utilizada no cafeeiro (Verdin-Filho et al., 2008, Verdin-Filho et al., 2012, Baitelle, 2018).

A primeira desbrota foi executada 60 dias após a poda, com a seleção de quatro brotos por planta, no intuito de compor uma densidade final de 13.332 hastes por hectare, enquadrando-se na densidade mais indicada até o momento (Verdin-Filho et al., 2008, Verdin et al., 2012, Baitelle, 2018). Periodicamente, foi realizada a eliminação dos demais brotos que surgiram posteriores à seleção.

Após a colheita dos frutos no ano de 2019 (agosto/setembro), as hastes remanescentes da poda de 2018 foram retiradas e a lavoura cafeeira permaneceu somente com as brotações selecionadas anteriormente.

#### Caracterização do microclima

A caracterização do microclima foi feita pelo monitoramento da radiação fotossinteticamente ativa (luminosidade,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa do ar (% UR), usando um registrador de dados externo (HOBO U12, Onset HOBO *Data Loggers*, Bourne, MA, EUA), que foi colocado cerca de 20 cm de altura acima das plantas de café e nas bananeiras na mesma altura das plantas de café.

Os equipamentos foram programados para efetuarem os registros a cada 10 minutos para cada período de avaliação, durante todos os dias, entre 08:00 e 18:00

horas, dos dias 07 de setembro de 2020 (inverno) e 15 de março de 2020 (verão), ambos nos dias com pleno sol (Oliosi et al., 2021).

### Características da fisiologia do cafeeiro

#### a) Trocas gasosas foliares

A taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ), concentração de  $CO_2$  intercelular ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico ( $DPV_{ar}$ ), temperatura do ar ( $T_{air}$ ), temperatura da folha ( $T_{leaf}$ ) e a razão entre a concentração interna e externa de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), foram medidas utilizando um analisador de gás infravermelho - IRGA portátil de sistema aberto (Li-Cor 6400xt, LI-COR Inc., Lincoln, EUA).

Um controlador de injeção de  $CO_2$  foi utilizado para manter uma concentração constante de  $CO_2$  ( $[CO_2]$ ) de 400 ppm na câmara do IRGA e 1500  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  do PPF, com uma área de análise de 6  $cm^2$ , e equipado com uma fonte de luz vermelho-azul (6400-02B) emitida por meio de *light emitting diodes* (LED's).

As medições foram realizadas no terceiro par de folhas de ramos plagiotrópicos localizados no terço médio da planta, alternando-se entre um lado e outro da linha de plantio em dois horários, sendo pela manhã entre 8h00min e 10h00min, e a tarde entre 13h00min e 15h00min. Todas foram realizadas em dias de pleno sol, nas estações de verão (fevereiro) e inverno (julho).

#### b) Eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) e eficiência do uso da água (EUA)

EIUA ( $A_{net}/g_s$ ) e a EUA ( $A_{net}/E$ ) foram obtidas a partir das relações entre a taxa fotossintética líquida ( $A_{net}$ ) e a condutância estomática ( $g_s$ ), e a transpiração ( $E$ ), respectivamente. Esses parâmetros foram medidos utilizando um analisador de gás infravermelho - IRGA portátil de sistema aberto (Li-Cor 6400xt, LI-COR Inc., Lincoln, EUA), e por meio da inclinação da curva  $A_{net}$  versus  $g_s$  (EIUA) e  $A_{net}$  versus  $E$  (EUA) na intensidade luminosa de 1500  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  do PPF, foi possível obter tais valores.

## Delimitação estatística e desenho experimental

O experimento foi conduzido 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 solteiro (Tabela 1).

A parcela experimental de cada repetição foi composta por 28 metros, sendo considerados úteis os 12 metros centrais (Figura 1). Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ), e as médias foram submetidas ao teste de comparação de Tukey ( $p < 0,05$ ) e ao teste de agrupamento de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2021). Os gráficos foram construídos com a utilização do pacote fmsb (Nakazawa, 2022) do *Software R* (R Development Core Team, 2018).

Tabela 2. Arranjos espaciais aplicados ao experimento

Tratamento	Cultura	Espaçamento (m)	Distanciamento do cafeeiro (m)*
T1	Bananeira	6 x 3	1,5
T2	Bananeira	6 x 4	1,5
T3	Bananeira	9 x 2	4,5
T4	Bananeira	9 x 2	1,5
T5	Bananeira	9 x 3	4,5
T6	Bananeira	9 x 3	1,5
T7	Cafeeiro solteiro	3 x 1	-

\* Distanciamento do cafeeiro refere-se à distância em que a bananeira foi plantada em relação às fileiras de café.

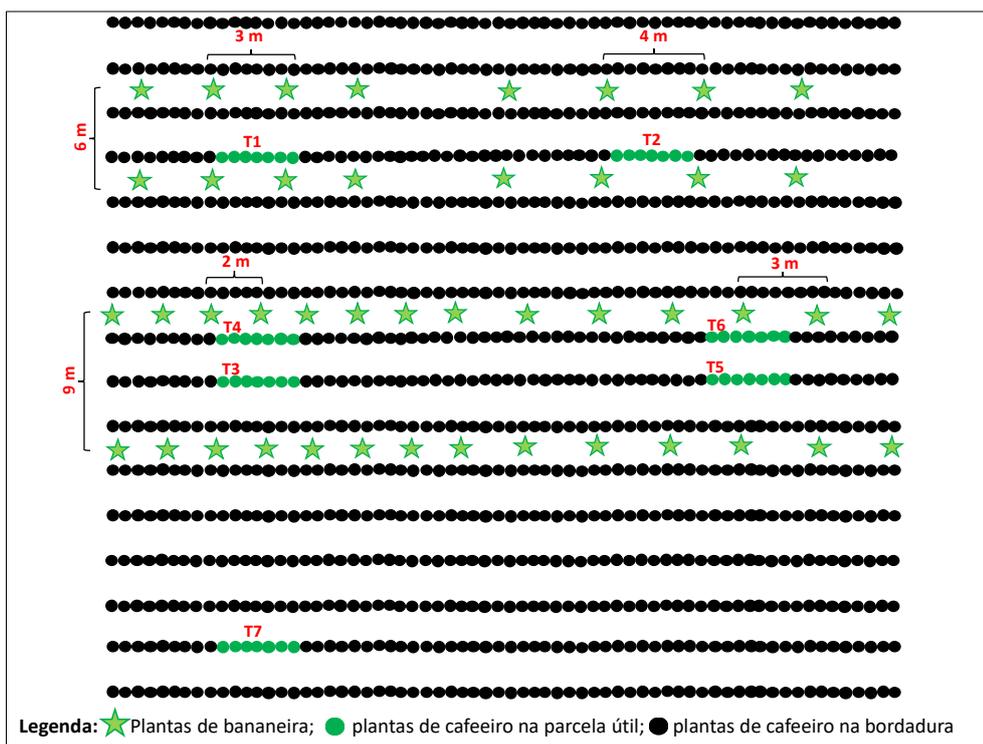


Figura 1. Desenho experimental representando a distribuição dos arranjos espaciais (tratamentos) no campo em um bloco experimental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do microclima

Os resultados obtidos para a caracterização do microclima, revelaram que a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) na área em estudo apresentou valores elevados quando avaliado no verão, já os menores valores, observados no inverno, podem indicar uma menor intensidade da RFA no local (Figura 2A e B).

A luminosidade registrada foi maior no cafeeiro cultivado a pleno sol (arranjo 07), independente da estação em estudo, sendo que em ambos, o arranjo 04 apresentou as menores variações, indicando uma resposta mais amena no ambiente em função da redução do impacto direto da radiação solar (Figura 2A e B).

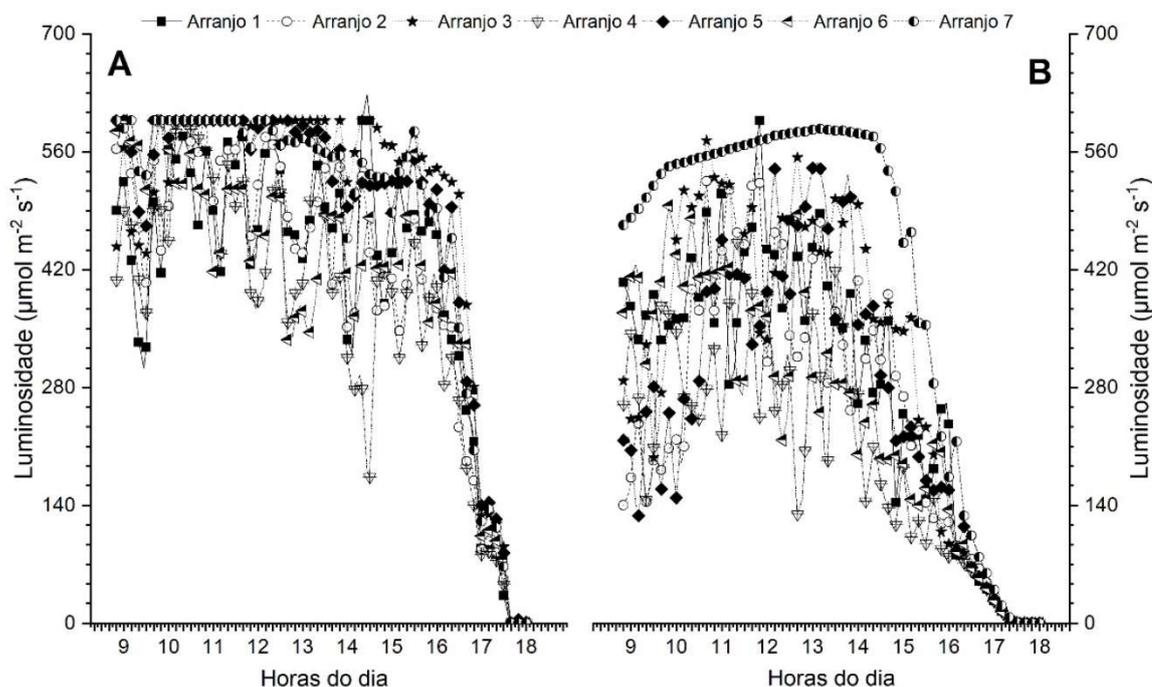


Figura 2. Variação dos valores diários de luminosidade ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) do cafeeiro avaliado após a implantação da poda programada de ciclo na lavoura em consórcio com bananeira 'Terra', durante os dias 15 de março de 2020 (estação do verão, A) e 07 de setembro de 2020 (estação do inverno, B).

Li et al. (2008) relataram em seus estudos consorciados que houve diferença na radiação fotossinteticamente ativa de entrada interceptada pelo dossel da cultura, tanto dentro do sistema como entre as culturas dos sistemas consorciados. Situação semelhante ao que ocorreu com os valores de luminosidade observados nas duas estações. No período de inverno, apesar dos fatores climáticos, a bananeira apresentou maior área foliar devido ao seu crescimento.

A alta radiação é um dos estresses mais frequentes enfrentados pela planta durante o período de crescimento (Yao et al., 2017). Contudo, ela influencia tanto na floração, como na produção do cafeeiro, podendo afetar a síntese de fotoassimilados e também o balanço hormonal (Queiroz-Voltan et al., 2011). Dessa forma, estima-se que um dos principais elementos meteorológicos que sofrem mudanças quando submetidos à condição de sombreamento é a radiação solar. A diferença da sua transmissão entre épocas (estações) é diretamente associada à inclinação do sol naquela região (Pezzopane et al., 2010 Pezzopane et al., 2011b).

Oliosi, Giles e Partelli (2013) observaram que os maiores valores para a luminosidade foram obtidos no cafeeiro quando cultivado a pleno sol. Ainda de acordo com os autores, o efeito demonstra a implicação da arborização nas linhas do cafeeiro. Pesquisas de Pezzopane et al. (2005) também corroboram com os resultados, sendo observado pelos autores que a utilização da bananeira 'Prata Anã' no consórcio com plantas de café arábica propiciaram um decréscimo na intensidade da radiação solar, e que no cafeeiro a pleno sol foi observado o maior valor para a luminosidade.

A temperatura do ar também exibiu maiores valores na estação do verão em relação ao inverno, sendo que os arranjos 03, 05 e 07 apresentaram as maiores médias em ambas as épocas de avaliação (Figuras 3A e 3B).

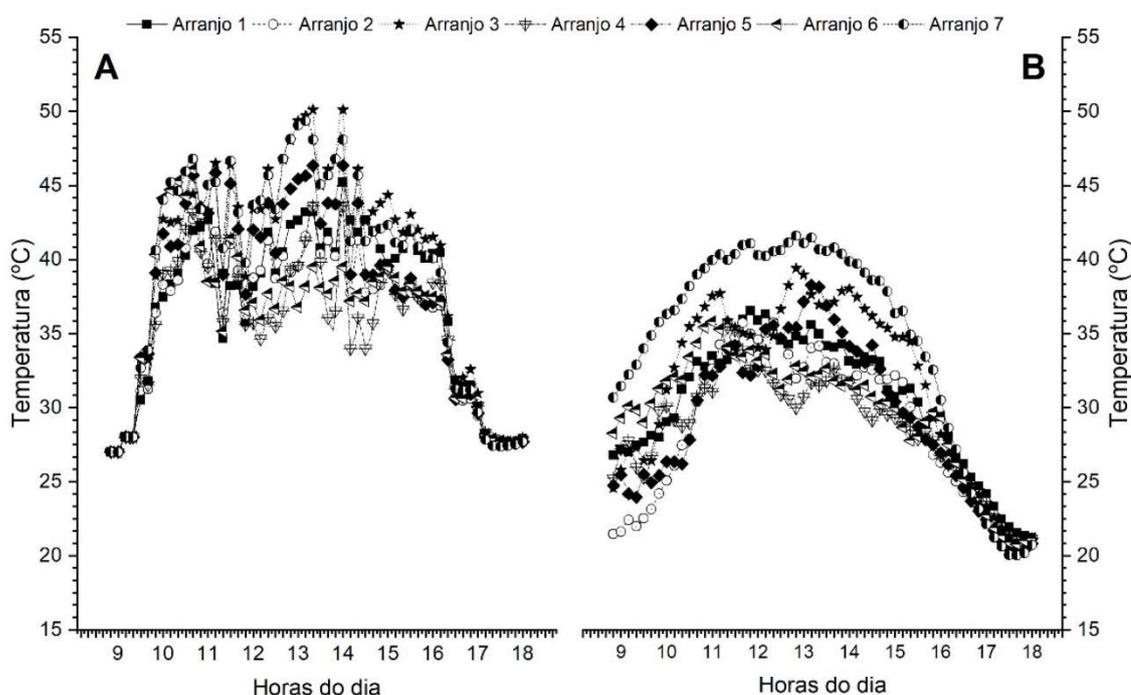


Figura 3. Variação dos valores diários de temperatura (°C) do cafeeiro avaliado após a implantação da poda programada de ciclo na lavoura em consórcio com bananeira 'Terra', durante os dias 15 de março de 2020 (estação do verão, A) e 07 de setembro de 2020 (estação do inverno, B).

Pezzopane et al. (2003) apresentaram resultados cujos valores mensais de temperatura máxima do ar no sistema consorciado foram cerca de 1,7 °C superior quando comparado com cultivo a pleno sol. Todavia, Araújo et al. (2016)

encontraram resultados diferentes, em que os maiores valores de temperatura do ar obtidos, tanto no verão como no inverno, foram referentes ao cultivo do cafeeiro a pleno sol.

Oliosi et al. (2015) também constataram uma redução da temperatura média diária nas linhas do cafeeiro situadas próximas ao cedro australiano, e associaram esse efeito da arborização com o decréscimo da energia incidente ao nível das folhas, uma vez que a copa acima do dossel do cafeeiro pode interceptar a radiação, impedindo um resfriamento intenso ou amenizando as temperaturas elevadas, diferentemente do que ocorre em cultivo a pleno sol. Pezzopane et al. (2007) observaram que os valores de temperatura tanto no ponto central, como próximo às bananeiras do cultivo consorciado, foram superiores em comparação ao cultivo a pleno sol para a estação do verão, sendo que estes resultados podem ser decorrentes do período seco, elevando o fluxo de calor e a baixa velocidade do vento.

Outro fator que pode ser considerado na caracterização do microclima é a amplitude térmica, determinada pela diferença registrada entre a máxima e mínima, e que por sua vez está relacionada com a densidade de sombra, podendo aumentar ou reduzir as diferenças mínimas da temperatura entre ambientes sombreados e não sombreados quando avaliados nas estações do ano. Contudo, estudos revelaram que essa amplitude térmica foi maior em cultivos a pleno sol, em todas as estações do ano (Morais et al., 2006; Ricci; Junior e Almeida, 2013).

A umidade relativa do ar apresentou valores inversamente proporcionais aos obtidos para a temperatura do ar (Figura 4A e B), sendo semelhantes aos resultados encontrados por Oliosi et al. (2013) e Araújo et al. (2015).

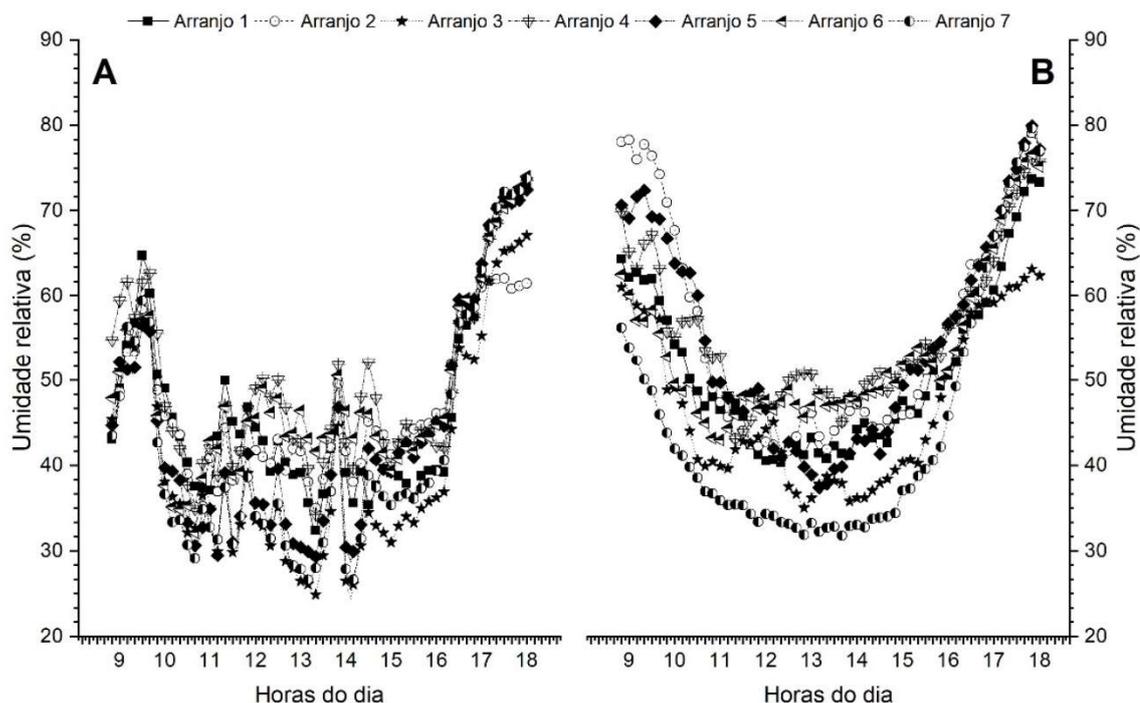


Figura 4. Variação dos valores diários de umidade relativa (%) do cafeeiro avaliado após a implantação da poda programada de ciclo na lavoura em consórcio com bananeira 'Terra', durante os dias 15 de março de 2020 (estação do verão, A) e 07 de setembro de 2020 (estação do inverno, B).

Durante o período do inverno os arranjos apresentaram a maior UR% durante o início e final do dia, mas havia uma redução à medida que a temperatura do ar se elevava. De acordo com DaMatta e Ramalho (2006), a umidade do ar representa um impacto significativo no crescimento vegetativo do cafeeiro, de forma que os ventos quentes aumentam a evapotranspiração da cultura. Assim, a presença do consórcio como quebra-vento é recomendada para melhorar o desempenho da cultura.

Durante o dia, e em ambas as estações, observa-se que os arranjos 01, 02, 04 e 06 (arranjos com as menores distâncias de plantio do cafeeiro), exibiram maiores valores de umidade relativa do ar. Já o cafeeiro solteiro obteve os menores valores quando analisado no inverno (Figura 4B). Resultados semelhantes ao encontrado por Araújo et al. (2015), cujos maiores e menores valores de umidade do ar foram encontradas no verão e inverno, respectivamente.

O aumento da umidade relativa observado nos arranjos 01, 02, 04 e 06, quando associado ao fluxo transpiratório de uma planta, pode ter efeito benéfico

para sua manutenção, principalmente em dias com elevadas temperaturas, pois não permite a perda de água por evapotranspiração, ou seja, ocorre uma redução na transpiração da planta (Dalmago et al., 2006). Também é relatado que, em cultivos consorciados, a presença do sombreamento combinado com níveis baixos de radiação solar reduz os danos por fotoinibição nos fotossistemas (Araújo et al., 2015).

#### Características da fisiologia do cafeeiro

A interação entre os fatores estação (E) x arranjos (A) foi significativa apenas para concentração  $\text{CO}_2$  intercelular ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $C_i$ ), razão entre a concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), eficiência intrínseca do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ ) (EIUA), e eficiência instantânea do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ ) (EUA) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $A_{\text{net}}$ ), condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $g_s$ ), concentração  $\text{CO}_2$  intercelular ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $C_i$ ), transpiração foliar ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $E$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico (kPa) ( $\text{DPV}_{\text{ar}}$ ), temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{ar}}$ ), temperatura da folha ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{folha}}$ ), razão entre a concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), eficiência intrínseca do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ ) (EIUA), eficiência instantânea do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ ) (EUA), considerando estações do ano (E), e os arranjos espaciais (A) no consórcio entre banana e cafeeiro e os tempos de avaliação

Variáveis	Quadrado médio			Média	CV (E) ----- (%)	CV (A) -----
	E	A	E x A			
$A_{\text{net}}$	14,6002*	10,0829 <sup>ns</sup>	15,0577 <sup>ns</sup>	8,89	7,52	45,97
$g_s$	0,067622**	0,0034 <sup>ns</sup>	0,0031 <sup>ns</sup>	0,11	12,07	45,16
$C_i$	100655**	2082,0**	2547,0**	216,80	7,94	8,58
$E$	26,0875**	1,7077 <sup>ns</sup>	1,6195 <sup>ns</sup>	3,11	6,66	33,93
$\text{DPV}_{\text{ar}}$	6,6350**	0,2394 <sup>ns</sup>	0,3660 <sup>ns</sup>	2,90	8,60	21,65
$T_{\text{ar}}$	1371,39**	0,11 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	30,49	0,72	9,57
Tabela 2, Cont.;						
$T_{\text{folha}}$	246,104**	1,970 <sup>ns</sup>	0,662 <sup>ns</sup>	33,29	0,67	8,24
$C_i/C_a$	0,7584**	0,0129**	0,0243**	0,55	8,50	9,70
EIUA	32319,0**	651,0*	649,0*	81,18	6,02	19,48
EUA	11,1732**	0,9061*	1,0861*	2,86	3,62	21,63

<sup>ns</sup>, não significativo, \*\* e \* significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A estação influenciou os resultados de  $C_i$ , no verão foram obtidos os maiores valores para todos os sete arranjos. A relação  $C_i/C_a$  foi superior nas avaliações no verão, com exceção de 03 e 06, e na estação do inverno, os arranjos 05 e 06 também mostrarem-se superiores. EIUA e EUA não apresentaram diferenças estatísticas entre os arranjos na estação do verão, já no inverno, os arranjos 02 e 07 diferiram dos demais. A estação do inverno proporcionou maiores valores em todos os arranjos quando comparados com o verão (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre as estações (estação) do ano e os arranjos de espaçamento (arranjo) no consórcio de banana e cafeeiro para as variáveis  $C_i$ ,  $C_i/C_a$ , EIUA e EUA

Arranjo	Estação			
	Verão		Inverno	
	$C_i$	$C_i/C_a$	$C_i$	$C_i/C_a$
Arranjo 1	267,81 aA	184,67 bB	0,69 aA	0,44 bB
Arranjo 2	255,24 aA	172,08 bB	0,64 aA	0,42 bB
Arranjo 3	225,44 bA	179,07 bB	0,58 bA	0,45 bB
Arranjo 4	256,66 aA	183,51 bB	0,65 aA	0,46 bB
Arranjo 5	246,58 bA	209,95 aB	0,65 aA	0,53 aB
Arranjo 6	236,16 bA	215,7 aB	0,58 bA	0,56 aA
Arranjo 7	239,56 bA	162,76 bB	0,63 aA	0,41 bB
	EIUA		EUA	
Arranjo 1	57,23 aB	93,41 bA	2,22 aB	3,08 bA
Arranjo 2	75,17 aB	104,97 aA	2,6 aB	3,72 aA
Arranjo 3	57,83 aB	99,44 bA	2,54 aA	2,79 bA
Arranjo 4	59,18 aB	97,45 bA	2,69 aA	3,19 bA
Arranjo 5	60,17 aB	93,46 bA	2,31 aA	2,77 bA
Arranjo 6	73,97 aA	82,93 bA	3,1 aA	2,95 bA
Arranjo 7	65,77 aB	115,5 aA	2,35 aB	3,72 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Os arranjos conduzidos em menor espaçamento e menor distância de plantio em relação ao cafeeiro, apresentaram maior concentração  $CO_2$  intercelular quando comparados com o cafeeiro solteiro. Resultado semelhante ao encontrado por Yao et al. (2017), ao verificarem que as taxas de  $C_i$  dentro da folha no consórcio foi maior do que no monocultivo, apesar da limitação da taxa fotossintética observada no consórcio.

Jo et al. (2022) constataram um aumento de EUA em plantas de sojas consorciadas em comparação com o cultivo sem consórcio, e também dos valores de  $E$ , visto que a relação entre a taxa fotossintética líquida e a transpiração foliar manifesta-se na eficiência instantânea no uso da água. Os resultados correlacionam a quantidade de carbono fixado pela planta por cada unidade de água que é perdida através dos estômatos (Lorenzoni et al., 2017; Taiz e Zeiger, 2013).

A análise realizada para o período de coleta (manhã e tarde) mostrou que a interação entre os fatores arranjos (A) x período de coleta (PC) foi significativa apenas para a taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $A_{\text{net}}$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico (kPa) ( $\text{DPV}_{\text{ar}}$ ), e a eficiência instantânea do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) (EUA) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $A_{\text{net}}$ ), condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $g_s$ ), concentração  $\text{CO}_2$  intercelular ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $C_i$ ), transpiração foliar ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $E$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico (kPa) ( $\text{DPV}_{\text{ar}}$ ), temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{ar}}$ ), temperatura da folha ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{folha}}$ ), razão entre a concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), eficiência intrínseca do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) (EIUA), eficiência instantânea do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) (EUA), considerando os arranjos espaciais (arranjo) e o período de coleta (PC) no consórcio entre banana e cafeeiro, e os tempos de avaliação

Variáveis	Quadrado médio			Média	CV (A) ----- (%)	CV (P) -----
	A	PC	A x PC			
$A_{\text{net}}$	10,08**	1392,18**	7,31*	8,89	6,74	18,19
$g_s$	0,0034**	0,2261**	0,0016 <sup>ns</sup>	0,11	5,99	32,64
$C_i$	2081,95**	369,12 <sup>ns</sup>	1955,39 <sup>ns</sup>	216,80	4,71	19,29
$E$	1,708**	69,511**	0,232 <sup>ns</sup>	3,11	10,74	29,65

Tabela 4, Cont.;

$\text{DPV}_{\text{ar}}$	0,2394**	27,6814**	0,4810*	2,90	5,05	14,93
$T_{\text{ar}}$	0,11**	24,60**	0,09 <sup>ns</sup>	30,49	0,52	14,13
$T_{\text{folha}}$	1,97**	599,49**	2,40 <sup>ns</sup>	33,29	1,23	6,18
$C_i/C_a$	0,0129**	0,0014 <sup>ns</sup>	0,0137 <sup>ns</sup>	0,55	5,04	21,29
EIUA	650,76**	1722,20 <sup>ns</sup>	1003,04 <sup>ns</sup>	81,18	6,50	31,72
EUA	0,9061**	15,9599**	1,3651**	2,86	9,54	20,88

<sup>ns</sup>, não significativo, \*\* e \* significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os arranjos 01 e 03 foram inferiores para a  $A_{net}$  e EUA quando analisadas no período da manhã, diferentemente de  $DPV_{ar}$ , na qual todos os arranjos foram superiores neste mesmo período. Já para as avaliações realizadas no período da tarde, EUA apresentou redução apenas no cafeeiro solteiro (arranjo 07), coincidindo com a queda da taxa fotossintética e da transpiração avaliada, demonstrando que a ausência do consórcio foi prejudicial para a cultura nesta condição (Tabela 5).

O arranjo quando analisado isoladamente e comparando os períodos de coleta, indicou que todos foram superiores no período da manhã para a  $A_{net}$ , diferentemente dos resultados encontrados em  $DPV_{ar}$ , em que o período da manhã foi inferior (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os arranjos de espaçamento (Arranjo) e o período de coleta no consórcio de banana e cafeeiro para as variáveis taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $A_{net}$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico (kPa) ( $DPV_{ar}$ ) e eficiência instantânea do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) (EUA)

Arranjo	Período de coleta			
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
	$A_{net}$		$DPV_{ar}$	
Arranjo 1	11,81 bA	6,58 aB	2,35 aB	3,44 bA
Arranjo 2	12,99 aA	6,64 aB	2,59 aB	3,08 cA
Arranjo 3	11,31 bA	4,34 bB	2,33 aB	3,40 bA
Arranjo 4	13,07 aA	6,52 aB	2,31 aB	3,31 bA
Arranjo 5	12,76 aA	3,22 cB	2,48 aB	3,72 aA
Arranjo 6	12,41 aA	5,55 aB	2,48 aB	3,07 cA
Arranjo 7	12,54 aA	4,69 bB	2,31 aB	3,78 aA

Tabela 5, Cont.:

	EUA	
	Manhã	Tarde
Arranjo 1	2,60 bA	3,00 aA
Arranjo 2	3,32 aA	2,70 aA
Arranjo 3	3,03 bA	2,70 aB
Arranjo 4	3,17 aA	2,48 aA
Arranjo 5	3,36 aA	2,47 aB
Arranjo 6	3,58 aA	2,30 aB
Arranjo 7	3,58 aA	1,71 bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Períodos prolongados de seca e uma elevação na temperatura ocasionam um estresse térmico, fazendo com que as plantas se tornem propensas a fechar os estômatos para reduzir a perda de água por transpiração, conseqüentemente, gerando um aumento na temperatura foliar (Bhattacharya, 2019).

A redução de  $DPV_{ar}$  durante a manhã corrobora o aumento das concentrações  $C_i$ , pois quanto menor for o déficit de pressão, menor é a probabilidade de fechamento estomático. De acordo com DaMatta et al. (2007), a concentração de  $CO_2$  para os cloroplastos decresce na medida em que os estômatos fecham, ocasionando uma redução da fotossíntese e por conseqüência, a fotoquímica da planta.

A variação  $DPV_{ar}$  entre períodos de avaliação pode estar associada a uma redução da incidência de vento no ambiente, alterando a demanda hídrica das plantas de café consorciado, e a redução pode ser atribuída aos valores mais amenos da temperatura do ar, além de uma incidência da radiação solar menor sobre os cafeeiros arborizados (Pezzopane et al., 2010; Pezzopane et al., 2011a). Pezzopane et al. (2011b) observaram que no período de maior demanda hídrica da cultura, os menores valores de  $DPV_{ar}$  foram verificados no sistema consorciado (sombreado) quando comparado com o não sombreado.

Foram realizadas representações gráficas para as variáveis  $A_{net}$ ,  $C_i$ ,  $g_s$ ,  $E$ ,  $C_i/C_a$ ,  $DPV_{ar}$ ,  $EIUA$ ,  $EUA$ ,  $T_{ar}$  e  $T_{folha}$  para os sete arranjos, considerando os possíveis desdobramentos realizados para a combinação entre as estações (verão e inverno) x períodos de coleta (manhã e tarde), adotando como referência o arranjo 07, ou seja, o cafeeiro solteiro (Figura 5A-B, 6A-B, 7A-B, 8A-B e 9A-B).

As avaliações realizadas no período da manhã, independente da estação, revelaram que  $A_{net}$  apresentou as maiores médias, seguido das avaliações realizadas durante a tarde (Figura 5A).

Maiores valores de taxa fotossintética líquida foliar é importante para a produção de carbono e rendimento das culturas, já que resultam em matéria seca mais eficiente, contudo, pode ser fortemente dependente das condições ambientes, sendo a radiação incidente, a temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor do ar seus maiores influenciadores (Li et al., 2008, Melke e Fetene, 2015).

Dessa forma, quando submetidas a diferentes intensidades luminosas, como no caso do consórcio entre duas ou mais culturas, as plantas buscam ajustar o

aparelho fotossintético, de modo que resultem em uma maior eficiência na absorção e transferência de energia para os processos fotossintéticos. Uma dessas adaptações correspondem a série de mecanismos criados através da fixação do carbono na fotossíntese (Souza et al., 2011; Olivas, 2018).

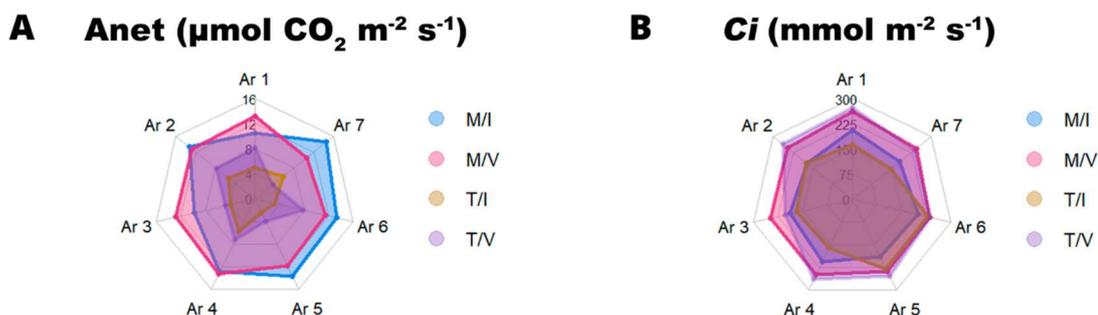


Figura 5. Representação gráfica pelas médias ( $n = 4$ ) obtidas das variáveis taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $A_{net}$ , A) e concentração  $\text{CO}_2$  intercelular ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $C_i$ , B), para o período de manhã na estação de inverno (M/I), manhã na estação de verão (M/V), tarde na estação de inverno (T/I) e tarde na estação do verão (T/V) para os sete arranjos de consórcio de banana e cafeeiro.

Segundo Olivas (2018), os valores do cafeeiro consorciado com bananeira apresentaram a maior taxa fotossintética líquida, seguido do cafeeiro na condição de monocultivo. O sombreamento proporcionado pelas bananeiras sobre o cafeeiro, permitiu uma atenuação na radiação incidente, reduzindo os possíveis danos por fotooxidação nos fotossistemas, aumento no processo fotorespiratório ou a redução de  $A_{net}$  (Cavatte et al., 2012).

As avaliações realizadas no verão proporcionaram elevação nos valores de  $C_i$  e  $C_i/C_a$ , sendo observadas no período da manhã e tarde, respectivamente (Figura 5B, 7A). Na estação do inverno e no período da tarde, os arranjos 05 e 06 destacaram significativamente (Figura 5B, 7A).

No período da manhã e independente da estação em estudo, os arranjos 01, 03 e 04 apresentaram as maiores relações de  $g_s$  no verão (Figura 6A). As menores médias foram obtidas no período da tarde em ambas as estações do estudo, sendo que no inverno as taxas sofreram uma redução significativa, principalmente nos arranjos 03 e 05 (Figura 6A).

A redução da condutância estomática é apontada por Beining (2008), como uma tentativa de preservar a quantidade de água no interior das células, evitando, assim, a perda por evapotranspiração, contudo, essa redução na concentração de  $\text{CO}_2$  por parte dos estômatos, leva inevitavelmente a sua redução nos espaços intercelulares e uma demanda maior pelos cloroplastos, limitando a produção fotossintética. Ressalta-se que em cafeeiros cultivados em condições de campo, a  $g_s$  apresenta os maiores valores no início da manhã (DaMatta e Ramalho, 2006).

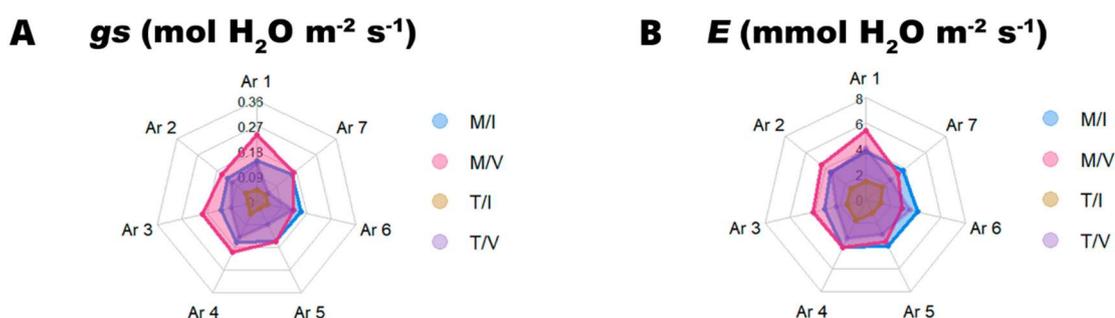


Figura 6. Representação gráfica pelas médias ( $n = 4$ ) obtidas das variáveis condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $g_s$ , A) e transpiração foliar ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $E$ , B) para o período de manhã na estação de inverno (M/I), manhã na estação de verão (M/V), tarde na estação de inverno (T/I) e tarde na estação do verão (T/V) para os sete arranjos de consórcio de banana e cafeeiro.

A transpiração foliar ( $E$ ) apresentou comportamento semelhante ao observado por  $g_s$  com os arranjos consorciados, revelando bons resultados de transpiração (Figura 6B).

Olivas (2018) relata que para as avaliações de transpiração, os sistemas consorciados perderam mais água do que o cafeeiro em condição de monocultivo. A variação no ambiente faz com que a transpiração se eleve à medida que o dia avança, principalmente em resposta a aumentos no  $\text{DPV}_{\text{ar}}$  (DaMatta et al., 2007). Ainda de acordo com o autor, o acréscimo da demanda evaporativa no período da tarde reduz a transpiração, devido à alta sensibilidade do estômato do café à queda da umidade relativa do ar.

Os resultados obtidos em  $\text{DPV}_{\text{ar}}$  demonstraram que independentemente do período de avaliação, a estação do verão apresentou uma maior elevação,

confirmando o aumento significativo dos demais fatores relacionados a essa variável, que são temperatura e umidade (Figura 3 e 4).

DaMatta (2004) ressalta que não ocorrendo limitação estomática,  $DPV_{ar}$  torna-se o fator ambiental limitante para as plantas, ao invés do esperado por irradiância ou temperatura.

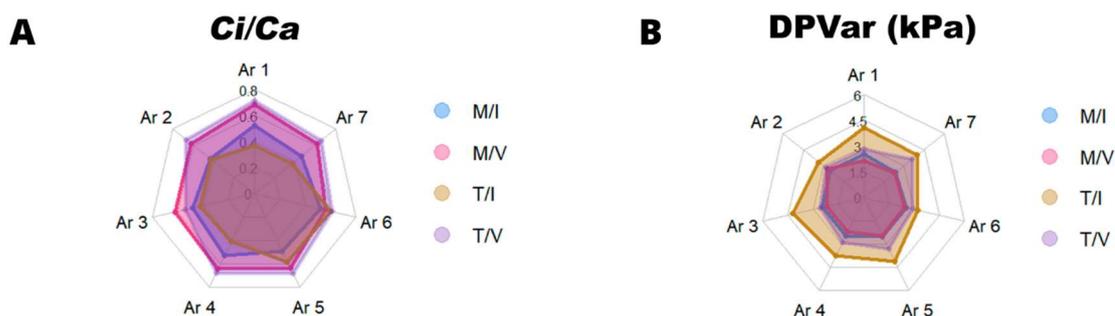


Figura 7. Representação gráfica pelas médias ( $n = 4$ ) obtidas das variáveis razão entre a concentração interna e externa de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ , A), e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico (kPa) ( $DPV_{ar}$ , B) para o período de manhã na estação de inverno (M/I), manhã na estação de verão (M/V), tarde na estação de inverno (T/I) e tarde na estação do verão (T/V), para os sete arranjos de consórcio de banana e cafeeiro.

Com exceção dos resultados obtidos no período da tarde, durante o inverno, a redução observada para as demais combinações pode indicar uma melhor condição transpiratória para as plantas, visto que em altos valores ocorre o fechamento estomático e redução da quantidade de  $CO_2$  que a planta absorve. A menor concentração de  $CO_2$  para os cloroplastos ocasiona na redução da taxa fotossintética que, por sua vez, diminui a utilização fotoquímica da irradiância incidente (Da Matta et al., 2015).

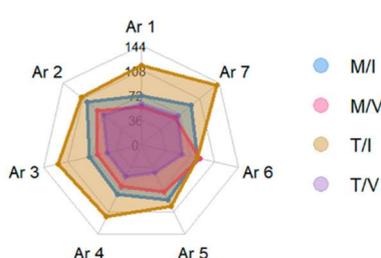
Resultados encontrados por Fan et al. (2018) e Jo et al. (2022), em sistemas consorciados, demonstraram que  $A_{net}$ ,  $g_s$ , EUA e  $T_{ar}$  (Figura 5A, 6A, 8B, 9B) podem apresentar comportamentos distintos de acordo com as condições de cultivo, mas também apontaram que uma redução na taxa na taxa fotossintética líquida em sistemas consorciados pode indicar uma limitação na capacidade fotossintética das plantas, sendo associado ao bloqueio do transporte de elétrons

de PSII para PSI, e não ao efeito estomático como relatado por alguns autores (Yao et al., 2017).

O conjunto de mudanças sazonais na transpiração e na evapotranspiração das plantas, associadas com fatores climáticos característicos da região, atuam sobre os valores da eficiência do uso da água (Kirkham, 2005). Os valores obtidos em EIUa revelaram que a estação do inverno (tarde e manhã, respectivamente) proporcionou os maiores valores para esse parâmetro em todos os arranjos, sendo mais expressivo no cafeeiro solteiro (Figura 8A). Os menores valores foram obtidos no período da tarde na estação do verão, sendo observado no arranjo 05 essa maior redução (Figura 8A).

Essas mudanças no comportamento da eficiência intrínseca no uso da água, revelando um aumento em suas taxas, surge das mudanças em um ou ambos os estômatos da condutância estomática ou até mesmo da capacidade fotossintética da folha (Beining, 2008). Já EUA apresentou aumento nas médias das avaliações realizadas no período da manhã e em ambas as estações, sendo os maiores valores obtidos nos arranjos 06 e 07 (Figura 6B). O arranjo 07, no entanto, apresentou redução no período da tarde e na estação do verão (Figura 8B).

### A EIUa ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )



### B EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )

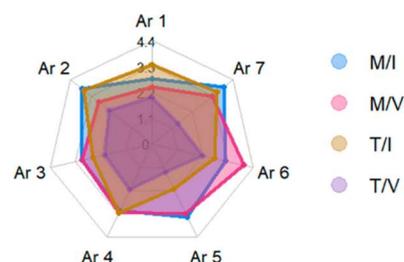


Figura 8. Representação gráfica pelas médias ( $n = 4$ ) obtidas das variáveis eficiência intrínseca do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) (EIUA, A) e eficiência instantânea do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) (EUA, B), para o período de manhã na estação de inverno (M/I), manhã na estação de verão (M/V), tarde na estação de inverno (T/I) e tarde na estação do verão (T/V), para os sete arranjos de consórcio de banana e cafeeiro.

A Tar apresentou uma simetria nos resultados obtidos em todos os arranjos em estudo, sendo maiores na estação do verão (tarde e manhã) (Figura 9A e 2A,

2B). Temperaturas extremas podem acarretar prejuízos na fotossíntese e no crescimento das plantas, mas no caso do cafeeiro a aclimação pode ser um mecanismo para suportar as alterações ambientais (DaMatta e Ramalho, 2006).

A  $T_{folha}$  também apresentou uma simetria, porém com alterações em seus resultados, demonstrando que o período da tarde elevou a temperatura foliar em ambas as estações (Figura 6D). Morais et al. (2006) constataram que as temperaturas máximas e mínimas do ar e da folha também apresentaram, durante o período de avaliação, resultados semelhantes em ambos os tratamentos, contudo, houve alteração da amplitude. Ainda de acordo com o autor, o maior efeito nas temperaturas máximas foi observado entre os ambientes durante a estação do inverno e durante o período mais quente de avaliação (meses de março e abril).

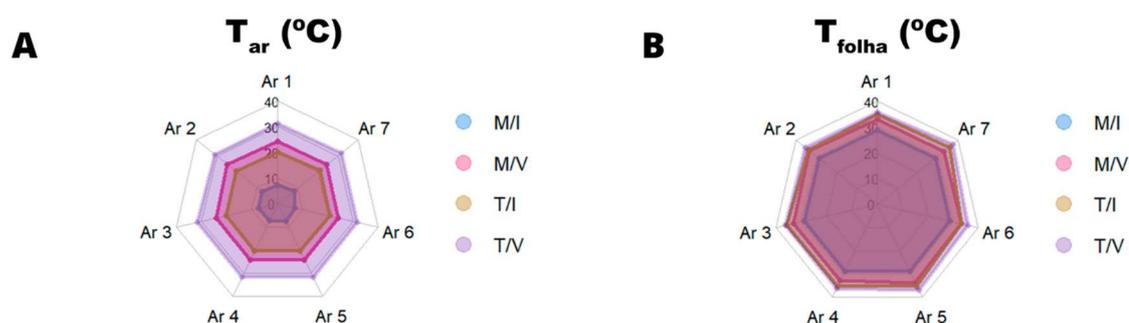


Figura 9. Representação gráfica pelas médias ( $n = 4$ ) obtidas das variáveis temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{ar}$ , A) e temperatura da folha ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{folha}$ , B) para o período de manhã na estação de inverno (M/I), manhã na estação de verão (M/V), tarde na estação de inverno (T/I) e tarde na estação do verão (T/V) para os sete arranjos de consórcio de banana e cafeeiro.

Melke e Fetene (2015) verificaram uma maior condutância estomática em temperaturas próximo a  $25^{\circ}\text{C}$ , considerada níveis mais baixos de temperatura, além de uma correlação negativa com  $T_{ar}$  e  $DPV_{ar}$ . Assim como encontrado por Beining (2008), também foi relatada uma forte associação entre a  $g_s$ ,  $T_{ar}$ , bem como com o  $DPV_{ar}$  e uma associação negativa relacionada com os dois últimos parâmetros, verificando-se que a redução da temperatura da folha e do ar pela manhã é uma característica normal, pois a radiação solar tende a ser mais amena neste período.

## CONCLUSÕES

O sombreamento do café conilon feito pelas bananeiras atenua a luminosidade, a temperatura do ar ao longo do dia e promove um ambiente com umidade relativa do ar benéfica para as características fisiológicas da planta.

Os arranjos espaciais propostos não reduzem os parâmetros fisiológicos das plantas de café conilon.

## RERÊNCIAS 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 and Environment*, 30(3):258-270.
- Alves, A.L., Pessoa, M. S., de Souza, P.E.N., Partelli, F.L., Moscon, P.S., Silva, E. C., Guimarães, A.O., Muniz, E.P., Pinheiro, P.F., Borém, F.M., Morais, P.C. (2018) Influence of environmental and microclimate factors on the coffee beans quality (*C. canephora*): correlation between chemical analysis and stable free radicals. *Agricultural Sciences*, 9(9):1173-1187.
- Araújo, A.V. (2013). Microclima e características fisiológicas do cafeeiro conilon consorciado com seringueira e bananeira. *Dissertação* (Mestrado em Agricultura Tropical) – São Mateus – ES, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 104p.
- Araújo, A.V., Partelli, F.L., Oliveira, M.G., Pezzopane, J.R.M., Falqueto, A.R., Cavatte, P.C. (2015) Microclimatic and vegetative growth in coffee and banana intercrop. *Coffee Science*, 10(2):214-222.
- Araújo, A.V., Partelli, F.L., Oliosi, G., Pezzopane, J.R.M. (2016) Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. *Revista Ciência Agronômica*, 47:700-709.

- Avila, R.T., Cardoso, A.A., Almeida, W.L., Costa, L.C., Machado, K.L., Barbosa, M.L., Souza, R.P.B., Oliveira, L.A., Batista, D.S., Martins, S.C.V., Ramalho, J.D.C., DaMatta, F. M. (2020) Coffee plants respond to drought and elevated [CO<sub>2</sub>] through changes in stomatal function, plant hydraulic conductance, and aquaporin expression. *Environmental and Experimental Botany*, 177:104148.
- Baitelle, D.C. (2018) Poda programada de ciclo no cafeeiro arábica. *Dissertação* (Mestrado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 124p.
- Beining, A.M. (2008) Ecophysiological diversity of wild *Coffea arabica* populations in Ethiopia: drought adaptation mechanisms *Tese* (Doutorado), Institute for Crop Science and Resource Conservation, 143p.
- Bhattacharya, A., Dold, C. (2019) Water-Use Efficiency Under Changing Climatic Conditions. *Frontiers*, 10:111-180.
- Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Schob, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J., White, P.J. (2015) Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1):107-117.
- Cavatte, P.C., Oliveira, Á.A., Morais, L.E., Martins, S.C., Sanglard, L.M., DaMatta, F.M. (2012) Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. *Physiologia Plantarum*, 144(2):111-122.
- Dalmago, G.A., Heldwein, A.B., Nied, A.H., Grimm, E.L., Pivetta, C.R. (2006) Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. *Ciência Rural*, 36:785-792.
- DaMatta, F.M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field crops research*, 86(3):99-114.

- DaMatta, F.M., Ramalho, J.D.C. (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18:55-81.
- DaMatta, F.M., Ronchi, C.P., Sales, E.F., Araújo, J.B.S. (2007) O café Conilon em sistemas agroflorestais. In: *Café Conilon*. Vitória, p.374-389.
- 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.
- 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. da, Ferrão, M.A.G., DeMuner, L.H. (Org.). *Café Conilon*. 2ed. Vitoria: DCM/Incaper, p.81-101.
- Ferreira, E.B., Cavalcanti, P.P., Nogueira, D.A. (2021) *ExpDes.pt*: Pacote Experimental Designs (português). R package version 1.2.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: JUN. 2022.
- Hatfield, J.L., Dold, C. (2019) Photosynthesis in the solar corridor system. In: *The solar corridor crop system*. Academic Press, p.1-33.
- Jo, S.G., Kang, Y.I., Om, K.S., Cha, Y.H., Ri, S.Y. (2022) Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax. *Field Crops Research*, 275:108329.
- Kirkham, M.B. (2005) Water-Use Efficiency. In: *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Academic Press, v.1, p.315–322.
- Li, F., Meng, P., Fu, D., Wang, B. (2008) Light distribution, photosynthetic rate and yield in a Paulownia-wheat intercropping system in China. *Agroforestry Systems*, 74(2):163-172.
- Lorenzoni, M.Z., Souza, Á.H.C.D., Seron, C.D.C., Andrean, A.F.B.A., Hachmann, T.L., Rezende, R. (2017) Eficiência instantânea no uso da água na cultura do

pimentão fertirrigado com nitrogênio e potássio. *Anais, X EPCC, UNICESUMAR* – Centro Universitário de Maringá, p.1-4.

Melke, A., Fetene, M. (2014) Eco-physiological basis of drought stress in *coffee* (*Coffea arabica* L.) in Ethiopia. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 26(3):225-239.

Morais, H., Caramori, P.H., Koguishi, M.S., Ribeiro, A.D. (2007) Caracterização microclimática de cafeeiros cultivados sob malha de sombreamento e a pleno sol. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 15(2):133-42.

Morais, H., Caramori, P.H., Ribeiro, A.M.D.A., Gomes, J.C., Koguishi, M.S. (2006) Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:763-770.

Moreira, S.L., Pires, C.V., Marcatti, G.E., Santos, R.H., Imbuzeiro, H.M., Fernandes, R.B. (2018) Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256:379-390.

Nakazawa, M. (2022) Functions for Medical Statistics Book with some Demographic Data. R package version 0.7.3.

Oliosi, G., Giles, J.A.D., Partelli, F.L. (2013) Microclima e estiolamento dos ramos no cafeeiro conilon arborizado com Cedro Australiano. *VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Salvador, BA.

Oliosi, G., Giles, J.A.D., Partelli, F.L., Ramalho, J.C. (2015) Microclima e produtividade do cafeeiro conilon em sistema agroflorestal com Cedro Australiano. *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Curitiba, PR.

Oliosi, G., Oliveira, M.G., Partelli, F.L. (2021) Microclimate and development of black pepper intercropped with rubber tree. *Agroforestry Systems*, 95(8):1635-1645.

Olivas, D.B.L. (2018) Cultivos consorciados de cafeeiro arábica: caracterização morfológica, fisiológica e nutricional. *Tese (Doutorado em Produção Vegetal)*, Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 84p.

- Partelli, F.L., Araújo, A.V., Vieira, H.D., Dias, J.R.M., Menezes, L.F.T.D., Ramalho, J.C. (2014) Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49:872-881.
- Pezzopane, J.R.M., Gallo, P.B., Júnior, M.J.P, Ortolani, A.A. (2003) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 11(2):293-302.
- Pezzopane, J.R.M., Júnior, M.J.P, Gallo, P.B. (2005) Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. *Bragantia*, 64:485-497.
- Pezzopane, J.R.M., Marsetti, M.M.S., Ferrari, W.R., Pezzopane, J.E.M. (2011a) Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. *Revista Ciência Agronômica*, 42:865-871.
- Pezzopane, J.R.M., Marsetti, M.M.S., Souza, J.M.D., Pezzopane, J.E.M. (2010) Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. *Ciência Rural*, 40:1257-1263.
- Pezzopane, J.R.M., Souza, P.S.D., Rolim, G.D.S., Gallo, P.B. (2011b) Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33:201-206.
- Pezzopane, J.R., Júnior, M.J.P, Gallo, P.B. (2007) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11:256-264.
- Queiroz-Voltan, R.B., Fahl, J.I., Carelli, M.L.C. (2011) Diferenciação floral em cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) sob diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, 6(3):256-268.
- Quevedo-Rojas, A., García-Núñez, C., Jerez-Rico, M., Jaimez, R., Schwarzkopf, T. (2018) Leaf acclimation strategies to contrasting light conditions in saplings of different shade tolerance in a tropical cloud forest. *Functional Plant Biology*, 45(9):968-982.

- R CORE TEAM. R. (2018) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: JUN. 2022.
- Ricci, M.D.S.F., Junior, D.G.C., Almeida, F.F.D.D. (2013) Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. *Coffee Science*, Lavras, 8(3):379-388.
- 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.
- Verdin-Filho, A.C., Mauri, A. L., Volpi, P. S., Ferrão, R. G., Lani, J. A., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Andrade, S., Freitas, M. A. (2012) Boas tecnologias difundir, pro café bem florir. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, Caxambu. Trabalhos apresentados. Varginha - MG: Fundação Procafé.
- Verdin-Filho, A.C., Silveira, J.S.M., Volpi, P.S., Fonseca, A.F., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Martins, A.G., Lani, J.A., Silveira, T.B., Comério, F. (2008) *Poda Programada de Ciclo para o Café Conilon*. Vitória: Incaper, 2a ed. (Documento no 163).
- Sarmiento-Soler, A., Rötter, R.P., Hoffmann, M.P., Jassogne, L., Van Asten, P., Graefe, S., Vaast, P. (2022) Disentangling effects of altitude and shade cover on coffee fruit dynamics and vegetative growth in smallholder coffee systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 326:107786.
- Silva, J.P.R. (2019) Instrumentação utilizada em fisiologia vegetal–ESALQ|USP. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Bacharelado em Agronomia) –Garanhuns - PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRP, 40p.
- Souza, G., Santos, A., Silva, J., Ferreira, D. (2011). Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker (Guaco) cultivadas sob malhas coloridas. *Enciclopédia Biosfera*, 32(1):1843-1854.

Yao, X., Zhou, H., Zhu, Q., Li, C., Zhang, H., Wu, J.J., Xie, F. (2017) Photosynthetic response of soybean leaf to wide light-fluctuation in maize-soybean intercropping system. *Frontiers in Plant Science*, 8:1695.

#### 4. RESUMOS 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 a mudanças climáticas que estão se intensificando e alterando fatores como temperatura e a radiação solar incidente nas regiões produtoras de café. Esses fatores podem ser prejudiciais para a fotossíntese das plantas, todavia, 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, principalmente no que se refere às inovações no manejo da poda com a implantação da programada de ciclo, muito consolidada no cafeeiro conilon. Associado aos benefícios promovidos pelo sistema consorciado, é possível promover um microclima benéfico para o desenvolvimento das culturas na área, além da sustentabilidade de produção e geração de renda para o agricultor.

A realização de estudos que buscam investigar a viabilidade técnica e financeira do consórcio entre cafeeiro conilon, submetido à poda programada de ciclo, e bananeira 'Terra', cultivada em diferentes espaçamentos, é uma possibilidade de encontrar o melhor espaçamento da bananeira para consórcio com cafeeiro no ano da retirada das hastes para a formação de brotações, período em

que o produtor tem menor retorno econômico em função da menor produtividade do cafeeiro na próxima safra.

O objetivo geral com o presente trabalho foi verificar crescimento, morfologia, fisiologia e microclima do consórcio entre cafeeiro conilon (variedade 'Jequitibá Incaper 8122', clone 201) conduzido na poda programada de ciclo, com a bananeira 'Terra' cultivada em diferentes espaçamentos. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, e os tratamentos se referem a arranjos espaciais da bananeira submetidos ao consórcio com cafeeiro, além da testemunha, representada pelo cafeeiro solteiro, após a implantação da poda programada de ciclo.

O primeiro capítulo abordou as características vegetativas e morfológicas do cafeeiro e da bananeira em sistema de consórcio. O segundo capítulo abordou as condições microclimáticas e fisiológicas do cafeeiro também conduzido na PPC. As principais conclusões foram:

- A bananeira não foi influenciada pelos espaçamentos e distanciamentos propostos em sistema de consórcio com cafeeiro conduzido na poda programada de ciclo, e manteve o crescimento/desenvolvimento contínuo ao longo do ciclo de produção.
- O consórcio entre bananeira 'Terra' e cafeeiro conilon submetido à poda programada de ciclo foi viável quando se cultiva a bananeira nos espaçamentos de 6 x 4 m cultivada à 1,5 m das plantas do cafeeiro (arranjo 04), 9 x 2 e 9 x 3 m cultivada à 4,5 m de distância do cafeeiro (arranjos 03 e 05).
- Os espaçamentos da bananeira de 9 x 2 e 6 x 3 cultivada a 1,5 m do cafeeiro proporcionam estiolamento nas plantas de café (arranjos 04 e 01).
- O espaçamento de 9 x 2 m entre as bananeiras cultivada à 4,5 m do cafeeiro proporciona maior produtividade do cafeeiro e da bananeira, o que pode otimizar o uso da área cultivada.
- Nas condições microclimáticas estudadas, o sombreamento do café conilon pelas bananeiras atenuou a luminosidade, a temperatura do ar ao longo do dia e promoveu um ambiente com umidade relativa do ar benéfica para as características fisiológicas da planta.

- Os arranjos espaciais propostos não reduziram os parâmetros fisiológicos das plantas de café conilon, podendo ser uma alternativa para otimizar mão de obra e recursos investidos.

## 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 and Environment*, 30(3):258 -270.
- Albuquerque, A.F.A., Borges, A.L. (2016). *Cultivo de plátanos (bananeiras tipo terra)*. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Sistema de Produção, nº 42.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Montalba, R. (2014). El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. *LEISA - Revista de Agroecología*, 30(1):5-8.
- Alves, A.A.C., Junior, J.F.S.S., Coelho, E.F. (2001) Estimation of banana leaf area by simple and non-destructive methods. *In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal*.
- Alves, A.L., Pessoa, M.S., de Souza, P.E.N., Partelli, F.L., Moscon, P.S., Silva, E. C., Guimarães, A.O., Muniz, E.P., Pinheiro, P.F., Borém, F.M., Morais, P.C. (2018) Influence of environmental and microclimate factors on the coffee beans quality (*C. canephora*): correlation between chemical analysis and stable free radicals. *Agricultural Sciences*, 9(9):1173-1187.
- Arantes, A.M., Donato, S.L.R.S., Oliveira, S. (2010) Relação entre características morfológicas e componentes de produção em plátanos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(2):224-227.

- Araújo, A.V., Partelli, F.L., Oliveira, M.G., Pezzopane, J.R.M., Falqueto, A.R., Cavatte, P.C. (2015) Microclimatic and vegetative growth in coffee and banana intercrop. *Coffee Science*, 10(2):214-222.
- Araújo, A.V. (2013) Microclima e características fisiológicas do cafeeiro conilon consorciado com seringueira e bananeira. *Dissertação* (Mestrado em Agricultura Tropical), Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 104p.
- Araújo, A.V., Partelli, F.L., Oliosi, G., Pezzopane, J.R.M. (2016) Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. *Revista Ciências Agronômicas*, 47(4):700-709.
- Archanjo, K.M.P.A., Jesus Junior, W.C., Pezzopane, J.E.M. (2007) Respostas ecofisiológicas de cafeeiros em sistemas agroflorestais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(1):702-705.
- Assis, B.P., Gross, E., Pereira, N.E., Mielke, M.S., Júnior, G.A.G (2019) Growth response of four Conilon coffee varieties (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) to different shading levels. *Journal of Agricultural Science*, 11(7):1-13.
- Assis-Junior, S.L.D., Zanuncio Cola, J., Kasuya Megumi, M.C., Couto, L., Melido, N.R.C. (2003) Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. *Revista Árvore*, 27(1):35-41.
- 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.
- Avila, R.T., Cardoso, A.A., Almeida, W.L., Costa, L.C., Machado, K.L., Barbosa, M.L., Souza, R.P.B., Oliveira, L.A., Batista, D.S., Martins, S.C.V., Ramalho, J.D.C., DaMatta, F. M. (2020) Coffee plants respond to drought and elevated [CO<sub>2</sub>] through changes in stomatal function, plant hydraulic conductance, and aquaporin expression. *Environmental and Experimental Botany*, 177:104-148.
- Baitelle, D.C., de Jesus Freitas, S., Vieira, K.M., Meneghelli, C.M., Verdin-Filho, A.C., Baroni, D.F., Ponciano, N.J., Souza, P.M. (2018) Feasibility and Economic Risk of Programmed Pruning Cycle in Arabic Coffee. *Journal of Experimental Agriculture International*, 21(4):1-9.

- Baitelle, D.C. (2018) Poda programada de ciclo no cafeeiro arábica. *Dissertação* (Mestrado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes - RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 124p.
- Baitelle, D.C., Verdin-Filho, A., Freitas, S.J., Miranda, G.B., Vieira, H.D., Vieira, K.M. (2020) Cycle pruning programmed on the grain yield of arabica coffee. *Ciência e Agrotecnologia*, 43(1):1-10.
- Barreto, P., Sartori, M. (2012). *Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo*. Vitória: CEDAGRO/SEAG, 63p.
- Beining, A.M. (2008) Ecophysiological diversity of wild *Coffea arabica* populations in Ethiopia: drought adaptation mechanisms *Tese* (Doutorado), Institute for Crop Science and Resource Conservation, 143p.
- Bertrand, B., Boulanger, R., Dussert, S., Ribeyre, F., Berthiot, L., Descroix, F., Joët, T. (2012). Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. *Food chemistry*, 135(4):2575-2583.
- Bhattacharya, A., Dold, C. (2019) Water-Use Efficiency Under Changing Climatic Conditions. *Frontiers*,10:111-180.
- Blake, G.R., Hartge, K.H. (1986). Bulk density. In: *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. Madison: ASA, p.363-375.
- 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(1):74-89.
- Bote, A.D.E.; Struik, P.C. (2011). Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(11):336- 341.
- Brasil - Ministério da Agricultura (2016). Culturas: café. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>> Acesso em: JUN. 2017.

- Braun, H.; Zonta, J.H.; Lima, J.S.S.; Dos Reis, E.F. (2007) Produção de Mudanças de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. *Idesia (Arica)*, 25(3):85-91.
- Brinate, S. 2018. Crescimento, fotossíntese e nutrição de genótipos de *Coffea canephora* enxertados em porta-enxertos tolerantes a estresses. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 75p.
- Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Schob, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J., White, P.J. (2015) Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1):107-117.
- Busquet, R.N.B. (2006). Análise de crescimento, fenologia e acumulação de nutrientes de quatro genótipos de bananeira no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 101p.
- Camargo, A.P. (1985) *O clima e a cafeicultura no Brasil*. Informe Agropecuário, 11:13-26.
- Camargo, M. (2010) The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*, 69(1):239-247.
- Campanha, M.M., Silva Santos, R.H., de Freitas, G.B., Prieto Martinez, H.E., Jaramillo-Botero, C., Lages Garcia, S. (2007) Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. *Revista Árvore*, 31(5):805-812.
- Carvalho, A. (1946). *Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero Coffea com referência especial à espécie arábica*. Separata dos boletins da superintendência de serviços de café. Campinas, SP: IAC.

- Cavatte, P.C., Oliveira, Á.A., Morais, L.E., Martins, S.C., Sanglard, L.M., DaMatta, F.M. (2012) Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. *Physiologia Plantarum*, 144(2):111-122.
- Cavatte, P.C., Rodrigues, W.N., do Amaral, J.F.T., Pereira, S.M.A., Venancio, L.P. (2013). Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. In: *Tópicos Especiais em Produção Vegetal IV*, 421.CAUFES, p. 421-444.
- Champion, J. (1967) *Les bananiers et leur culture: botanique et genetique*. Paris: IFAC, 214 p.
- Charbonnier, F., Roupsard, O., Le Maire, G., Guillemot, J., Casanoves, F., Lacoite, A., Vaast, P., Allinne, C., Audebert, L., Cambou, A., Clément-Vidal, A., Defrenet, E., Duursma, R.A., Jarri, L., Jourdan, C., Khac, E., Leandro, P., Medlyn, B. E., Saint-André, L., Thaler, P., Weiersche, K. V. D., Aguilar, A. B., Lehner, P., Dreyer, E., Clément-Vidal, A. (2017). Increased light-use efficiency sustains net primary productivity of shaded coffee plants in agroforestry system. *Plant, Cell & Environment*, 40(8):1592-1608.
- Charrier, A., Berthaud, J. (1985). Principles and methods of coffee plant breeding: *Coffea canephora*. In: *Coffee: Agronomy*, London, Elsevier Applied Science, p.167-198.
- Colodetti, T.V., Rodrigues, W.N., Martins, L.D., Brinate, S.V.B., Tomaz, M.A., Amaral, J.F.T., Verdin-Filho, A.C. (2015). Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. *African Journal of Agricultural Research*, 10(1):3150-3156.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2022) Acompanhamento da safra brasileira – café. v. 9 – Safra 2022, n.1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-60. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: FEV. 2022.
- Conagin, C.H.T.M., Mendes, A.J.T. (1961). Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: auto-incompatibilidade em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. *Bragantia*, 20(34):787-804.

- Contador C.R. (1988). *Avaliação social de projetos*. 2. ed. São Paulo: Atlas. 316p.
- Covre Júnior, C.A., Oliveira, M.G., Partelli, F.L. (2018) Caracterização morfológica do cafeeiro conilon sob sombreamento com seringueira e a pleno sol. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*.
- Covre, A.M., Rodrigues, W.P., Vieira, H.D., Braun, H., Ramalho, J., Partelli, F.L. (2016) Nutrient accumulation in bean and fruit from irrigated and non-irrigated *Coffea canephora* cv. Conilon. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(6):402-409.
- Da 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 em parceria com a Embrapa Acre – UFAC, 105p.
- Dalcomo, J.M., Vieira, H.D., Ferreira, A.; Partelli, F.L. (2017) Comparação do crescimento de 22 genótipos de café conilon após ciclo de poda regular. *Jornal Africano de Pesquisa Agrícola*, 12(1):63-70.
- Dalmago, G.A., Heldwein, A.B., Nied, A.H., Grim.m, E.L., Pivetta, C.R. (2006) Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. *Ciência Rural*, 36:785-792.
- Dalmolin, A.C., Oliveira, S.E., Almeida, B.C., Ortíz, C.E. (2015). Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. *Revista Brasileira de Biociências*, 13(1):41-48.
- DaMatta, F.M., Godoy, A.G., Menezes-Silva, P.E., Martins, S.C., Sanglard, L.M., Morais, L.E., Ghini, R. (2016) Sustained enhancement of photosynthesis in coffee trees grown under free-air CO<sub>2</sub> enrichment conditions: disentangling the contributions of stomatal, mesophyll, and biochemical limitations. *Journal of Experimental Botany*, 67(1):341-352.
- DaMatta, F.M., Ronchi, C.P., Sales, E.F., Araújo, J.B.S. (2006) O café conilon em sistemas agroflorestais. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., DeMuner, L. H. Café Conilon. Vitória, ES: Incaper, p. 375- 389.

- DaMatta, F.M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field crops research*, 86(3):99-114.
- DaMatta, F.M., Ramalho, J.D.C. (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18:55-81.
- DaMatta, F.M., Ronchi, C.P., Sales, E.F., Araújo, J.B.S. (2007) O café Conilon em sistemas agroflorestais. In: *Café Conilon*. Vitória, p.374-389.
- Davis, A. P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M. F. (2011). Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data, implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167(4):357-377.
- De Abreu, D.P., Roda, N.D.M., Abreu, G.P., Bernado, W.D.P., Rodrigues, W.P., Campostrini, E., Rakocevic, M. (2021) Kaolin film increases gas exchange parameters of coffee seedlings during transference from nursery to full sunlight. *Frontiers in Plant Science*, 12(1):784482-784482.
- De 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. (2019) Crescimento e rendimento de bananeira consorciada com açazeiro (*Euterpe precatoria* L.). *South American Journal*, 6(1):95-106.
- Dubberstein, D., Rodrigues, W. P., Semedo, J. N., Rodrigues, A. P., Pais, I. P., Leitão, A. E., Partelli, F. L., Campostrini, E., Reboredo, F., Scotti-Campos, P., Lidon, F. C., Ribeiro-Barros, A. I., DaMatta, F. M., Ramalho, J.C. (2018). Mitigation of the Negative Impact of Warming on the Coffee Crop: The Role of Increased Air [CO<sub>2</sub>] and Management Strategies. In: *Climate Resilient Agriculture-Strategies and perspectives*. InTech – Online.
- Ehrenbergerová, L., Cienciala, E., Kučera, A., Guy, L., Habrová, H. (2016) Carbon stock in agroforestry coffee plantations with different shade trees in Villa Rica, Peru. *Agroforestry systems*, 90(3):433-445.
- Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (2017) *Manual de métodos de análise do solo*, 3ed., 574p.

- Silva, F.C. (2009) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2ed., Brasília, 627p.
- Emediato, F.L. (2014) *Desenvolvimento de marcadores microsatélites e análise de expressão de genes envolvidos em resposta ao estresse biótico em genótipos de musa acuminata*. Tese (Doutorado em Biologia Molecular), Brasília – DF, Universidade de Brasília - UnB, 213p.
- Espindula, M.C., Partelli, F.L. (2011). *Vantagens do uso de clones no cultivo de cafeeiros canéfora (Conilon e Robusta)*. Porto Velho, RO: Documento 144.
- 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.
- Faostat - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *Statistic data*. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: SET. 2018.
- 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. da, Ferrão, M.A.G., DeMuner, L.H. (Org.). *Café Conilon*. 2ed. Vitoria: DCM/Incaper, 1:81-101.
- Ferrão, R.G., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A., Volpi, P.S., Verdin Filho, A.C., Lanl. J.A., Mauri, A.L., Tóffano, J.L., Tragino, P.H., Bravim, A.J.B., Morelli, A.P. (2013) “*Jequitibá Incaper 8122*”, a nova variedade clonal de café conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo. Documentos N° 220, INCAPER. Vitória - ES.
- Ferreira, D.F. (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35(6):1039-1042.
- Ferreira, E.B., Cavalcanti, P.P., Nogueira, D.A. (2021) *ExpDes.pt*: Pacote Experimental Designs (Português). R package version 1.2.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: JUN. 2022.

- Fonseca, A.F.A. da., Sedyama, T., Cruz, C.D., Sakaiyama, N.S., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Bragança, S.M. (2006). Divergência genética em café conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(4):599-605.
- Fortes, D., Herrera, R.S., González, S., García, M., Romero, A., Cruz, A.M. (2009). Comportamiento de los pigmentos fotosintéticos, según la edad de rebrote después del pastoreo de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la estación poco lluviosa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(2):183-186.
- Gobbi, K.F.; Garcia, R.; Neto, A.F.G.; Pereira, O.G.; Ventrella, M.C.; Rocha, G.C. (2009) Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1):1645-1654.
- Gomes, I.A.C., Castro, E.M., Soares, A.M., Alves, J.D., Alvarenga, M.I.N, Alves, E., Barbosa, J.P.R.A.D., Fries, D.D. (2008) Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. "Oeiras" sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. *Ciência Rural*, 38(1):109-105.
- Gruntman, M., Grob, D., Májeková, M., Tielbörger, K. (2017) Decision-making in plants under competition. *Nature communications*, 8(1):1-8.
- Guimaraes, G. (2018). Inibidores de urease, serapilheira e adensamento do cafeeiro arábica: relações com a matéria orgânica do solo. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 139p.
- Guimarães, G.P., Mendonça, E.D.S., Passos, R.R., Andrade, F.V. (2014). Soil aggregation and organic carbon of Oxisols under coffee in agroforestry systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(1):278-287.
- Gurevitch, J., Scheiner, S.M., Fox, G.A. (2009). *Ecologia Vegetal*. 2ª ed. – Porto Alegre: Artmed, 592p.
- Hatfield, J.L., Dold, C. (2019) Photosynthesis in the solar corridor system. In: The solar corridor crop system. *Academic Press*, 1-33.

- Hoffmann, R.B., Oliveira, F.D., Gheyi, H.R., Souza, A.D., Arruda, J.D. (2010b). Acúmulo de matéria seca, absorção e exportação de micronutrientes em variedades de bananeira sob irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3):536-544.
- Hoffmann, R.B., Oliveira, F.D., Souza, A.D., Gheyi, H.R., Souza Júnior, R.D. (2010a). Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1):268-275.
- IEA- Instituto de Economia Agrícola. (2019) *Análise e indicadores do agronegócio*. Disponível em: < <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/index.php>> Acesso em: FEV. 2019.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: Mitigation of climate change. In: Edenhofer, O., PichsMadruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J. C. (eds). *Contribution of working group III to the fifth assessment of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ivanov, A., Hurry, V., Sane, P., Öquist, G., Huner, N. (2008). Reaction centre quenching of excess light energy and photoprotection of photosystem II. *Journal of Plant Biology*, 51(1):85–96.
- Jesus, J. (2008) Atributos do solo e da nutrição do cafeeiro em sistema agroflorestal e monocultivo. *Tese (Doutorado em Agronomia)*, Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALq, 147p.
- Jo, S.G., Kang, Y.I., Om, K.S., Cha, Y.H., Ri, S.Y. (2022) Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax. *Field Crops Research*, 275:108329.
- Júnior, W.C.J., Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Moraes, W.B., Amaral, J.F.T., Tomaz, M.A., Alves, F.R. (2012). Mudanças climáticas globais e seus potenciais impactos sobre a cafeicultura brasileira. In: *Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura*, 142p.

- Kiehl, E.J. (1979), Manual de edafologia – relações solo-planta. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 262p.
- Kirkham, M.B. (2005) Water-Use Efficiency. In: *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Academic Press, v.1, p.315–322.
- 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.
- Li, F., Meng, P., Fu, D., Wang, B. (2008) Light distribution, photosynthetic rate and yield in a Paulownia-wheat intercropping system in China. *Agroforestry Systems*, 74(2):163-172.
- 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.
- Lin, B.B. (2010). The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(4): 510-518.
- Lorenzoni, M.Z., Souza, Á.H.C.D., Seron, C.D.C., Andrean, A.F.B.A., Hachmann, T.L., Rezende, R. (2017) Eficiência instantânea no uso da água na cultura do pimentão fertirrigado com nitrogênio e potássio. *Anais, X EPCC, UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá*, p.1-4.
- 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.
- Manica, I. (1997). *Fruticultura tropical 4: banana*. Porto Alegre: Cinco Continentes. Epagri, 485 p.
- Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Machado, L., Brinate, S.V.B., Colodetti, T.V., Ferreira, D.S., Cogo, A.D., Apostolico, M.A., Teodoro, PE., To.maz, M.A., Amaral, J.F.T., Partelli, F.L. (2016) Genotypes of 35 conilon coffee can be

simultaneously clustered for efficiencies of absorption and utilization of N, P and K. *African Journal of Agricultural Research*, 11(1):3633-3642.

- Martins, M.Q., Fortunato, A.S., Rodrigues, W.P., Partelli, F.L., Campostrini, E., Lidon, F.C., DaMatta, F.M., Ramalho, J.C., Ribeiro-Barros, A. I. (2017) Selection and validation of reference genes for accurate RT-qPCR data normalization in *Coffea* spp. under a climate changes context of interacting elevated [CO<sub>2</sub>] and temperature. *Frontiers in Plant Science*, 8(307):1-11.
- Melke, A., Fetene, M. (2014) Eco-physiological basis of drought stress in coffee (*Coffea arabica* L.) in Ethiopia. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 26(3):225-239.
- Meneghelli, L.A.M., Monaco, P.A.V.L., Krause, M.R., Guisolfi, L.P., Almeida, K.M., Valle, J.M., Vieira, G.H.S. (2018) Utilization of agricultural residues as alternative substrates in the production of Conilon coffee seedlings. *Journal of Experimental Agriculture International*, 21(4):1-6.
- Miranda, G.M., Pereira, R.C.A., Bergo, C.L. (1999) Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica*) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre. *Ciência e Agrotecnologia*, 23(1):62-69.
- Morais, H., Caramori, P.H., Ribeiro, A.M.D.A., Gomes, J.C., Koguishi, M.S. (2006) Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(5):763-770.
- Morais, H., Caramori, P.H., Koguishi, M.S., Ribeiro, A.D. (2007) Caracterização microclimática de cafeeiros cultivados sob malha de sombreamento e a pleno sol. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 15(2):133-42.
- 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.
- Moreira, R.S. (1999) *Banana: teoria e prática de cultivo*. 2.ed. São Paulo: Fundação Cargill, Campinas, 335p.

- Moreira, S.L., Pires, C.V., Marcatti, G.E., Santos, R.H., Imbuzeiro, H.M., Fernandes, R.B. (2018) Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256(1):379-390.
- Nakazawa, M. (2022) *Functions for Medical Statistics Book with some Demographic Data*. R package version 0.7.3.
- OIC – Organização Internacional do Café. Relatório sobre o mercado cafeeiro – março de 2018. Disponível em: <[http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes\\_tecnicas/relatorio\\_oic\\_marco\\_2018.pdf](http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/relatorio_oic_marco_2018.pdf)> Acesso em: SET. 2018.
- Oliosi, G., Giles, J.A.D., Rodrigues, W.P., Ramalho, J.C., Partelli, F.L. (2016). Microclimate and development of 'Coffea canephora' cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar ('Toona ciliata' M. Roem. var. Australis). *Australian Journal of Crop Science*, 10(4):528.
- Oliosi, G., Giles, J.A.D., Partelli, F.L. (2013) Microclima e estiolamento dos ramos no cafeeiro conilon arborizado com Cedro Australiano. *VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Salvador, BA.
- Oliosi, G., Giles, J.A.D., Partelli, F.L., Ramalho, J.C. (2015) Microclima e produtividade do cafeeiro conilon em sistema agroflorestal com Cedro Australiano. *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Curitiba, PR.
- Oliosi, G., Oliveira, M.G., Partelli, F.L. (2021) Microclimate and development of black pepper intercropped with rubber tree. *Agroforestry Systems*, 95(8):1635-1645.
- Olivas, D.B.L. (2018) Cultivos consorciados de cafeeiro arábica: caracterização morfológica, fisiológica e nutricional. *Tese (Doutorado em Produção Vegetal)*, Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 84p.
- Oliveira, I.P., Oliveira, L.C., Mo, C.S.F.T. (2012) Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, 5(4):1-16.
- Ouma, G. (2009) Intercropping and its application to banana production in East Africa: A review. *Journal of plant breeding and crop science*, 1(2):13-15.

- Padovan, M.P., Cortez, V.J., Navarrete, L.F., Navarrete, E.D., Deffner, A.C., Centeno, L.G.R. Munguía, M., 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.
- Partelli, F.L., Araújo, A.V., Vieira, H.D., Dias, J.R.M., Menezes, L. FT. D., Ramalho, J.C. (2014) Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49:872-881.
- Partelli, F.L., Vieira, H.D., Detmann, E., Campostrini, E. (2006) Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. *Revista Ceres*, 53(306):204-210.
- Perdoná, M. J., Soratto, R. P., Esperancini, M. S. T. (2015) Desempenho produtivo e econômico do consórcio de cafeeiro arábica e noqueira-macadâmia, *Pesq. agropec. bras.*, 50(1):12-23.
- Pereira, M.C.T., Salomão, L.C.C., Silva, S.O., Sedyama, C.S., Couto, F.A.D., Neto, S.P.S. (2000) Cescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(1):1377-1387.
- Peters, J.B. (2005). Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: *Plant Analysis*. Department of Soil Science, College of Agriculture and Life Sciences, Madison, 48p.
- Pezzopane, J.R.M., Castro, F.D.S., Pezzopane, J.E.M., Bonomo, R., Saraiva, G.S. (2010) Climatic risk zoning for Conilon coffee in Espírito Santo, Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3):341-348.
- Pezzopane, J.R.M., Pedro Júnior, M.J., Gallo, P.B. (2005) Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. *Bragantia*, 64(3):485-497.
- 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. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(3):256–264.
- Pezzopane, J.R.M., Gallo, P.B., Júnior, M.J.P, Ortolani, A.A. (2003) Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 11(2):293-302.
- Pezzopane, J.R.M., Marsetti, M.M.S., Souza, J.M.D., Pezzopane, J.E.M. (2010) Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. *Ciência Rural*, 40:1257-1263.
- Pezzopane, J.R.M., Marsetti, M.M.S., Ferrari, W.R., Pezzopane, J.E.M. (2011a) Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. *Revista Ciência Agronômica*, 42:865-871.
- Pezzopane, J.R.M., Souza, P.S.D., Rolim, G.D.S., Gallo, P.B. (2011b) Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. *Acta Scientiarum*, 33:201-206.
- Pinard, F., Boffa, J.M., Rwakagara, E. (2014). Scattered shade trees improve low-input smallholder Arabica coffee productivity in the Northern Lake Kivu region of Rwanda. *Agroforestry Systems*, 88(4):707-718.
- Pino, F.A., Vegro, C.L.R. (2008). *Café um guia do apreciador*. 4ed. São Paulo: Saraiva, 200p.
- Queiroz-Voltan, R.B., Fahl, J.I., Carelli, M.L.C. (2011) Diferenciação floral em cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) sob diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, 6(3):256-268.
- Quevedo-Rojas, A., García-Núñez, C., Jerez-Rico, M., Jaimez, R., Schwarzkopf, T. (2018) Leaf acclimation strategies to contrasting light conditions in saplings of different shade tolerance in a tropical cloud forest. *Functional Plant Biology*, 45(9):968-982.
- R Core Team. R. (2018) *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Raij, B.V., Andrade, J.C., Cantarella, H., Quaggio, J.A. (2001). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p.
- Ramalho, J.C., Rodrigues, A.P., Smedo, J.N., Pais, I.P., Martins, L.D., Simões-Costa, M.C., Leitão, A.E., Fortunato, A.S., Batista-Santos, P., Palos, I.M., Tomaz, M.A., Scotti-Campos, P., Lidon, F.C., DaMatta, F.M. (2013). Sustained photosynthetic performance of *Coffea* spp. under long-term enhanced [CO<sub>2</sub>]. *PLoS One*, 8(12):e82712.
- Ricci, M.D.S.F., Costa, J.R., Oliveira, N.G. (2011). Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. *Coffee Science*, 6(1):44-54.
- Ricci, M.D.S.F., Junior, D.G.C., Almeida, F.F.D. (2013) Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiro em sistemas arborizados e a pleno sol. *Coffee Science*, 8(3):379-388.
- Rocha, R.B., Santos, D.V., Ramalho, A.R., Teixeira, A.L. (2014). Caracterização e uso da variabilidade genética de banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. *Coffee Science*, 8(4):478-485.
- Rodrigues, W.N.; Colodetti, TV.; Martins, L. D.; Brinate, S.V.B.; Tomaz, M.A. (2016c) Biometric evaluation of monthly growth rate as a criterion to study the genetic diversity in *Coffea canephora*. *African Journal of Agricultural Research*, 11(28):2499-2507.
- Rodrigues, W.P., Machado Filho, J.A., da Silva, J.R., de Assis, F.A.M.M., Ferraz, T.M., Ferreira, L.S., Bezerra, L.B.S., Abreu, D.P., Bernardo, W.P., Passos, L.P., Sousa, E.F., Glenn, D.M., Ramalho, J.C., Campostrini, E. (2016b). Whole-canopy gas exchanges in *Coffea* sp. is affected by supra-optimal temperature and light distribution within the canopy: the insights from an improved multi-chamber system. *Scientia Horticulturae*, 211:194-202.
- Rodrigues, W.P.; Silva, J.R.; Ferreira, L.S.; Machado Filho, JA.; Figueiredo, F.A.; Ferraz, T.M.; Bernardo, W.P.; Bezerra, L.B.S.; Abreu, D.P.; Cespom, L.; Ramalho, J.C.; 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.

- Rodrigues, W.P., Martins, M.Q., Fortunato, A.S., Rodrigues, A.P., Semedo, J.N., Simões-Costa, M.C., Pais, I.P., Leitão, A.E., Colwell, F.D., Goulao, L.F., Máguas, C.M., Maia, R., Partelli, F.L., Campostrini, E., Scotti-Campos, P., Ribeiro-Barros, A.I., Lidon, F.C., Damatta, F.M., Ramalho, J.C. (2016a). 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.
- Rogner, H.H.D, Zhou, R., Bradley. P., Crabbé, O., Edenhofer, B., Hare, L. Kuijpers, M., Yamaguchi, J. (2007) Introduction. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Romano, M.R., Santos, D.S., Farias, R.G., Ledo, C.A.S. (2012) Efeito de níveis de sombreamento no conteúdo de clorofila e na área foliar específica de cultivares de bananeira em estágio inicial de desenvolvimento. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE). *Anais, In: Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Bento Gonçalves, RS.
- Ronchi, C.P., DaMatta, F. (2017). Aspectos Fisiológicos do Café Conilon. In: Café Conilon. 2ed.Vitoria: DCM/Incaper, 1:81-101.
- Ruberti, I., Sessa, G., Ciolfi, A., Possenti, M., Carabelli, M., Morelli, G. (2012). Plant adaptation to dynamically changing environment: The shade avoidance response. *Biotechnology Advances*, 30(1):1047–1058.
- Salgado, B.G., Macedo, R.L.G., Venturin, N., Carvalho, V. (2004). Produtividade de cafeeiros arborizados com ingazeiros e com grevilea em Lavras-MG. *Agrossilvicultura*, 1(2):155-162.
- Santos, C.A.F., Leitão, A.E., Pais, I.P., Lidon, F.C., Ramalho, J.C. (2015). Perspectives on the potential impacts of climate changes on coffee plant and bean quality. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(2):152-163.
- Sarmiento-Soler, A., Rötter, R.P., Hoffmann, M.P., Jassogne, L., Van Asten, P., Graefe, S., Vaast, P. (2022) Disentangling effects of altitude and shade cover on

coffee fruit dynamics and vegetative growth in smallholder coffee systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 326:107786.

- Schmildt, E.R., Amaral, J.A.T.D., Santos, J.S., Schmildt, O. (2015). Allometric model for estimating leaf area in clonal varieties of coffee (*Coffea canephora*). *Revista Ciência Agronômica*, 46(4):740-748.
- Shepherd, K. (1984). Banana: taxonomia e morfologia. In: Simpósio brasileiro sobre bananicultura. Jaboticabal. *Anais Jaboticabal-SP: FCAVJ/UNESP*, p.50-74.
- 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, H.R.F, Melo, V.L., Pacheco, D.D., Assis, Y.J.M., Reis Sales, H.R. (2014) Acúmulo de matéria seca e micronutrientes em mandioca consorciada com bananeira. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(1):15-23.
- Silva, J.P.R. (2019) Instrumentação utilizada em fisiologia vegetal–ESALQ|USP. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Bacharelado em Agronomia) –Garanhuns - PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRP, 40p.
- Silva, V.A., Colares, M.D.F.B., Andrade, F.T., Lima, L.A. (2013) Viabilidade técnica e econômica da cafeicultura consorciada com mamão no norte de Minas Gerais. *Coffee Science*, 8(4):519-529.
- Silva, V.A., Lima, L.A., Andrade, F.T., Ferreira, E.A., de Souza Júnior, E.A., Colares, M.F.B., Moreira, L.L.Q. (2012) Sistemas intercalares com abacaxizeiro como alternativa de renda durante a formação de cafezais irrigados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(10):1471-1479.
- Simmonds, N.W., Shepherd, K. (1955). The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *The Journal of the Linnean Society of London*, 55(1):302-312.
- Simmonds, N.W. (1973) *Los platanos*. Barcelona: Blume, 539p.
- Sindhupriya, V.; Auxilia, 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., De Senna, D.S., Da Silva Araújo, J.B., Da 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):1-14.
- Souza, G.S.D., Alves, D.I., Dan, M.L., Lima, J.S.D.S., Fonseca, A.L.C.C.D., Araújo, J.B.S., Guimarães, L.A.D.O.P. (2017) Soil physico-hydraulic properties under organic conilon coffee intercropped with tree and fruit species. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(7):539-547.
- Souza, G.S., Infantini, M.B., Lani, J.A., Alves, P.D.O. (2018) Força de desprendimento de frutos de café conilon no estado do Espírito Santo. *Revista Pensar Acadêmico*, 16(1):103-108.
- Souza, G., Castro, E., Soares, A., Santos, A., Alves, E. (2011) Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1):1843-1854.
- Souza, J.M.D., Pezzopane, J.R.M., Gaspari-Pezzopane, C.D., Ferrari, W.R., Monteiro, K.R., Marcetti, M.M.S. (2009) Crescimento vegetativo do cafeeiro conilon consorciado com coqueiro anão verde. In: *Simpósio de Pesquisas Cafeeiras do Brasil*, 6., Vitória-ES. Anais. Brasília: Embrapa Café.
- Souza, J.P.; Macedo, M.A.S. (2006) Análise de viabilidade agroeconômica de sistemas orgânicos de produção consorciada. *XIII Congresso Brasileiro de Custos – Belo Horizonte – MG*.
- Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15(1):229-235.
- Stolf, R., Fernandes, J., Furlani-Neto, V. L. (1983). Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar/Stolf. *Revista STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos*, 3(1):18-23.

- Tatagiba, S.D., Santos, E.A., Pezzopane, J.E.M., Reis, E.F. (2010). Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. *Revista Engenharia na Agricultura*, 18(3):219-226.
- Thakur, M., Bhatt, V., Kumar, R. (2019) Effect of shade level and mulch type on growth, yield and essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under mid hill conditions of Western Himalayas. *PLoS one*, 14(4): e0214672.
- Thomaziello, R.A. (2013) Uso da poda no cafeeiro: por que, quando e tipos utilizados. Boletim técnico nº12. In *Condução da lavoura*, p.33-36.
- Thomaziello, R. A., Pereira, S.P. (2008) *Poda e condução do cafeeiro arábica*. Campinas: IAC, 39p.
- 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.
- 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.
- Tully, K.L., Lawrence, D. (2012). Canopy and leaf composition drive patterns of nutrient release from pruning residues in a coffee agroforest. *Ecological Applications*, 22(4):1330-1344.
- Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J.J., Guyot, B., Genard, M. (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2):197-204.
- Venancio, L.P. (2015) Sombreamento de clones de *Coffea canephora* em condições de campo: crescimento vegetativo, produção e qualidade. Tese (Mestrado em Produção Vegetal), Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 75p.

- Verdin-Filho, A.C., Silveira, J.S.M., Volpi, P.S., Fonseca, A.F., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Martins, A.G., Lani, J.A., Silveira, T.B., Comério, F. (2008) *Poda Programada de Ciclo para o Café Conilon*. Vitória: Incaper, 2a ed. (Documento no 163).
- Verdin-Filho, A. C., Mauri, A. J., Volpi, P. S., Amaral, J. A. T., Guarconi, R., Andrade, S., Miguel, G. S. (2010) Renovação do cafeeiro conilon por meio da Programada de Ciclo. *In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, Guarapari – ES. Trabalhos apresentados. Guarapari, ES.
- Verdin-Filho, A.C. (2011) Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com a poda programada de ciclo. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, 67 p.
- Verdin-Filho, A.C., Mauri, A.L., Volpi, P.S., Ferrão, R.G., Lani, J.A., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A., Andrade, S., Freitas, M.A. (2012) Boas tecnologias difundir, pro café bem florir. *In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, Caxambu. Varginha - MG: Fundação Procafé.
- Verdin-Filho, A.C., Mauri, A.L., Volpi, P.S., Ferrão, R.G., Lani, J.A., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A., Andrade, S., Freitas, M.A. (2012) Boas tecnologias difundir, pro café bem florir. *In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, Caxambu. Trabalhos apresentados. Varginha - MG: Fundação Procafé.
- Verdin-Filho, A.C., Tomaz, M. A., Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A. D., Rodrigues, W. N. (2014) Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and Different cultivation densities. *Coffee Science*, 9(4):489- 494.
- Verdin-Filho, A.C. Volpi, P.S., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Mauri, A.L.; Fonseca, A.F.A., Tristão, F.A., Andrade Júnior, S.D. (2016) New management technology for arabica coffee: the cyclic pruning program for arabica coffee. *Coffee Science*, 11(4):475-483
- Vieira, T.A., Rosa, L.D.S., Vasconcelos, P.CS., Santos, M.D., Modesto, R.D.S. (2007) Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. *Acta Amazonica*, 37(4):549-558.

Yao, X., Zhou, H., Zhu, Q., Li, C., Zhang, H., Wu, J.J., Xie, F. (2017) Photosynthetic response of soybean leaf to wide light-fluctuation in maize-soybean intercropping system. *Frontiers in Plant Science*, 8:1695.

## **APÉNDICES**



Figura 1A. Etapas iniciais da implantação do experimento do consórcio café conilon com bananeira 'Terra'.



Figura 2A. Etapas de condução das plantas do experimento do consórcio café conilon com bananeira 'Terra'.



Figura 3A. Avaliações fisiológicas de plantas do experimento do consórcio café conilon com bananeira 'Terra'.



Figura 4A. Resultados da produção do experimento do consórcio café conilon com bananeira 'Terra'.