

PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIRO ARÁBICA

DIEGO CORONA BAITELLE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIRO ARÁBICA

DIEGO CORONA BAITELLE

Dissertação 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 Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. D.Sc. Sílvio de Jesus Freitas

Coorientador: Prof. D.Sc. Sávio da Silva Berilli

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCH / UENF**

077/2018

B164 Baitelle, Diego Corona.

Poda programada de ciclo no cafeeiro arábica / Diego Corona Baitelle. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

124 f. : il

Bibliografia: f. 96 – 106.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientador: Sílvio de Jesus Freitas.

1. *Coffea arabica* L.. 2. Renovação da Lavoura. 3. Novo Sistema de Poda. 4. Análise Econômica da Poda. 5. Fisiologia do Cafeeiro. 6. Produtividade. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 634.8

PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIRO ARÁBICA

DIEGO CORONA BAITELLE

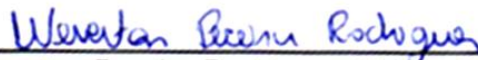
Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2018.

Comissão examinadora:




Prof. Nicácio José Ponciano (D.Sc., Economia Rural) - UENF



Weverton Pereira Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



Prof. Sávio da Silva Berilli (D.Sc., Produção Vegetal) - IFES



Prof. Sílvio de Jesus Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF (Orientador)

DEDICO...

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, namorada, 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 Baitelle, minha mãe Sirley Corona Baitelle e minha irmã Débora Virginia Corona Baitelle, pelo incentivo, amor e pelas orações em minha intenção;

À minha namorada, Kezia, pelo companheirismo, paciência sugestões e por estar sempre presente em todos os momentos;

Ao meu orientador, professor e amigo, Sílvio de Jesus Freitas, pela sua grande ajuda, dedicação e por estar sempre à disposição;

À minha equipe de trabalho, Verdin-Filho, Guilherme Bessa, Paulo César, Paulo Cavalcante, Laura Salomão, Waldiney Souza e demais membros do grupo NEMAC;

Ao Weverton Pereira Rodrigues, pelo apoio e auxílio durante os períodos de avaliações do experimento;

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

Ao Incaper, IFES e UENF pelo apoio ao desenvolvimento de minha pesquisa;

Ao produtor Ademar Franskoviak, por ter cedido sua área de cultivo para implantação do experimento, pela excelente hospitalidade e simplicidade;

Aos professores Sávio Berilli, Ismail Ramalho Haddade, Silvério Paiva Freitas, Niraldo Ponciano, Paulo Marcelo, pelos ensinamentos e relevantes contribuições ao meu trabalho;

Aos meus amigos Caroline Merlo Meneghelli, Kezia Moraes Vieira, Danilo Força Baroni, Willian Gomes, Luciano, Adan, 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 os meus amigos do IFES Santa Teresa, em especial, Washington Mariano de Bortole, Rafael San'Ana, Fernando Zanotti Madalon, Filippe Nunes Albani, Jorge Montoanelli Correa, pela parceria e incentivos;

Ao CNPq pela bolsa de estudos;

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

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Caracterização da espécie.....	4
2.2 Importância econômica.....	6
2.3 Caracterização do genótipo	7
2.4 Aspectos gerais da poda	8
2.5 Podas de produção no cafeeiro arábica	9
2.5.1 Recepa.....	10
2.5.2 Esqueletamento.....	11
2.5.3 Decote	12
2.6 Poda programada de ciclo	13
3. TRABALHOS	16
3.1 PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEEIRO ARÁBICA: ASPECTOS VEGETATIVOS E PRODUTIVOS	16
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
Delineamento estatístico e desenho experimental	20
Caracterização da área	22
Caracterização da lavoura	22

Implantação da poda programada de ciclo na lavoura	22
Avaliações	25
Análise estatística	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
3.2 PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIRO ARÁBICA: ASPECTOS FISIOLÓGICOS.....	44
RESUMO	44
ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
Delineamento estatístico e desenho experimental	48
Caracterização da área	49
Caracterização da lavoura	49
Implantação da poda programada de ciclo na lavoura	50
Avaliações	53
Análise estatística	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
3.3 VIABILIDADE E RISCO ECONÔMICO DA PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIRO ARÁBICA.....	74
RESUMO	74
ABSTRACT	75
INTRODUÇÃO.....	75
MATERIAL E MÉTODOS.....	78
Avaliação da viabilidade econômica	78
Análise de sensibilidade.....	79
Análise de risco econômico	80
Fonte de dados.....	81
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	82
Avaliação da viabilidade econômica	82
Análise de sensibilidade.....	83
Análise de risco econômico	86
CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

4. RESUMO E CONCLUSÕES	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
APÊNDICE	107

RESUMO

Baitelle, Diego Corona. Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2018. Poda Programada de Ciclo no Cafeeiro Arábica. Orientador: Prof. Sílvio de Jesus Freitas.

O cafeeiro é uma cultura de grande relevância econômica, social e cultural para o Brasil. Dentre as espécies do gênero *Coffea*, o cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) e o conilon (*Coffea canephora*) são os mais cultivados e exercem maior importância econômica. No Brasil, o cafeeiro arábica apresenta maior área plantada e maior produção em relação ao conilon. No entanto, a produtividade média do cafeeiro arábica é muito baixa em relação ao potencial produtivo dessa cultura. Acredita-se que alguns manejos, como a poda, possam alterar esse cenário e elevar a produtividade dessa cultura. Para estudar a influência de um novo sistema de poda na cultura, a poda programada de ciclo, foi desenvolvido o presente trabalho, que está apresentado em três capítulos. Objetivou-se no capítulo 1 avaliar a influência desse manejo no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro arábica conduzido em diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos. O delineamento foi de blocos casualizados com quatro repetições, onde os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial com um tratamento adicional, que foi representado pela poda tradicional (recepa) empregada por agricultores familiares da região de montanhas do estado do Espírito Santo. Avaliou-se a produtividade de grãos e os aspectos vegetativos. Os resultados indicaram que a produtividade, em todos os tratamentos conduzidos

com a poda programada de ciclo, é superior à poda tradicional, e a densidade de hastes que proporciona maior produtividade situa-se entre 11.500 a 13.800 hastes ha⁻¹. A retirada de ramos pode ser realizada anual ou bianualmente sem prejuízos na produtividade. A altura das plantas na poda programada é superior à testemunha. Maiores densidades de hastes proporcionam maior altura de plantas. A retirada dos ramos proporciona maior uniformidade de crescimento primário e secundário das plantas. No capítulo 2 objetivou-se avaliar os aspectos fisiológicos do cafeeiro arábica conduzido na poda programada de ciclo nas mesmas condições descritas no capítulo 1. Avaliou-se a taxa fotossintética líquida, a condutância estomática, a concentração interna de CO₂, a transpiração foliar, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico, a temperatura da folha, a intensidade de verde, o índice de nitrogênio, clorofila total, antocianina, e de flavonoides. Os resultados mostraram que a poda programada de ciclo influencia positivamente todos os aspectos fisiológicos avaliados quando comparada com a poda tradicional. O capítulo 3 refere-se aos impactos econômicos e os riscos associados a esse tipo de poda. O objetivo nesse capítulo foi determinar, mediante o cálculo do Valor Presente Líquido e da Taxa Interna de Retorno, a viabilidade do uso da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, bem como, identificar, usando o método de Monte Carlo, o risco econômico dessa técnica. Os resultados mostram que a poda programada de ciclo é mais viável economicamente quando comparada com a poda tradicional para a condição da cafeicultura familiar das montanhas capixabas. De modo geral, pôde-se concluir que a poda programada de ciclo aumenta a produtividade, altera positivamente a arquitetura das plantas, melhora os aspectos fisiológicos e, é mais viável economicamente do que a poda tradicional.

ABSTRACT

Baitelle, Diego Corona. Agronomist, M.Sc. State University of North Fluminense Darcy Ribeiro. February, 2018. Programmed Pruning Cycle in Arabic Coffee. Advisor: Prof. Sílvio de Jesus Freitas.

Coffee is a culture of great economic, social and cultural relevance for Brazil. *Coffea arabica* and *Coffea canephora* are among the most cultivated and economically important species of the genus *Coffea*. In Brazil, the Arabica coffee plant presents a greater planted area and greater production in relation to the conilon. However, the average productivity of arabica coffee is very low in relation to the productive potential of this crop. It is believed that some management, such as pruning, can alter this scenario and increase the productivity of this crop. In order to study the influence of a new pruning system on the crop, cycle programmed pruning, the present work was developed, which is presented in three chapters. The objective of this study was to evaluate the influence of this management on the vegetative and productive development of arabica coffee, conducted in different densities of stems and management of plagiotropic branches. The experimental design was a randomized block design with four replications, where the treatments were arranged in a factorial scheme with an additional treatment, which was represented by the traditional pruning used by family farmers in the mountains region of the state of Espírito Santo. Grain productivity and vegetative aspects were evaluated. The results indicated that productivity in all treatments conducted with cycle programmed pruning is superior

to traditional pruning, and the density of stems that provides higher productivity is between 11,500 to 13,800 ha⁻¹ ± stems. Withdrawal of branches can be carried out annually or biannually without loss of productivity. The height of the plants in programmed pruning is higher than the control. Higher stem densities provide higher plant height. Removal of the branches provides greater uniformity of primary and secondary plant growth. In chapter 2, the objective was to evaluate the physiological aspects of arabica coffee, conducted in the cycle programmed pruning under the same conditions described in Chapter 1. The photosynthetic net rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, leaf transpiration, vapor pressure deficit between leaf and atmospheric air, leaf temperature, green intensity, nitrogen content, total and anthocyanin chlorophyll, and flavonoids were evaluated. The results showed that cycle programmed pruning positively influences all the physiological aspects evaluated when compared to traditional pruning. Chapter 3 refers to the economic impacts and risks associated with this type of pruning. The objective of this chapter was to determine the viability of the cycle programmed pruning in arabica coffee by calculating the Net Present Value and the Internal Rate of Return, as well as to identify, using the Monte Carlo method, the economic risk of this technique. The results show that the cycle programmed pruning is more economically feasible when compared to the traditional pruning for the condition of the family farms in the Espírito Santo's mountains. In general, it has been concluded that cycle programmed pruning increases productivity, positively alters plant architecture, improves physiological aspects and is more economically viable than traditional pruning.

1. INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos primários mais valiosos no comércio mundial e representa uma das atividades agrícolas mais importantes para o Brasil. A cafeicultura está presente em quase todo território nacional, são cerca de 2,20 milhões de hectares destinados à cultura, com produção prevista entre 54,4 e 58,5 milhões de sacas beneficiadas de café para o ano de 2018 (CONAB, 2018).

Dentre as espécies cultivadas, o café 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 café arábica corresponde a 81% da área plantada, sendo responsável por 76 % da produção total de café do País (CONAB, 2018). Porém, apesar de ser o mais cultivado no Brasil e possuir alto potencial produtivo, essa espécie apresentou baixa produtividade média, cerca de 23,12 sacas beneficiadas por hectare no ano de 2017 (CONAB, 2018).

A baixa produtividade pode estar relacionada com o manejo que vem sendo empregado na cultura. Uma das práticas mais importantes no manejo é a poda, pois, além de ser aceita e acessível aos cafeicultores, é responsável pela manutenção da capacidade produtiva, pela recuperação das plantas debilitadas, pela correção de problemas relacionados à arquitetura das plantas, pelo controle de severidade de doenças, pelo aumento da longevidade da lavoura, e ainda, contribui com a redução da bialidade de produção (Queiroz-Voltan et al., 2006; Pereira et al., 2007; Japiassu et al., 2010; Verdin-Filho et al., 2014).

As plantas dessa espécie são monocaulas e necessitam de poda para revigorecimento sempre que apresentam baixo vigor e capacidade produtiva reduzida. No entanto, as podas tradicionais empregadas ocasionam queda de produtividade no ano seguinte à prática, podendo em alguns casos zerar a produção (safra zero) (Japiassu et al., 2010).

Queiroz-Voltan et al. (2006) relatam que os tipos de poda mais empregados no arábica, são o esqueletamento (corte dos ramos plagiotrópicos a cerca de 30 a 40 cm da haste), a recepa (corte da haste na altura de 40 a 60 cm do solo), e o decote (eliminação do ápice da planta a alturas variáveis de 1,60 a 2,60 m).

O decote causa redução da produtividade na próxima safra em função da eliminação de porção da parte aérea. O esqueletamento e a recepa são considerados tipos de poda drástica e reduzem grande parte do sistema radicular, que será recuperado à medida que a brotação da parte aérea se intensificar. As plantas submetidas a ambos os tipos de poda demoram de um a dois anos para se recuperarem e voltarem a produzir, passando pelo período de safra zero (Queiroz-Voltan et al., 2006). Além disso, o esqueletamento promove a formação de ramos plagiotrópicos bifurcados, que reduzem a eficiência da colheita manual e tornam essa prática mais onerosa.

No café conilon o sistema de poda mais eficaz e utilizado atualmente é a poda programada de ciclo (PPC), que consiste na introdução de 12.000 a 15.000 hastes ortotrópicas por hectare, por meio da seleção do número ideal de hastes por planta em função do espaçamento. Paralelamente à seleção das hastes, são retirados os ramos plagiotrópicos que atingiram 70% ou mais da sua produção. As hastes permanecem na planta por três ou quatro colheitas, e a partir desse ponto elimina-se cerca de 50 a 75% das mesmas, de modo a permitir entrada de luz na parte central da planta, ocasionando fotodegradação de auxina e promovendo a emissão de brotos vigorosos. Realiza-se a seleção de brotos da base da planta que irão compor a nova parte aérea durante os próximos três ou quatro ciclos de produção. As hastes remanescentes serão removidas após a próxima safra (Verdin-Filho et al., 2008).

Uma das vantagens da PPC está no fato de não existir safra zero, o que garante produção todos os anos. Além disso, ela é fácil de ser entendida e executada, promove redução de mão de obra, melhora a uniformidade de floração

e maturação dos frutos, proporciona incremento na produtividade, reduz a bienalidade de produção, melhora a qualidade final do produto, facilita a realização da desbrota e tratos culturais, e permite maior eficiência no manejo de pragas e doenças (Verdin-Filho et al., 2008).

Acredita-se que, assim como ocorre no conilon, a poda programada de ciclo no café arábica (PPCA) pode alterar positivamente a arquitetura e fisiologia das plantas, proporcionando a formação de plantas multicaulinares, com maior longevidade, maior produtividade, melhor distribuição de ramos e folhagens, além do fato de essa prática trazer maiores retornos econômicos em relação a podas tradicionais.

Nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar os aspectos vegetativos, produtivos, fisiológicos e econômicos da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, conduzida com diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da espécie

O cafeeiro pertence à família *Rubiaceae*, 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. É adaptado a clima ameno e úmido, com estação seca de dois meses (Miranda et al., 1999). Existem mais de 500 gêneros e mais de 8.000 espécies desta família (Pino e Vegro, 2008), sendo o gênero *Coffea* o mais importante, representado por 124 espécies. (Davis et al., 2011).

Dentre as espécies cultivadas, o café arábica e o conilon são as que apresentam maior importância econômica. O café arábica é o mais comercializado no mundo devido à sua superioridade na qualidade da bebida e vasta aceitação no mercado consumidor (Sondahl e Lauritis, 1992; Nebesny e Budryn, 2006). A espécie chegou ao Brasil em 1727, mas somente no século XIX que a cafeicultura apresentou relevância sobre a economia brasileira, se concretizando como um dos principais produtos do agronegócio brasileiro (Matiello et al., 2005).

Trata-se de uma planta perene, com ciclo bianual, de clima tropical de altitude, adaptada a temperaturas amenas e clima úmido, como na região de seu centro de origem. Em geral, apresentam ótimo desenvolvimento em temperatura

de 23°C diurna e 17°C noturna. Temperaturas médias mais altas podem causar problemas como o abortamento de flores (Matiello et al., 2005).

O café arábica é o único tetraploide do gênero *Coffea*, em que as demais espécies são diploides. Isso significa que essa espécie apresenta quatro conjuntos do número básico de cromossomos ($n=11$), totalizando 44 cromossomos (Souza et al., 2004). Quanto ao modo de reprodução, é uma espécie autógama autocompatível e se multiplica predominantemente por autofecundação, que ocorre em aproximadamente 90% das flores fertilizadas pela junção de pólen e óvulo oriundos da mesma planta (Fazuoli, 2004).

De acordo com Coste (1955), as plantas de café arábica são arbustos monocaules, tolerantes ao sombreamento e que podem chegar até 4,0 m de altura. Elas apresentam crescimento contínuo com dimorfismo de ramos (plagiotrópicos e ortotrópicos), sendo os ramos plagiotrópicos responsáveis pela produção (Thomaziello et al., 2000). Os ramos plagiotrópicos se formam ao longo do ramo ortotrópico, e crescem em comprimento e número de nós, de onde se originam novas folhas (Reis e Cunha, 2010). Devido à alternância do ciclo vegetativo e reprodutivo, as plantas da espécie são podadas com o intuito de revigoramento e aumento de produção (Thomaziello et al., 2000). O sistema radicular é pivotante, e suas raízes finas localizam-se, em sua maioria, entre 30 e 40 cm de profundidade no solo (Alves, 2008).

As folhas são ovaladas com bordos ondulados, de coloração verde-escura, sendo que a epiderme superior apresenta aspecto brilhante, medem cerca de 10 a 15 cm de comprimento por 4 a 6 cm de largura. Apresentam flores hermafroditas e agrupadas em conjuntos de 8 a 15, formando inflorescências denominadas glomérulos. O fruto é uma drupa ovoide bilocular que quando maduro pode apresentar coloração vermelha ou amarela (dependendo do genótipo). Se ocorrer abortamento de um lóculo há formação de semente arredondada, denominada moca. As sementes, geralmente em número de duas, são envolvidas pelo endocarpo (pergaminho), e recobertas por uma película prateada, denominada perisperma (Coste, 1955).

O teor de cafeína presente nos grãos é relativamente baixo (entre 0,9% e 1,5%), sendo ricos em polissacarídeos (50% a 55% da matéria seca do grão), lipídios (12% a 18%) e proteínas (11% a 13%). Estas características estão estreitamente relacionadas com sabor e aroma, e podem variar em função do

controle fitossanitário, da localização da lavoura, do processamento agrícola e do beneficiamento (Cortez, 2001; Livramento, 2010).

2.2 Importância econômica

Ao longo dos últimos 50 anos a produção e o consumo de café aumentaram consideravelmente, fato que está relacionado com o aumento da oferta de café com qualidade superior. Atualmente 70 países produzem café e mais da metade da produção mundial é representada por apenas três países: Brasil, Vietnã e Indonésia (FAO, 2015). Em 2015 a produção mundial de café foi de 144,75 milhões de sacas beneficiadas, sendo que aproximadamente 58,5% desse total é representado pelo café arábica (ICO, 2016).

A exportação de café é um mercado que vem crescendo consideravelmente, sendo uma importante fonte de renda para muitos países em desenvolvimento. Em 2002, as exportações mundiais foram de 5,5 milhões de toneladas e representaram cerca de 5,1 bilhões de dólares, números bem inferiores a 2012, em que as exportações totais foram de aproximadamente 116 milhões de sacas beneficiadas, movimentando 24 bilhões de dólares. (FAO, 2015).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, e segundo maior consumidor do produto, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América. (FAO, 2015). Apresenta, atualmente, um parque cafeeiro estimado em 2,20 milhões de hectares com produção prevista entre 54,4 e 58,5 milhões de sacas beneficiadas de café para o ano de 2018 (CONAB, 2018). O café arábica corresponde a 81% da área total cultivada, sendo responsável por 76% da produção total de café do País (CONAB, 2018).

Em 2015, o café representou 7% das exportações do agronegócio brasileiro. Foram exportadas cerca de 37,1 milhões de sacas beneficiadas, que geraram US\$ 6,16 bilhões na receita do País. Os principais destinos foram os Estados Unidos, Alemanha, Itália, Japão e Bélgica (BRASIL, 2016).

Atualmente, a cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de 8 milhões de empregos no País. São cerca de 287 mil cafeicultores,

predominando micro e pequenos, em aproximadamente 1.900 municípios distribuídos em 15 Estados: Acre, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rondônia e São Paulo, sendo que os Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná e Goiás representam cerca de 98,65% da produção nacional (BRASIL, 2016).

2.3 Caracterização do genótipo

O Catuaí Vermelho IAC 81 foi originado pelo Instituto Agrônomo de Campinas em 1949, através do cruzamento artificial entre os cultivares Caturra Amarelo IAC 7476–11 e Mundo Novo IAC 374–19. O intuito desse cruzamento foi a transferência do porte baixo do Caturra para o Mundo Novo. O Catuaí IAC 81 foi disponibilizado para fins comerciais em 1972, cujo nome em tupi-guarani significa “muito bom”. (Oliveira e Pereira, 2008).

O cultivar apresenta alto vigor vegetativo, elevada capacidade produtiva, porte compacto (altura variando de 2,0 a 2,4 m), que facilita o manejo da lavoura, e ciclo de maturação tardio (Oliveira e Pereira, 2008). As plantas apresentam bom desenvolvimento do sistema radicular e boa tolerância a períodos de estiagem, pois sua arquitetura as protegem de ventos frios e do calor. Contudo, apresentam baixa uniformidade de floração, com maturação dos frutos tardia e desuniforme, devido à dificuldade de penetração de luz e calor. A relação folha/fruto é baixa, principalmente nas primeiras safras, ocasionando seca de ponteiros após altas produções. Verifica-se também, dificuldade de revigoramento após a poda ou injúrias. As plantas são exigentes em boro e suscetíveis a ferrugem e nematoides (Matiello et al., 2009).

Segundo Aguiar et al. (2004), o cultivar é representado por plantas de formato cilíndrico, com médio diâmetro de copa (1,7 a 2,1 m), baixa incidência de ramos ortotrópicos (geralmente um por planta), que possuem flexibilidade mediana, elevada ramificação plagiotrópica, localizada horizontalmente à haste principal, e internódios curtos. Suas folhas apresentam baixa profundidade da

nervura secundária, são de tamanho médio com formato elíptico e ondulação nas bordas, com coloração verde quando jovens e verde-escura quando adultas.

Nas plantas, há alta ocorrência de inflorescência por axila com elevado número de flores presentes, o pólen é fértil e as flores apresentam autocompatibilidade. Os frutos são vermelhos, de tamanho médio e formato oblongo e apresentam média aderência ao ramo. Os grãos são de tamanho médio (peneira média 16), com endosperma de coloração verde e apresentam película prateada com tonalidade clara e de baixa aderência (Aguiar et al., 2004). Os teores de sólidos solúveis e cafeína se enquadram dentro dos padrões normais, apresentando ótima qualidade de bebida (Matiello et al., 2009).

O cultivar Catuaí IAC 81 apresenta elevada adaptabilidade a diferentes regiões e condições de cultivo, sendo indicada para plantio em espaçamentos largos ou adensados e altitudes baixas a média (Oliveira e Pereira, 2008).

2.4 Aspectos gerais da poda

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, sendo necessária a renovação dos ramos para retomar a capacidade produtiva da planta (Thomaziello, 2013). A renovação é feita por meio da poda, através da eliminação de partes vegetativas que perderam ou diminuíram o vigor e não apresentam capacidade de recuperação natural (Thomaziello e Pereira, 2008).

A poda auxilia no manejo da lavoura e apresenta muitas vantagens, como: eliminar ramos não produtivos ou danificados, reduzir condições propícias ao ataque de algumas pragas e doenças, facilitar operações manuais ou mecanizadas no manejo, permitir maior entrada de luz e estimular a produção em locais com fechamento ou autossombreamento, corrigir danos causados às plantas devido à ocorrência de eventos climáticos adversos, como geadas, granizos e secas, permitir renovação dos ramos produtivos, alterar a arquitetura da planta, manutenção adequada da relação folha/fruto, reduzir problemas de bienalidade da produção, revigorar plantas deformadas e debilitadas, proporcionar

economia na utilização de fertilizantes e defensivos, garantir incrementos na produtividade, facilitar a combinação de cultivos no meio da lavoura, melhorar e programar a produção das plantas, promover reciclagem de matéria orgânica de folhas e ramos podados, maximizar o espaço ou área para plantio, conservar o solo, além de facilitar o replantio e o repovoamento do cafezal (Matiello et al., 2007; Thomaziello, 2013).

Trata-se de uma prática relativamente fácil de ser entendida e executada, porém alguns fatores devem ser observados previamente à sua realização, dentre eles: idade da lavoura (plantas velhas não respondem muito bem à prática), genótipo (os cultivares apresentam diferenças no vigor vegetativo), presença de pragas e doenças no sistema radicular (prejudicam a recuperação das plantas), população de plantas, pois em lavouras com muita falha pode ser mais viável o arranquio e renovação da área (Thomaziello, 2013).

A época de realização da poda pode variar em função da região, do ciclo produtivo do cultivar, da ocorrência de chuvas e geadas, e de períodos de estiagem. Entretanto, Matiello et al. (2002) sugerem que a época mais apropriada para a execução da poda em cafeeiros compreende entre o término da colheita e o início das chuvas, normalmente entre agosto e setembro. Outros autores, afirmam que a poda realizada imediatamente após a colheita garante maior produção na próxima safra (Fagundes et al., 2007; Cunha et al., 2008). De acordo com Thomaziello e Pereira (2008), plantas podadas imediatamente após a safra apresentam maior comprimento e diâmetro do broto, maior diâmetro de saia e maior número de ramos plagiotrópicos do que as plantas cuja a poda foi realizada tardiamente.

2.5 Podas de produção no cafeeiro arábica

As podas usuais em cafeeiros são classificadas em dois grupos principais: as podas drásticas e as leves. Nas drásticas há eliminação de grande parte da parte aérea das plantas, que leva a morte de grande parte do sistema radicular e reduz a produtividade das plantas em curto e médio prazo, sendo pertencentes a esse grupo, a recepa e o esqueletamento. As podas leves são

caracterizadas pela eliminação de pequenas porções da parte aérea, sendo enquadrado nesse grupo apenas o decote, no caso do café arábica (Matiello et al., 2007).

2.5.1 Recepa

A recepa é a poda mais drástica que o cafeeiro pode sofrer, pois, elimina-se quase toda sua parte aérea, cortando as hastes a uma altura de 30 a 80 cm do solo. Existem basicamente dois tipos de recepa, a baixa e a alta. A baixa consiste em cortar a haste principal a uma altura de 20 a 40 cm do solo, eliminando-se 100% da parte aérea. As plantas submetidas a essa poda apresentam uma pequena produção no segundo ano e uma safra satisfatória no terceiro ano após a execução (Matiello et al., 2007; Thomaziello, 2013).

Na alta, conhecida como recepa pulmão, o corte da haste principal é realizado imediatamente acima do primeiro ou segundo ramo lateral, de modo que esses ramos permaneçam ativos gerando energia para a planta e reduzindo a mortalidade do sistema radicular. A recepa alta proporciona brotação e produção mais rápida, com maiores retornos na produtividade no segundo ano. Caso os ramos laterais encontrem-se em alturas superiores a 80 cm na haste, a poda alta não se aplica (Matiello et al., 2007).

Após a recepa devem ser efetuadas desbrotas. A primeira é realizada quando os brotos atingirem 20 a 30 cm de altura, sendo selecionados dois brotos por planta, e sempre que possível, os localizados no sentido do alinhamento das ruas (Rena et al., 1998). Contudo, Matiello et al. (2007) sugerem a seleção de três a seis brotos por planta, variando de acordo com o espaçamento utilizado na lavoura. Após a seleção dos brotos, eliminam-se as novas brotações sempre que surgirem. Esse fato, atrelado ao manejo do mato (que se torna maior devido à grande entrada de luz na área), tornam esse tipo de poda o mais oneroso entre os demais (Thomaziello e Pereira, 2008).

Cunha et al. (2008) relatam que a recepa deve ser recomendada somente quando não existir a possibilidade de aplicar outro tipo de poda, ou seja, lavouras atingidas por geadas, que perderam parte dos ramos plagiotrópicos nas posições

mais baixas, com adensamento intenso, com fins de renovação da copa depauperada ou deformada, e para recuperação de lavouras que passaram por grande período de maltrato, como estiagem. Matiello et al. (2007) ressaltam ainda que a recepa pode elevar a mortalidade das plantas, principalmente das mais debilitadas.

A recepa deve ser realizada sempre após anos de safra alta, e imediatamente após a colheita, pois quanto mais cedo for realizada menos tempo levará para a lavoura retomar sua produtividade (Pereira, et al., 2007; Aguiar et al., 2014).

2.5.2 Esqueletamento

O esqueletamento consiste na eliminação do ápice da planta (desponte, que deve ser feito em alturas superiores a 1,70 m), seguida do corte dos ramos laterais a uma distância de 20 a 40 cm do ramo ortotrópico (Miguel et al., 1986; Mendes et al., 1995; Queiroz-Voltan et al., 2006). O desponte tem a finalidade de quebrar a dominância apical e favorecer o desenvolvimento dos ramos laterais das plantas. Porém, o esqueletamento pode ser realizado sem o corte do ápice da planta, principalmente em casos cuja produção do ponteiro para próxima safra é satisfatória (Matiello et al., 2007).

Para Thomaziello & Pereira (2008), esse tipo de poda é indicado para lavouras adensadas e em vias de fechamento, pois, ela diminui o diâmetro da copa do cafeeiro e renova os ramos laterais. É indicada também para lavouras desgastadas pela idade, com perda de produção, atingidas por geada, sendo sua principal vantagem a recuperação relativamente rápida da planta, quando comparada com a recepa, havendo perda apenas de uma safra.

Nesse tipo de poda há exposição da haste principal ao sol, induzindo a emissão de ramos ladrões que devem ser eliminados pelas desbrotas a fim garantir a produtividade e longevidade da lavoura (Thomaziello e Pereira, 2008). Além disso, plantas esqueletadas com elevada brotação ficam sujeitas ao ataque de algumas doenças, como a *Phoma/Aschochyta* e *Pseudomonas*, e também a injúrias provocadas por ventos frios e granizo. Há ainda a ocorrência de ferrugem

logo após a brotação dos ramos podados, que apresenta incidência intensificada em lavouras adensadas (Matiello et al., 2007).

A grande desvantagem dessa poda está relacionada com a dificuldade operacional durante e após sua execução, principalmente quando as práticas são realizadas manualmente. As desbrotas que sucedem são difíceis de serem realizadas pela localização dos brotos na haste principal, fato que gera gastos excessivos. Além disso, nesse sistema de poda há formação de ramos plagiotrópicos bifurcados por ocasião da brotação das gemas terminais (local onde é realizado o corte). Esses ramos reduzem a eficiência da colheita manual, demandando maior mão de obra e tornando esse procedimento ainda mais oneroso (Matiello et al., 2007).

2.5.3 Decote

O decote é uma poda alta, que consiste na eliminação da parte superior da copa das plantas. É indicado para lavouras em vias de fechamento com boa ramificação lateral, para reduzir a altura das plantas, facilitar os tratamentos culturais e a colheita, corrigir deformações no ápice da planta, recuperar lavouras atingidas por geada cuja a parte aérea foi a mais atingida, ou para reequilibrar a parte aérea e o sistema radicular. A principal desvantagem está no fato dessa prática ser provisória, resolvendo os problemas das lavouras por períodos relativamente curtos, quando comparado com os demais tipos de poda. (Matiello et al., 2007; Thomaziello, 2013).

O decote pode ser alto ou baixo. O alto, geralmente é feito entre 2 e 2,5 m de altura, tem como principal finalidade a redução do tamanho das plantas, e é realizado quando a ramagem da copa apresenta-se em bom estado de desenvolvimento vegetativo. O decote baixo é realizado a uma altura de 1,0 a 1,8 m de altura, e é indicado para lavouras que precisam de recomposição da parte superior. Há maior perda de produção no primeiro ano de sua realização, porém o decote baixo apresenta efeito mais duradouro, sendo viável em longo prazo (Matiello et al., 2007; Thomaziello, 2013).

Toledo-Filho et al. (2000) afirmam que o decote, além de manter a planta com altura mais adequada para colheita, força o crescimento dos ramos laterais e melhora as condições vegetativas da copa não ocasionando safra zero. Não é uma poda drástica, é menos onerosa que a recepa e não provoca perda significativa de produção (Matiello et al., 1993; Mendes et al., 1995). Porém, Oliveira e Costa (2002), afirmam que esse tipo de poda não proporciona altas produtividades no cultivar Acaiá, sendo uma prática pouco viável e pouco indicada para lavouras de arábica.

O decote deve ser realizado após a colheita, de preferência, entre julho e agosto. Em regiões com riscos de geadas, deve ser realizado após o período com histórico da ocorrência. Além disso, é recomendável que a poda seja realizada após o ano de safra alta, pois, devido à bienalidade, a perspectiva é de baixa produção no ano seguinte (Thomaziello, 2013).

2.6 Poda programada de ciclo

É um sistema de poda inovador 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 ser empregada em pequenas e grandes áreas (Verdin-Filho et al., 2008).

A PPC pode ser utilizada em lavouras novas e velhas, e consiste na introdução de 12.000 a 15.000 hastes ortotrópicas por hectare, através da seleção do número hastes por planta em função do espaçamento (Verdin-Filho et al., 2008).

Em lavouras novas, recomenda-se que durante os dois primeiros anos sejam realizadas desbrotas visando à seleção do número de hastes verticais indicado para a PPC. Essas hastes permanecerão nas plantas por três ou quatro colheitas, e a partir desse ponto, 50 a 75% das mesmas serão eliminadas. O período que as hastes irão permanecer nas plantas irá variar de acordo com vigor, potencial produtivo, crescimento das plantas, índice de fechamento da lavoura, entrada de luz, material genético, espaçamento, e nível tecnológico

empregado. Em lavouras velhas que nunca foram submetidas a esse tipo de poda, recomenda-se a eliminação de 50 a 75% das hastes verticais após a safra do ano que se pretende implantar a PPC (Verdin-Filho et al., 2008).

As hastes a serem eliminadas devem ser cortadas em bixel a uma altura máxima de 25 cm. Preferencialmente, devem estar localizadas na parte central das plantas, induzindo a formação de plantas com arquitetura de “V”, manejo que irá permitir a entrada de luz no interior da planta, ocasionando fotodegradação da auxina presente no caule e promovendo a emissão de brotos vigorosos (Verdin-Filho, 2011).

Após a eliminação do percentual de hastes indicado, procede-se a eliminação dos ramos plagiotrópicos que apresentaram 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. Os brotos deverão ser selecionados quando apresentarem 5 a 12 cm de altura, (30 a 40 dias após a poda). Após a seleção desses brotos, deve ser eliminada toda nova brotação que surgir na planta (Verdin-Filho, 2011).

No ano seguinte à realização da PPC, as hastes remanescentes serão 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).

A PPC apresenta várias vantagens quando comparada ao sistema tradicional, dentre elas: aumento superior a 20% na produtividade média da lavoura, padronização do manejo da poda, redução de 32% do custo total de mão de obra no período de 10 safras, maior facilidade para realização de desbrota e dos tratamentos culturais, maior uniformidade de floração e maturação dos frutos, maior facilidade no controle de pragas e doenças, maior estabilidade de produção por ciclo, e melhor qualidade final do produto (Verdin-Filho et al., 2008).

Além disso, a lavoura é totalmente recuperada sem necessidade de eliminação de toda a parte aérea como ocorre na recepa, fato que provoca menores danos às plantas e aumenta a produtividade da lavoura. Verdin-Filho et al. (2010), comparando a PPC com a recepa em lavoura adulta de conilon, afirmam que a

produtividade das plantas conduzidas na PPC pode ser maior em função do melhor desenvolvimento vegetativo das plantas nesse sistema de poda.

A PPC pode proporcionar maiores produtividades quando conduzida com maior número de hastes por planta em espaçamentos adensados, como verificado por Verdin-Filho et al. (2014), que obtiveram incremento na produtividade do café conilon utilizando espaçamento adensado (2,0 x 1,0 m) e maior densidade de hastes (4 hastes por planta) na PPC.

Por ser uma tecnologia relativamente nova, a PPC apresenta uma possível desvantagem em relação às podas tradicionais, que seria a mão de obra mais especializada para executar essa técnica, visto que os trabalhadores devem ser submetidos a treinamentos para entender o princípio dessa poda e executá-la de forma correta e eficaz.

3. TRABALHOS

3.1 PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIRO ARÁBICA: ASPECTOS VEGETATIVOS E PRODUTIVOS

RESUMO

A poda programada de ciclo é uma técnica eficaz de revigoração adotada no cafeeiro conilon. É possível que essa técnica possa ser adotada no cafeeiro arábica aumentando a longevidade e a produtividade das lavouras. No entanto, alguns fatores devem ser estudados para verificar a viabilidade dessa técnica. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a influência da poda programada de ciclo no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro arábica conduzido em diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos. O experimento foi conduzido a campo no delinamento em blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes ha⁻¹), dois manejos na retirada de ramos plagiotrópicos (retirada anual e bianual de ramos que apresentaram 70% ou mais da sua produção). Para algumas variáveis, os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 4 x 2 x 2, sendo que o último

fator refere-se a duas posições de coleta de dados na planta (superior e inferior). Para todos os esquemas fatoriais foi empregado um tratamento adicional (testemunha), que refere-se à poda tradicional (recepta) utilizada por cafeicultores familiares da região das montanhas capixabas. Avaliou-se a produtividade de grãos e os aspectos vegetativos (altura de plantas, diâmetro de caule e copa, comprimento de ramos plagiotrópicos e número de rosetas por ramo plagiotrópicos). A produtividade, em todos os tratamentos conduzidos com a poda programada de ciclo, é superior à poda tradicional. A densidade de hastes que proporciona maior produtividade situa-se entre 11.500 e 13.800 hastes ha⁻¹. Pode ser empregada a retirada anual ou bianual de ramos plagiotrópicos que apresentaram 70% ou mais da sua produção sem prejuízos à produtividade. A poda programada de ciclo melhora a distribuição de ramos, aumenta o tamanho da copa, e impede a ocorrência do cinturamento, observado na testemunha. O maior diâmetro de caule ocorre na poda tradicional. Na poda programada, há uma redução do diâmetro do caule à medida que se eleva a densidade de hastes. A poda programada de ciclo conduzida com densidade estimada de 11.000 hastes ha⁻¹ proporciona maior altura das plantas.

ABSTRACT

The programmed cycle pruning is an effective technique of reinvigoration adopted in conilon coffee. It is possible that this technique can be adopted in arabic coffee, increasing the longevity and productivity of the crops. However, some factors should be studied to verify the feasibility of this technique. In this context, the objective of this study was to evaluate the influence of cycle programmed pruning on the vegetative and productive development of arabica coffee, conducted at different root densities and management of plagiotropic branches. The experiment was conducted in the field in a randomized block design with 4 replicates. The treatments were organized in a 4 x 2 factorial scheme, with four stem densities (4,000; 8,000; 12,000 and 16,000 ha⁻¹ stems), two treatments for the removal of plagiotropic branches (annual and biannual removal of branches that presented 70% or more of its production). For some variables, treatments were organized in

a 4 x 2 x 2 factorial scheme, with the latter factor referring to two data collection positions in the plant (upper and lower). For all the factorial schemes an additional treatment (control) was used, which refers to the traditional pruning (recepta) used by family farmers in the Espírito Santo's mountain region. Grain yield and vegetative aspects (plant height, stem and crown diameter, length of plagiotropic branches and number of rosettes by plagiotropic branches) were evaluated. Productivity, in all treatments conducted with cycle programmed pruning, is superior to traditional pruning. The density of rods that provides greater productivity is between 11,500 and 13,800 ha⁻¹ ± rods. The annual or biannual withdrawal of plagiotropic branches which have produced 70% or more of their production without loss of productivity may be used. The cycle programmed pruning improves the distribution of branches, increases the size of the crown, and prevents the occurrence of the waist, observed in the control. The largest stem diameter occurs in traditional pruning. In programmed pruning, there is a reduction of the stem diameter as the stem density rises. Cycle programmed pruning with an estimated density of 11,000 ha⁻¹ provides higher plant height.

INTRODUÇÃO

A redução do vigor e da produtividade média do cafeeiro arábica após alguns ciclos produtivos é um fato conhecido. Com isso, o problema da bienalidade de produção, caracterizada pela alternância anual de altas e baixas produtividades, é comumente atribuído à redução das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, o que faz com que, em virtude do menor crescimento dos ramos plagiotrópicos, a produção no ano seguinte seja baixa, e nem mesmo práticas como a irrigação são capazes de modificar este comportamento (DaMatta et al., 2007; Silva et al., 2008).

A bienalidade de produção reduz ganhos econômicos implicando em novos investimentos em técnicas de revigoração das lavouras (Thomaziello, 2013). Nesse sentido, a poda surge como uma interessante técnica de revigoração buscando a retomada da capacidade produtiva das plantas (Fernandes et al., 2012).

Os sistemas de poda tradicionais empregados no cafeeiro arábica são o esqueletamento, a recepa e o decote. O esqueletamento é realizado cortando os ramos plagiotrópicos a cerca de 40 cm da haste, a recepa remove todas as hastes da planta por meio de um corte horizontal cerca de 40 a 60 cm acima do solo, e o decote é um tipo de poda pouco eficiente, que visa reduzir a altura das plantas através da eliminação do ápice caulinar por meio de um corte, cuja altura varia entre 1,60 a 2,60 m do solo. (Japiassú et al., 2010; Pereira et al., 2013; Silva et al., 2016).

Todavia, o intenso uso dessas técnicas de poda pode causar efeitos drásticos sobre as plantas, como queda de produtividade no ano seguinte à prática, levando à ausência de produção (safra zero), redução do sistema radicular, podendo, em alguns casos, levar à morte de plantas devido à grande remoção da parte vegetativa (Gonçalves et al., 2014; Kumar et al., 2010; Souza et al., 2014; Silva et al., 2016).

Além disso, as plantas de cafeeiro arábica conduzidas com podas tradicionais sobre livre crescimento apresentam cinturamento, caracterizado pelo grande desenvolvimento vegetativo da “saia” (terço inferior da planta) e pouco desenvolvimento do restante da planta (Fazuoli et al., 1967). É possível que o cinturamento ocorra em função da “saia” atuar como dreno, dificultando o crescimento das demais regiões da planta, o que irá afetar a arquitetura e, conseqüentemente, a produção final.

No cafeeiro conilon o sistema de poda mais eficaz é a poda programada de ciclo (PPC), que consiste na introdução de 12.000 a 15.000 hastes ortotrópicas por hectare (Verdin-Filho et al., 2016). A PPC apresenta várias vantagens quando comparada aos sistemas tradicionais, dentre elas, aumento superior a 20% na produtividade média da lavoura, padronização do manejo da poda, redução de 32% do custo total de mão de obra no período de 10 safras, maior facilidade para a prática de desbrota e tratos culturais, maior uniformidade de floração e maturação dos frutos, maior facilidade no controle de pragas e doenças, maior estabilidade de produção por ciclo, e melhor qualidade final do produto (Verdin-Filho et al., 2008), não ocorrência de safra zero, assegurando a obtenção de produção a cada ano (Verdin-Filho et al., 2016).

Assim como ocorre no cafeeiro conilon, é possível que a PPCA possa alterar a arquitetura e fisiologia das plantas, reduzindo os fortes drenos da saia e

proporcionando a formação de plantas multicaulinares com ramos homoganeamente distribuídos. Com isso, a PPCA pode aumentar a longevidade e a produtividade das plantas, bem como, reduzir a bienalidade de produção. Porém, a PPCA não foi muito estudada no cafeeiro arábica, e ainda não é conhecida a densidade de hastes e o manejo de retirada de ramos plagiotrópicos que irá proporcionar melhores resultados.

Nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar os aspectos vegetativos e produtivos da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, conduzida em diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento estatístico e desenho experimental

Para as variáveis diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP) e produtividade de grãos (PG), o delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2 com um tratamento adicional, sendo a combinação de quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes por hectare) e dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos (retirada anual e bianual de ramos que apresentaram 70% ou mais de sua produção total).

As demais variáveis (comprimento de ramos plagiotrópicos do terço inferior (CRI), comprimento de ramo plagiotrópico do terço superior (CRS), número de rosetas por ramo plagiotrópico inferior (NRRI), número de rosetas por ramo plagiotrópico superior (NRRS), diâmetro da copa inferior (DCI) (saia), diâmetro de copa superior (DCS)) foram estudadas em fatorial triplo 4x2x2 com um tratamento adicional, representado pela combinação das quatro densidades de hastes, dos dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos, e de duas posições de coletas de dados na planta, na saia (terço inferior da planta) e na parte superior (terço superior das plantas).

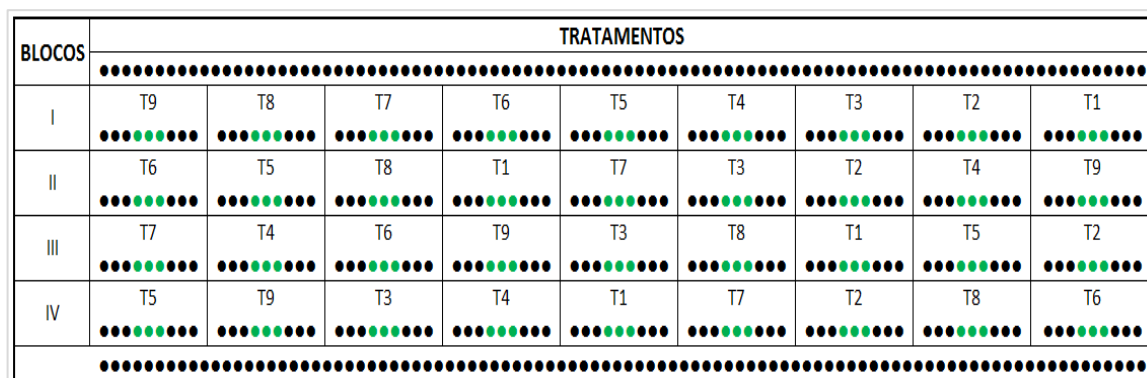
O tratamento adicional (testemunha) representa a poda tradicional utilizada no manejo da cultura, em que se predomina uma haste por planta (às vezes duas) e ausência de retirada de ramos plagiotrópicos, com posterior recepa após a perda de vigor das plantas. Nesse tratamento as plantas são conduzidas a livre crescimento, e, geralmente, após a perda de vigor (10-15 anos) são recepadas.

A tabela 1 revela a combinação dos tratamentos com o espaçamento empregado na lavoura, formando a combinação da densidade final de hastes.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos combinando densidade de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos, e do tratamento adicional (testemunha), para *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

Tratamentos	Retirada de Ramos	Número de hastes por planta	Densidade de hastes (hastes ha ⁻¹)
1	Anual	1	4.000
2	Anual	2	8.000
3	Anual	3	12.000
4	Anual	4	16.000
5	Bianual	1	4.000
6	Bianual	2	8.000
7	Bianual	3	12.000
8	Bianual	4	16.000
9 (Testemunha)	Ausente	1 a 2	4.000 a 8.000

As parcelas experimentais foram dispostas em linha e compostas por nove plantas, sendo consideradas úteis as três plantas centrais (figura 1).



Cor preta- representa as plantas da bordadura; Cor verde- representa as plantas úteis de cada parcela.

Figura 1 – Desenho experimental com a distribuição dos tratamentos.

Caracterização da área

O estudo foi conduzido a campo no distrito de Alto Mutum Preto, município de Baixo Guandú, região noroeste do estado do Espírito Santo, a 634 m de altitude e coordenadas geográficas 19°21'44,32"S e 40°50'31,95"W. De acordo com a classificação de Köppen, a área está localizada em uma região com clima do tipo Aw (tropical úmido) e apresenta temperatura média de 21,4° C, pluviosidade média anual de 1260 mm (Climate-Data, 2018) e topografia ondulado-acidentada.

Caracterização da lavoura

A lavoura experimental foi formada pela cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, de maturação tardia, com 12 anos de idade, cultivada no espaçamento de 2,5 m x 1,0 m e conduzida em condição de sequeiro. As adubações foram realizadas conforme as recomendações de Prezotti et al. (2007), e as práticas culturais foram conduzidas seguindo as recomendações de Ferrão et al. (2008).

Implantação da poda programada de ciclo na lavoura

Em julho de 2013, após a colheita dos frutos, introduziu-se a poda programada de ciclo na lavoura, retirando-se 75% das hastes velhas e os ramos plagiotrópicos que apresentaram 50% ou mais de sua produção, com intuito de promover entrada de luz na base da planta e proporcionar emissão de brotos vigorosos, seguindo o manejo da PPC utilizada no cafeeiro conilon (Verdin-Filho et al., 2008). A primeira desbrota foi executada aos 50 dias após a poda, de modo a selecionar o número de brotos respectivo ao número de hastes de cada tratamento. Realizou-se periodicamente a eliminação dos demais brotos que surgiram posteriores à seleção.

Após a colheita dos frutos no ano de 2014, foram retiradas as hastes remanescentes da poda de 2013, e a lavoura permaneceu somente com as brotações selecionadas anteriormente. Nessa etapa, a lavoura encontrava-se totalmente renovada e capacitada a apresentar todo seu potencial produtivo, tendo a primeira produção das brotações programada para o ano de 2015.

No ano de 2015, foi realizada a primeira colheita dos frutos das hastes formadas após a implantação da poda programada, em seguida procedeu-se a primeira retirada (nos tratamentos 1, 2, 3 e 4) de ramos plagiotrópicos que produziram 70% ou mais (figura2). As figuras 3 e 4 mostram o esquema ilustrativo das etapas realizadas na formação da lavoura conduzida no sistema da poda programada de ciclo para o cafeeiro arábica.



Figura 2 – Ilustração dos ramos plagiotrópicos que apresentaram 70% ou mais de sua produção.

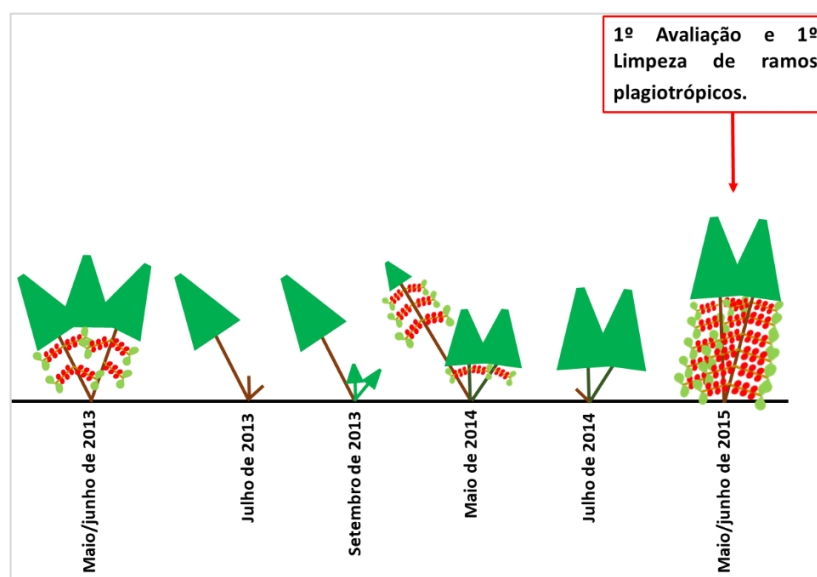


Figura 3 – Esquema ilustrativo das etapas executadas no experimento para implantação da poda programada de ciclo para *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

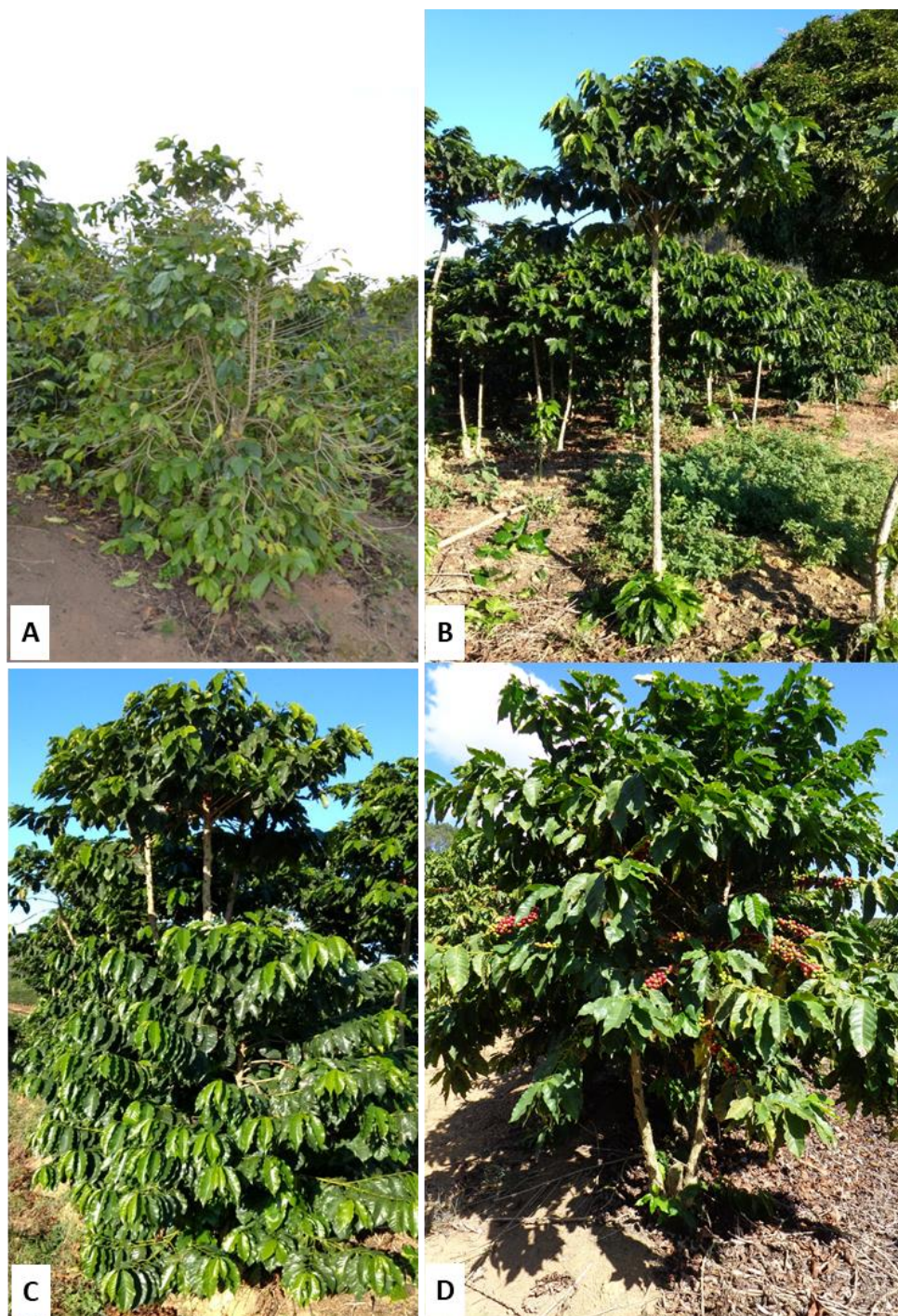


Figura 4 – Etapas de implantação da PPCA em campo no *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'. A – planta com pouco vigor vegetativo após a colheita de 2013. B – PPCA implantada em que houve a retirada das hastas velhas e retirada de ramos plagiotrópicos com posterior seleção dos brotos (setembro de 2013). C – brotos selecionados anteriormente apresentando pleno desenvolvimento e as hastas remanescentes, após a colheita, prontas para serem retiradas (junho/julho de 2014). D – brotos selecionados em 2013 desenvolvidos e formando as novas hastas das plantas, no momento de se iniciar a primeira colheita (junho de 2015).

Avaliações

Foram realizadas três avaliações, uma a cada semestre, do desempenho vegetativo das plantas, sendo a primeira realizada em junho de 2016. Em cada avaliação foram determinados: DC, AP, CRI, CRS, NRRI, NRRS, DCI, DCS. A PG foi avaliada nas safras de 2015, 2016 e 2017.

O DC foi obtido por meio de um paquímetro digital de precisão, medindo-se no primeiro entrenó da haste a 10 cm do solo. Para os tratamentos com mais de uma haste, o diâmetro do caule foi expresso através da média aritmética das medidas de todas as hastes. A AP foi determinada com auxílio de uma trena, da inserção da maior haste no tronco até o ápice caulinar.

Para obtenção do CRI, foram medidos quatro ramos plagiotrópicos inferiores, caracterizados por ser o terceiro ramo a partir da base da planta. O CRS foi obtido a partir da mensuração de quatro ramos plagiotrópicos superiores, caracterizados por ser o terceiro ramo a partir do ápice caulinar para a base da planta. Os ramos foram medidos em cada um dos quatro quadrantes da planta. O valor final foi expresso através da média aritmética das quatro medidas.

Para NRRI e NRRS foi realizada a contagem do número de rosetas presentes nos ramos inferiores e superiores, seguindo a metodologia estabelecida para CRI e CRS. O DCI e DCS foram estimados através dos CRI e CRS, em que foram considerados os ramos inferiores para estimar o DCI (diâmetro da “saia” das plantas), e os ramos superiores para estimar o DCS. Já o DMC foi estimado por meio da média aritmética simples dos dados obtidos no DCI e DCS.

A PG foi obtida com auxílio de peneira, onde a colheita dos frutos foi realizada quando o percentual de frutos verdes foi inferior a 20%. Foram colhidas todas as plantas da parcela, e as amostras de cada parcela foram identificadas e secas individualmente em estufa suspensa. Os frutos foram beneficiados quando o teor de água nos grãos esteve próximo de 12% (base úmida). Com os grãos pesados, o resultado foi extrapolado para sacas beneficiadas por hectare.

Análise estatística

Com os dados obtidos foi efetuada a média das três avaliações semestrais. Os dados médios foram submetidos à análise de normalidade e homocedasticidade, e posteriormente à análise de variância (ANOVA). Com relação aos fatores retirada de ramos plagiotrópicos e posição de coleta, as médias desses tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Para os efeitos do fator densidades de hastes, as variáveis foram estudadas por meio da análise de regressão ($F \leq 0,05$). O tratamento adicional (testemunha) foi comparado através da decomposição da soma de quadrados dos tratamentos em contrastes ortogonais, estabelecendo e testando o contraste entre a testemunha e os demais tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis avaliadas, apenas o número de rosetas por ramo plagiotrópico, o comprimento de ramo plagiotrópico e o diâmetro de copa apresentaram interação dupla significativa entre os fatores retirada de ramos plagiotrópicos x posição de coleta, e densidade de hastes x posição de coleta.

As variáveis diâmetro de caule e altura de plantas foram influenciadas, independentemente, pela retirada de ramos e densidade de hastes. Para a variável produtividade de grãos foi detectado efeito significativo apenas para o fator independente densidade de hastes.

Para a variável diâmetro de caule, a testemunha proporcionou média superior quando comparada com as médias de retirada de ramos anual e bianual. Quanto à altura de planta, as plantas submetidas à retirada de ramos anual e bianual apresentaram maiores resultados em relação à testemunha (tabela 2).

Tabela 2. Média do diâmetro de caule (DC) e altura de planta (AP) de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' submetido a diferentes retiradas de ramos plagiotrópicos na poda programada de ciclo, e conduzido na poda tradicional (testemunha).

Retirada de Ramos	DC (mm)	AP (cm)
Testemunha	40,59 a	149,21 b
Anual	32,27 b	163,35 a
Bianual	31,96 b	168,97 a
CV (%)	4,53	3,96

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si (Tukey $\leq 0,05$).

Esses resultados podem estar atrelados à quantidade de hastes por planta, que também apresentou efeito significativo, em cada sistema de retirada de ramos. Considerando que não houve estiolamento em nenhum tratamento, a maior altura de plantas observada na PPCA pode ter influenciado positivamente na produtividade de grãos, visto que a maior altura de plantas, possivelmente, proporciona maior área fotossinteticamente ativa, maior produção de fotoassimilados e também maior área para emissão de órgãos reprodutivos.

Há uma relação entre diâmetro do caule e produtividade das plantas, devido ao fato do caule ser um órgão de reserva das plantas. Thozzi e Ghini (2016) e Iost (2017), estudando o efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o crescimento do cafeeiro, verificaram que o diâmetro do caule aumenta à medida que as taxas fotossintéticas das plantas aumentaram, evidenciando que o caule pode atuar como um tecido de reserva de carboidratos sintetizados na fotossíntese.

Acredita-se que, ao trabalhar com maior número de hastes por planta, todo assimilado é melhor distribuído entre as hastes, reduzindo-se, dessa forma, o diâmetro de cada haste individual, uma vez que não é somente uma haste responsável por armazenar os metabólicos e reservas. Mas, ao somar todas as hastes dessas plantas, há um maior tecido de reservas se comparado com uma planta monocaular. Quando a planta apresenta uma ou duas hastes, toda produção interna se concentra nessas hastes, atuando assim como um tecido de reserva, ocasionando um aumento no diâmetro do caule nesses tratamentos.

Alguns autores, trabalhando com culturas monocaulinares, observaram uma relação positiva entre o diâmetro do caule com a produtividade da cultura (Gomes et al., 2007; Goes et al., 2013; Baitelle et al., 2016; Souza et al., 2016;

Guerra et al., 2017). Esse fato também ocorreu no presente trabalho, em que, apesar de apresentar o menor diâmetro de caule por haste, as plantas com maior densidade de hastes apresentam maior volume de tecidos de reservas devido ao grande número de hastes. Desse modo, o número de hastes deve ser levado em consideração ao se observar o diâmetro de caule, que, em alguns tratamentos, apresentou-se menor, porém o maior número de hastes desse tratamento proporciona maiores quantidades de tecidos para reserva.

Os menores diâmetros observados nos tratamentos com maior número de hastes sugerem que há uma divisão no acúmulo de reservas entre as hastes. Tal fato pode ser observado na figura 5A, em que o diâmetro de caule diminui de acordo com o aumento da densidade de hastes ha^{-1} .

Já para altura de plantas o resultado garante resposta de forma oposta, em que houve uma tendência de aumento do crescimento das plantas à medida que eleva-se a densidade de hastes até a altura máxima estimada de 195,46 cm (observada na densidade de 11.088 hastes ha^{-1}), a partir desse ponto, a altura das plantas tende a declinar, como mostra a figura 5B. Além disso, a testemunha apresentou a menor altura em relação a todos os demais tratamentos, inclusive os da poda programada de ciclo com uma haste produtiva.

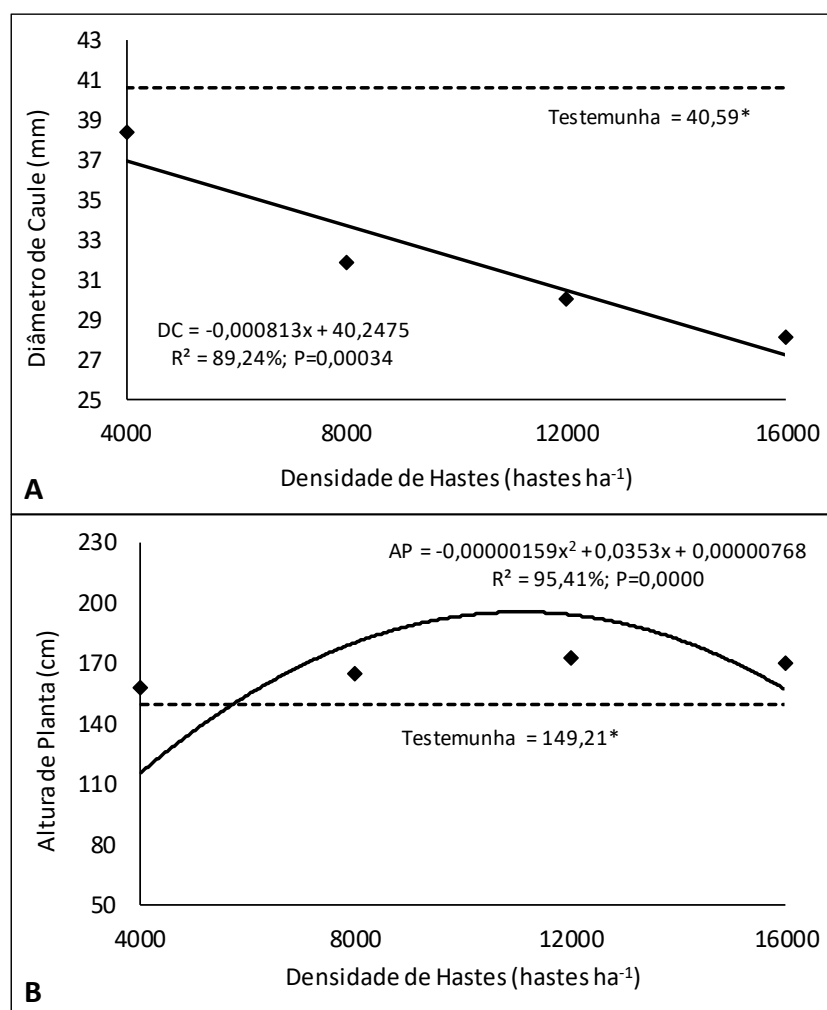


Figura 5 – Diâmetro de caule (A) e altura de plantas (B) de *Coffea arabica* L. ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ conduzido com a poda programada de ciclo em diferentes densidades de hastes, e com a poda tradicional (testemunha).

A competição por luz entre plantas, provocada pela maior densidade de hastes ha⁻¹ ao longo dos anos, altera a distribuição e aporte de matéria seca, favorecendo o crescimento vertical do ramo ortotrópico, em detrimento ao crescimento secundário do caule (Godoy et al., 2017), fato que pode explicar a redução do diâmetro de caule juntamente com o aumento da altura das plantas à medida que se eleva a densidade de hastes.

Arelado às afirmações de Godoy et al. (2017), foi observado em campo a arquitetura na forma de “cintura” somente nas plantas decorrente do livre crescimento na testemunha. Não foi verificado cinturamento em nenhum outro tratamento, como mostra a figura 6. Esse cinturamento ocasiona na planta, enfolhamento até aproximadamente metade de sua altura, destacando-se nessa

parte enfolhada, os caules na forma de candelabro com vegetação nova nas extremidades dos ramos laterais e desfolhados na região subterminal (Fazuoli et al., 1967).

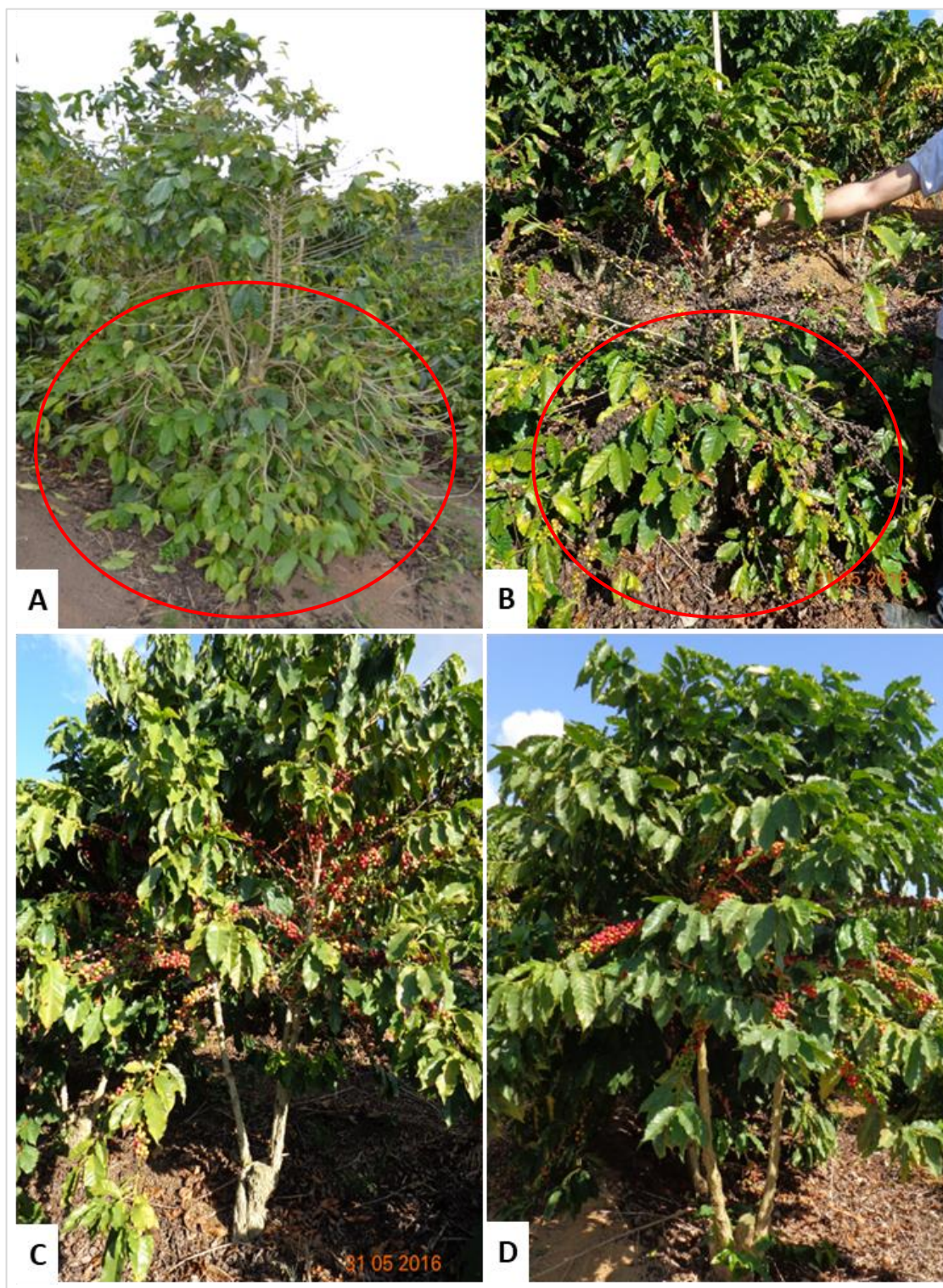


Figura 6 – Presença do cinturamento na testemunha na área circulado (A e B), revelando a grande concentração de enfolhamento e produção na parte inferior das plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

Poda programada de ciclo com três hastes e retirada anual (C), e bianual (D) de ramos plagiotrópicos que apresentaram 70% ou mais da sua produção. É possível observar que não há cinturamento nos tratamentos da poda programada e ocorre uma distribuição de folhas e produção mais homogênea nas plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

Acredita-se que, o maior enfolhamento da saia em plantas com arquitetura cinturada ocasiona maior concentração dos produtos internos e fotoassimilados na parte inferior da planta, e, conseqüentemente, menor concentração na parte superior. Fato que resulta na redução no crescimento primário e corrobora para a menor altura observada na testemunha.

Quando é introduzida a poda programada de ciclo no cafeeiro arábica há a retirada de ramos plagiotrópicos inferiores, e com isso, a saia é retirada e não há formação de plantas com arquitetura "cinturada". Dessa forma, acredita-se que todo fotoassimilado da planta é melhor distribuído na mesma, fato que contribui para um crescimento mais homogêneo, não havendo enfolhamento e nem concentração de produtos na parte inferior das plantas.

Além disso, a maior altura observada nos tratamentos com maior densidade de hastes pode estar relacionada com a autocompetição por luz. Segundo Godoy et al. (2017), o adensamento provoca mudanças de ordem fisiológica, morfológica e produtiva nas plantas de café arábica. Essas mudanças são influenciadas pelo autossombreamento que ocasiona um desequilíbrio nos padrões de citocinina, auxina e giberelina da planta, impulsionando as atividades de crescimento no meristema apical do ramo ortotrópico primário (Taiz e Zeiger, 2012).

Quanto à produtividade, não houve interação significativa entre os fatores densidade de hastes e retirada de ramos, havendo diferença significativa apenas para o fator densidade de hastes. A produtividade nos anos de 2015 a 2017 e a média das três safras, apresentaram resposta polinomial quadrática na análise de regressão (figuras 7A, 7B, 7C e 7D, respectivamente). As médias obtidas no sistema de poda programada, mesmo nas menores densidades de hastes (4.000 hastes ha⁻¹), foram superiores às verificadas na testemunha, como revela a figura 7.

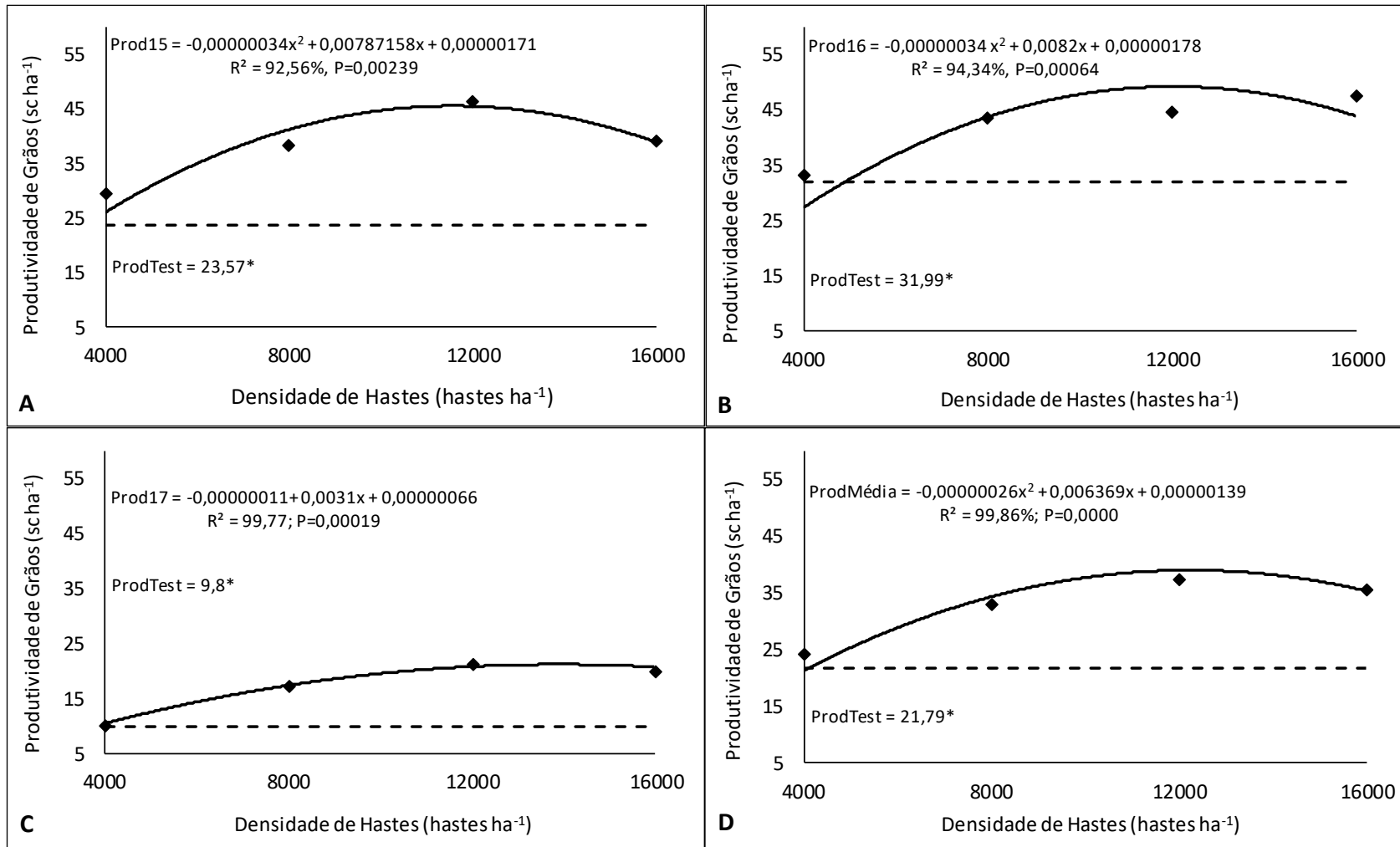


Figura 7 – Produtividade de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzida com a poda programada de ciclo em diferentes densidades de hastes e da testemunha nos anos de 2015 (A), 2016 (B), 2017 (C) e a média das três safras (D).

É notável que a poda programada de ciclo atrelada às densidades de hastes modificou a produtividade da lavoura entre os anos de 2015 a 2017. No ano de 2015 a densidade estimada na poda programada de 11.576 hastes ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade, cerca de 45,56 sc ha⁻¹, representando quase o dobro de produtividade em relação à testemunha (21,79 sc ha⁻¹). No ano de 2016, a maior produtividade (49,25 sc ha⁻¹) foi obtida em 12.035 hastes ha⁻¹.

A produtividade no ano de 2017 manifestou-se de forma semelhante aos anos de 2015 e 2016, em que a densidade estimada de 13.877 hastes ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade (21,18 sc ha⁻¹). Nesse ano, o tratamento na poda programada que apresentou melhor resultado, representou mais que o dobro de produtividade em relação à testemunha (9,8 sc ha⁻¹). Na safra de 2017, foi possível observar que houve uma queda brusca na produtividade de grãos em relação aos demais anos. Tal fato pode ser explicado pelo grande déficit hídrico ocorrido no estado do Espírito Santo no ano de 2016. Como a lavoura de estudo é cultivada em condição de sequeiro, a falta de água no ano de 2016 pode ter contribuído diretamente no decréscimo da produtividade em todos os tratamentos na safra de 2017.

As condições climáticas adversas podem limitar a produção de frutos em plantas de café, especialmente devido à ocorrência de seca e temperaturas desfavoráveis. Scalco et al. (2011) estudando o cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado, observaram que o uso da irrigação aumentou a produtividade média em 44% ao longo de sete safras em relação ao cultivo não irrigado. Fernandes et al. (2016) avaliando a viabilidade técnica e econômica da irrigação localizada do cafeeiro arábica nas condições climáticas do Planalto de Araxá-MG observaram que o tratamento não irrigado ocasionou uma redução na produtividade de 38% por ano comparando com o tratamento com irrigação durante todo o ano.

Observa-se que, na média da produtividade dos três anos de estudo, a densidade de hastes estimada que apresentou maior produtividade (cerca de 39 sc ha⁻¹) foi de aproximadamente 12.250 hastes ha⁻¹, uma produtividade bem superior à da média da testemunha (21,79 sc ha⁻¹). Nos tratamentos da poda programada, a densidade de 4.000 hastes ha⁻¹ proporcionou a menor produtividade. Acredita-se que tal resultado possa estar relacionado com o menor número de hastes produtivas por área.

Os dados de produtividade obtidos neste trabalho corroboram com os encontrados por Verdin-Filho et al. (2014), que estudaram o rendimento de café conilon utilizando a poda programada de ciclo em diferentes densidades de hastes, observaram que um maior número de hastes por planta tende a aumentar o rendimento de grãos, enquanto as menores densidades de hastes propiciaram rendimentos mais baixos.

De um modo geral, no presente trabalho, a densidade próxima a 12.000 hastes ha^{-1} proporcionou maior produtividade obtida entre os tratamentos com poda programada de ciclo. Uma das grandes vantagens do adensamento é o aumento da produtividade por área, sobretudo nas primeiras colheitas, no entanto, pode haver maior competição entre plantas por luz, água e nutrientes. (Pereira et al., 2013; Andrade et al., 2014). Nas densidades de hastes acima de 12.000 hastes ha^{-1} , acredita-se que pode ter ocorrido a autocompetição, principalmente por luz, acarretando na redução da taxa fotossintética, e, conseqüentemente, da produtividade.

Os resultados das variáveis diâmetro de caule e altura de plantas para a densidade de 16.000 hastes ha^{-1} também apresentaram-se inferiores aos da densidade de 12.000 hastes ha^{-1} . Assim, acredita-se que o desenvolvimento suprimido das plantas nesta densidade de haste possa ter influenciado diretamente no rendimento das mesmas, explicando o fato da menor produtividade obtida na densidade de 16.000 hastes ha^{-1} quando comparada com a de 12.000 hastes ha^{-1} .

Outro fator que pode ter contribuído para a menor produtividade encontrada na densidade de 16.000 hastes ha^{-1} é a morte de ramos plagiotrópicos no terço inferior dos cafeeiros devido ao autossombreamento. A diminuição do espaçamento entre plantas causa morte mais intensa dos ramos plagiotrópicos no terço inferior dos cafeeiros, podendo levar à perda progressiva de produtividade e inviabilizar a manutenção desse tipo de sistema de cultivo do cafeeiro (Scalco et al., 2011).

O fato de a testemunha ter apresentado produtividade inferior aos demais tratamentos em todas as safras avaliadas, além do menor número de hastes produtivas, também está relacionado à perda de vigor e ocorrência do cinturamento, caracterizado pelo maior enfolhamento e densidade de ramos na parte inferior das plantas e, pouco enfolhamento no restante da mesma,

representando uma concentração de produção apenas na parte inferior, diferentemente do que ocorre nos tratamentos da poda programada de ciclo, nos quais há uma distribuição homogênea de folhas e produção em toda a planta, como evidenciado anteriormente na figura 6.

A distribuição mais uniforme de ramos e folhas nos tratamentos da poda programada ocorre em função da retirada dos ramos plagiotrópicos. Este fato sugere que os ramos plagiotrópicos localizados na saia de plantas cinturadas agem como forte dreno em relação aos assimilados e produtos metabólicos, inviabilizando um desenvolvimento vigoroso dos demais ramos localizados no restante das plantas.

Os ramos plagiotrópicos localizados na saia podem agir como dreno por estarem localizados mais próximos às raízes em relação aos demais ramos. Para Coll et al. (2001), entre os fatores que definem a força do dreno, se destaca a proximidade, sendo que normalmente as fontes translocam nutrientes para os drenos que estão mais próximos delas.

Silva et al. (2011) também verificaram maior presença de carbono radioativo nos tecidos mais próximos à fonte em relação aos tecidos mais distantes, evidenciando que a translocação de metabólicos é afetada pela distância entre a fonte e o dreno. Os autores ainda afirmam que uma consequência prática a isso é que folhas que sombreiam outras mais próximas dos drenos de interesse devem ser eliminadas, como ocorre na retirada dos ramos plagiotrópicos na poda programada.

O cinturamento pôde ser comprovado por meio dos resultados das variáveis número de rosetas, comprimento de ramo e diâmetro da copa (tabela 3). Para essas variáveis, houve interação significativa entre os fatores retirada de ramos e posição de coleta.

A testemunha apresentou, na posição de coleta inferior na planta (saia), maiores resultados do que os tratamentos de retirada anual e bianual conduzidos na poda programada de ciclo. Entretanto, os resultados das mesmas variáveis na posição superior de coleta (copa) apresentaram-se de forma oposta, sendo a testemunha o pior tratamento. Esse fato comprova a arquitetura cinturada das plantas na testemunha, em que há uma maior concentração de ramos e folhas na parte inferior da planta, como é exibido na tabela 3.

Tabela 3 – Interação dupla entre os fatores retirada de ramos plagiotrópicos e posições de coleta na planta, para as variáveis: número de rosetas por ramo, comprimento de ramo plagiotrópico e diâmetro de copa, em *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzido com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional (testemunha).

Posição de Coleta	Número de Rosetas por Ramo			Comp. Ramo Plagiotrópico (cm)			Diâmetro de Copa (cm)		
	Retirada de Ramos			Retirada de Ramos			Retirada de Ramos		
	Testemunha	Anual	Bianual	Testemunha	Anual	Bianual	Testemunha	Anual	Bianual
Inferior	11,95 aA	9,58 bA	10,33 bA	82,84 aA	72,17 bA	67,61 bA	165,68 aA	144,35 bA	135,22 bA
Superior	6,78 bB	8,86 aA	9,95 aA	18,14 bB	21,20 aB	21,65 aB	36,28 bB	42,39 aB	43,31 aB
CV (%)	11,59			5,62			6,52		

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

Nos tratamentos anual e bianual, a retirada dos ramos plagiotrópicos na parte inferior da planta proporciona nova arquitetura de copa favorecendo o desenvolvimento da parte superior da mesma. Com isso, permite um maior diâmetro de copa e, por consequência, comprimento de ramo plagiotrópico e número de rosetas por ramo na parte superior da planta, fato que contribui para o aumento da produtividade nesse sistema de manejo.

Houve também interação significativa entre os fatores densidade de hastes e posição de coleta na planta para o número de rosetas por ramo plagiotrópico (Figura 8A), comprimento de ramo plagiotrópico (Figura 8B) e diâmetro da copa (Figura 8C).

Para os tratamentos envolvendo poda programada de ciclo, o número de rosetas por ramos plagiotrópico apresentou interação apenas entre a densidade de hastes e a posição de coleta de dados na parte inferior do cafeeiro. O resultado dessa variável foi semelhante à produtividade, em que, o maior número de rosetas (13) estimado pela equação quadrática foi observado na densidade de 11.500 hastes ha^{-1} . Esse dado corrobora com a maior produtividade verificada próxima a essa densidade, uma vez que o número de rosetas está diretamente relacionado com a produção de frutos e consequentemente grãos.

O declínio do número de rosetas por ramo após a densidade de 11.500 hastes ha^{-1} pode ter ocorrido em função do autossombreamento ocasionado nas maiores densidades de hastes, influenciando um leve estiolamento dos ramos da parte inferior das plantas devido à falta de luminosidade. Acredita-se que esse estiolamento não ocorreu na parte superior das plantas, e por isso não se observou diferença entre os tratamentos.

Observa-se também uma grande discrepância entre o número de rosetas por ramo da parte inferior em relação à superior nas plantas testemunha. Provavelmente essa maior diferença ocorre pela presença de plantas cinturadas, como já discutido anteriormente.

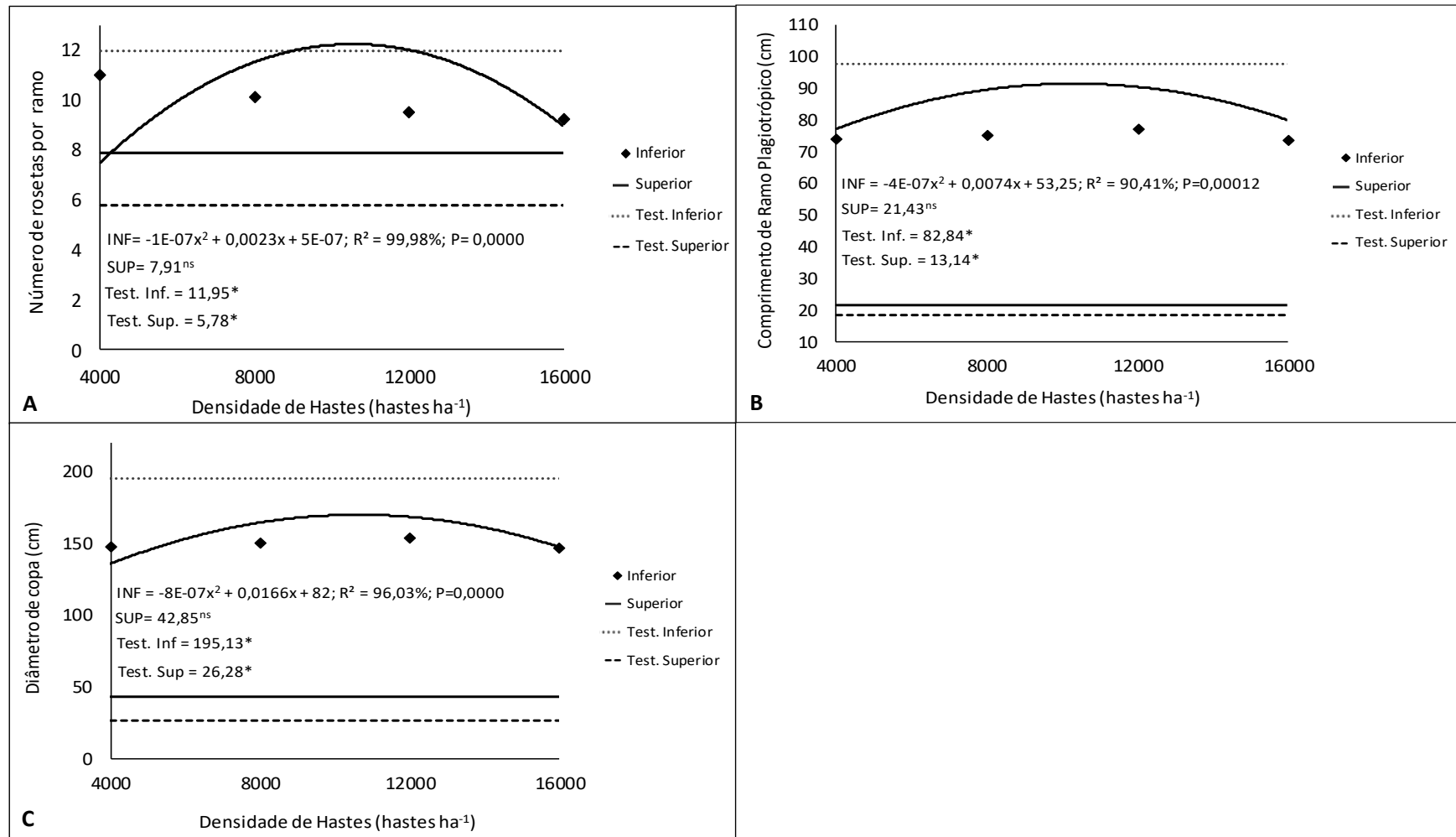


Figura 8 – Número de rosetas por ramo plagiotrópico (A), comprimento de ramo plagiotrópico (B) e diâmetro da copa (C) avaliados nas posições inferior (saia) e superior (copa) das plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzidas com a poda programada de ciclo em diferentes densidades de hastes, e conduzidas com a poda tradicional na testemunha.

O comprimento de ramo plagiotrópico se comportou de forma similar ao número de rosetas por ramo, em que houve interação significativa entre a densidade de hastes e a posição de coleta inferior, em que foi observado efeito quadrático na regressão. O maior comprimento de ramos estimado (87,5 cm) foi observado na densidade de 9250 hastes ha⁻¹.

Provavelmente a presença de ramos plagiotrópicos maiores na posição inferior é devido à idade dos ramos, visto que, ramos cronologicamente mais velhos são por consequência maiores. Além disso, acredita-se que o autossombreamento ocasionado na saia das plantas, proporciona um maior crescimento dos ramos dessa região em busca por maior exploração de luminosidade.

Na testemunha, o cinturamento observado a campo proporcionou um maior crescimento da parte da saia das plantas quando comparada aos tratamentos da poda programada de ciclo. Essa grande diferença do tamanho desses ramos pode ser explicada pelo maior número de ramos na saia do cafeeiro, em que esses ramos atuam como forte dreno e acumulam maior parte dos assimilados oriundos das fontes das plantas, reduzindo a distribuição homogênea ao longo da planta e inviabilizando o crescimento normal da copa.

O diâmetro de copa também não foi influenciado pelo aumento da densidade de hastes ha⁻¹ nas posições de coleta inferior e superior (figura 8C). Da mesma forma, Godoy et al. (2017), estudando as alterações morfológicas da copa do cafeeiro arábica em resposta à variação do espaçamento na linha de plantio, observaram que o diâmetro da copa do cafeeiro não foi afetado pelos espaçamentos em nenhuma época de avaliação. Já a testemunha continuou a apresentar grande discrepância em relação ao diâmetro de copa da saia e da parte superior das plantas.

CONCLUSÕES

A produtividade, em todos os tratamentos conduzidos com a poda programada de ciclo, é superior à poda tradicional.

Pode ser empregada a retirada anual ou bianual de ramos plagiotrópicos que apresentaram 70% ou mais da sua produção sem prejuízos à produtividade.

Na poda programada de ciclo no cafeeiro arábica cv Catuaí IAC 81, cultivado no espaçamento de 2,5 x 1 m, a densidade de hastes que proporciona maior produtividade situa-se entre 11.500 e 13.800 hastes ha⁻¹.

A poda programada de ciclo no cafeeiro arábica melhora a distribuição de ramos, aumenta o tamanho da copa, e impede a ocorrência do cinturamento, observado na testemunha.

O maior diâmetro de caule ocorre na poda tradicional. Na poda programada, há uma redução do diâmetro do caule à medida que se eleva a densidade de hastes.

A poda programada de ciclo conduzida com densidade estimada de 11.000 hastes ha⁻¹ proporciona maior altura das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, W. E. B, Guimarães, P. T. G., Faquin, V., Guimarães, R. J. (2014). Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no noroeste Fluminense. *Coffee Science*, 9(1): 90-101.
- Coll, J.B., Rodrigo, G.N., García, B.S., Tamés, R.S. (2001). *Fisiología vegetal*. Madrid: Ediciones Pirámide, p. 103-120.
- Baitelle, D. C., Vieira, K. M., Baroni, D. F., Daleprane, F. B., Haddade, I. R., Freitas, S. I. F, Silva, F. A. W. A. (2016). Agronomic performance of hybrids and varieties of maize in function of nitrogen in coverage. *African Journal of Agricultural Research*, 11(52): 5202-5208.
- Climate-Data (2008). *Dados climáticos para cidades mundiais*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/315832/>> Acesso em: 04/02/2018.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian journal of plant physiology*, 19(4): 485-510.
- Fazuoli, L. C., Sarruge, J. R., Camargo, P. N., Malavolta, E. (1967). Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro: uma possível causa do desfolhamento e secamento subterminal ("pescoço pelado" ou "pescoço de galinha"). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 24, 199-205.

- Fernandes, A. L. T., Santinato, F., Santinato, R., Michelin, V. (2012). Condução das podas do cafeeiro irrigado por gotejamento cultivado no cerrado de Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera*, 8(15): 487-194.
- Fernandes, A. L. T., Tavares, T. D. O., Santinato, F., Ferreira, R. T., Santinato, R. (2016). Viabilidade técnica e econômica da irrigação localizada do cafeeiro, nas condições climáticas do Planalto de Araxá, MG. *Coffee Science*, 11(3): 347-358.
- Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fornazier, M. J., Prezotti, L. C., Fonseca, A. F. A., Alixandre, F. T., Costa, H., Rocha, A. C., Moreli, A. P., Martins, A. G., Riva-Souza, E. M., Araujo. J. B., Ventura, J. A., Castro, L. L. F., Guarçoni, R. C. (2008). *Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoração das lavouras no estado do Espírito Santo* (1ª edição). DCM - Incaper, Vitória - ES. Circular Técnica nº 05, 56p.
- Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35 (6):1039-1042.
- Godoy, C. V. C., Gonçalves, D. M., Paulo, L., Mendonça, S., Ronchi, C. P. (2017). Alterações morfológicas da copa do cafeeiro arábica em resposta à variação do espaçamento na linha de plantio. In: *XIX Simpósio brasileiro de pesquisa em cafeicultura irrigada*, Araguari. Anais, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola - SBEA, 2017. 8p.
- Goes, R. J., Rodrigues, R. A. F., TakasU, A. T., Arf, O. (2013). Características agrônomicas e produtividade do milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(3): 250-259.
- Gomes, R. F., Guerra, A. S., Assis, R. L., Pires, F. R. (2007). Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônomicos da cultura do milho sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(5): 931-938.
- Gonçalves, M. A., Cocco, C., Vignolo, G. K., Picolotto, L., Antunes, L. E. C. (2014). Efeito da intensidade de poda na produção e qualidade de frutos de pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 36(3):742-747.
- Guerra, A. M. N. M., Ferreira, J. B. A., Vieira, T. S., Franco, J. R., Costa, A. C. M., Tavares, P. R. F. (2017). Avaliação da produtividade de grãos e de biomassa em dois híbridos de milho submetidos à duas condições de adubação no município de Santarém-PA. *Brazilian Journal of Sustainable Agriculture*, 7(4):20-27.
- Iost, R. (2017). *Café arábica em experimento tipo FACE ('Free Air Carbon Dioxide Enrichment'): intensidade da ferrugem e do bicho-mineiro e crescimento da planta*. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de plantas) – Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, 75p.

- Japiassú, L. B., Garcia, A. L. A., Guimarães, R. J., Padilha, L., Carvalho, C. H. S. (2010). Ciclos de poda e adubação nitrogenada em lavouras cafeeiras conduzidas no sistema “safra zero”. *Coffee Science*, Lavras, 5(1):28-37.
- Kumar, M., Rawat, V., Rawat, J. M. S., Tomar, Y. K. (2010). Effect of pruning intensity on peach yield and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 125(3): 218-221.
- Matiello, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R. (2002). *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. Rio de Janeiro: Procafe Foundation, 387p.
- Pereira, S. P., Baliza, D. P., Santos, M. O., Alves, J. D., Guimarães, R. J. (2013). Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. *Coffee Science*, Lavras, 8(4): 460-468.
- Prezotti, L. C., Gomes, J. A., Dadalto, G. G., Oliveira, J. D. (2007). *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo*. 5. ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO. 305p.
- Scalco, M. S., Alvarenga, L. A., Guimarães, R. J., Colombo, A., Assis, G. A. (2011). Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. *Coffee Science*, 6(3): 193-202.
- Silva, A. C., Leonel, S., de Souza, A. P., Vasconcellos, M. A. D. S., Rodrigues, J. D., Ducatti, C. (2011). Alocação de fotoassimilados marcados e relação fonte-dreno em figueiras cv. Roxo de Valinhos. 1. Relação fonte e dreno. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(3): 409-418.
- Silva, C.A., Teodoro, R.E.F., Melo, B. (2008). Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:387-394.
- Silva, V. A., Rezende, J. C., Carvalho, A. M., Carvalho, G. R., Rezende, T. T., Ferreira, A. D. (2016). Recuperação de cultivares de café submetidas ao esqueletamento aos quatro anos e meio de idade. *Coffee Science*, Lavras, 11(1): 55-64.
- Souza, A. L. K., Pereira, R. R., Camargo, S. S., Fisher, D. L. O., Schuch, M. W., Pasa, M. S., Schmitz, J. D. (2014). Produção e qualidade de frutos de mirtileiros sob diferentes intensidades de poda. *Ciência Rural*, Santa Maria, 44(12): 2157-2163.
- Souza, F. M., Lima, E. C. S., Sá, F. V. S., Souto, L. S., Araújo, J. E. S., Paiva, E. P. (2016). Doses de esterco de galinha e água disponível sob o desenvolvimento inicial do milho. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(5): 64-69.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2012). *Fisiologia Vegetal*. Tradução: Armando Molina Divan Junior... [et al.]. – 5. ed. – Porto Alegre: Artmed, 918p.

- Thomaziello, R. A. (2013). *Uso da poda no cafeeiro: por que, quando e tipos utilizados*. Boletim técnico nº12: Condução da lavoura. Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-conducao-da-lavoura01.pdf>> Acesso em: 27/12/2017.
- Tozzi, F. R. O., Ghini, R. (2016). Impact of increasing atmospheric concentration of carbon dioxide on coffee leaf rust and coffee plant growth. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 51(8): 933-941.
- 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). Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/sistemas/servicos/images/FOLDER_PODA_CAFE_CONILON.pdf> Acesso em: 27/12/2017.
- 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.

3.2 PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIEIRO ARÁBICA: ASPECTOS FISIOLÓGICOS

RESUMO

Muitos manejos utilizados para revigoramento das plantas, como podas e desbrotas, influenciam diretamente a fisiologia das mesmas. Acredita-se que a poda programada de ciclo no cafeeiro arábica influencia positivamente os aspectos fisiológicos das plantas, uma vez que esse tipo de poda tem capacidade de alterar a arquitetura das plantas, aumentando a homogeneidade de distribuição de ramos e folhagens, modificando condições microclimáticas, como incidência luminosa. Nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar os aspectos fisiológicos do cafeeiro arábica conduzido na poda programada de ciclo em diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em fatorial triplo 4x2x2 com um tratamento adicional (poda tradicional), representado pela combinação das quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes ha⁻¹), dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos (retirada anual e bianual de ramos que apresentaram 70% ou mais de sua produção), e de duas posições de coletas de dados na planta, sendo coleta na saia (terço inferior da planta) e na parte superior (terço superior das plantas). Avaliou-se a taxa fotossintética líquida, a condutância estomática, a concentração interna de CO₂, a transpiração foliar, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico, a temperatura da

folha, a intensidade de verde, o índice de nitrogênio, de clorofila total, de antocianina e de flavonoides. Os resultados mostraram que a poda programada de ciclo influencia positivamente todos os aspectos fisiológicos avaliados. Na poda tradicional há a ocorrência do fenômeno de cinturamento, fato que reduz a taxa fotossintética líquida na parte superior das plantas. A taxa fotossintética líquida, na poda programada de ciclo, aumenta à medida que se eleva a densidade de hastes. Há a ocorrência de menor estresse foto-oxidativo no terço inferior das plantas, o que promove maior produção de compostos secundários antioxidantes (antocianinas e flavonoides) no terço superior das mesmas. De modo geral, a poda programada de ciclo no cafeeiro arábica proporciona melhor desempenho fisiológico nas plantas.

ABSTRACT

Many treatments used to reinvigorate plants, such as pruning and scrubbing, directly influence the physiology of plants. It is believed that cycle programmed pruning in arabica coffee positively influences the physiological aspects of plants, since this type of pruning has the capacity to alter the architecture of the plants, increasing the homogeneity of distribution of branches and foliage, modifying microclimatic conditions, as light incidence. In this context, the objective of this study was to evaluate the physiological aspects of arabica coffee, conducted in cycle programmed pruning in different densities of stems and management of plagiotropic branches. The statistical design was a randomized block design with four replications. The treatments were arranged in a 4x2x2 triple factorial with an additional treatment (traditional pruning), represented by the combination of the four stem densities (4,000; 8,000; 12,000 and 16,000 ha⁻¹ stems), two plagiotropic removals biannual of branches that presented 70% or more of their production), and of two positions of data collection in the plant, being collected in the skirt (lower third of the plant) and in the upper (upper third of the plants). The net photosynthetic rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, leaf transpiration, vapor pressure deficit between leaf and atmospheric air, leaf temperature, green intensity, nitrogen content, total chlorophyll and anthocyanin,

and flavonoids were evaluated. The results showed that the cycle programmed pruning positively influences all physiological aspects evaluated. In traditional pruning there is the occurrence of the phenomena of waist, a fact that reduces the net photosynthetic rate in the upper part of the plants. The net photosynthetic rate, in cycle programmed pruning, increases as the stem density increases. There is less photo-oxidative stress in the lower third of the plants, which promotes higher production of secondary antioxidant compounds (anthocyanins and flavonoids) in the upper third of the plants. In general, cycle programmed pruning in arabica coffee provides better physiological performance in plants.

INTRODUÇÃO

O café é um produto que representa grande importância socioeconômica para o Brasil. Dentre as espécies cultivadas, o cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) é a espécie de maior relevância na cadeia produtiva e comercial, sendo responsável por 76% da produção total de café no país (CONAB, 2018). Esse fato está relacionado à grande área de cultivo de cafeeiro arábica, que representa 81% da área total com a cultura (CONAB, 2018), relevando assim, que, apesar de ser uma cultura muito importante para o Brasil, a produtividade média da cultura é baixa, cerca de 23,12 sacas beneficiadas por hectare no ano de 2017 (CONAB, 2018), e a grande produção ocorre devido à enorme área plantada.

A baixa produtividade média do cafeeiro arábica estimula a busca por tecnologias e manejos capazes de elevar a produtividade. Uma técnica pouco estudada atualmente, e que apresenta grande potencial de elevar a produtividade do cafeeiro arábica é a poda. Além de ser aceita e acessível aos cafeicultores, a poda é responsável pela manutenção da capacidade produtiva, pela recuperação das plantas debilitadas, pela correção de problemas relacionados à arquitetura das plantas, pelo controle de severidade de doenças, pelo aumento da longevidade da lavoura, e ainda, contribui com a redução da bienalidade de produção (Queiroz-Voltan et al., 2006, Pereira et al., 2007, Japiassu et al., 2010).

Um novo sistema de poda empregado no cafeeiro arábica, a poda programada de ciclo, tem se mostrado uma alternativa promissora, sendo

considerada uma técnica viável, tanto no cunho produtivo como econômico (Verdin-Filho et al., 2016; Baitelle et al., 2018).

Na poda programada de ciclo, há remoção periódica de tecidos velhos das plantas, fato que promove a formação de novos ramos e folhas, que são capazes de conduzir modificações, especialmente, nos estoques de carboidratos e de nitrogênio, sendo que, a quantidade armazenada e capacidade de translocação desses, governam, em grande parte, o sucesso da formação de novos ramos (Berninger et. al., 2000).

O maior estoque de carboidratos e nitrogênio nos tecidos também pode contribuir para o aumento das trocas gasosas das plantas, principalmente a fotossíntese, que é um determinante da produtividade, e está intimamente relacionada com a eficiência de interceptação de luz (Petrie et al., 2009), a qual também é influenciada pela poda, que modifica a arquitetura das plantas e permite maior entrada de luminosidade no seu interior.

A eliminação dos ramos plagiotrópicos pode acarretar aumentos na taxa de assimilação líquida de carbono na folhagem remanescente (Pinkard et al., 2004), em função da maior penetração de luz no interior da copa, e também de um estímulo à condutância estomática (Elfadl e Luukkanen, 2003), o que poderia compensar a redução da fotossíntese da planta inteira, associada à menor área foliar após a poda.

Além disso, nas podas tradicionais há a formação do fenômeno conhecido como “cinturamento”, que consiste no acúmulo de ramos e folhagens no terço inferior das plantas (Fazuoli et al., 1967). Acredita-se que esse acúmulo na parte inferior da planta atue como um dreno, influenciando negativamente a translocação de produtos internos do metabolismo para as demais partes da planta. A retirada dos ramos no terço inferior pode alterar a relação fonte:dreno, melhorando a distribuição de fotossintéticos e aumentando a produtividade.

Nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar os aspectos fisiológicos do cafeeiro arábica conduzido na poda programada de ciclo em diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento estatístico e desenho experimental

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em fatorial triplo 4x2x2 com um tratamento adicional, representado pela combinação de quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes ha⁻¹), dos dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos (retirada anual e bianual de ramos plagiotrópicos que produziram 70% ou mais), e de duas posições de coletas de dados na planta, sendo coleta na saia (terço inferior da planta) e na parte superior (terço superior das plantas).

O tratamento adicional (testemunha) representa a poda tradicional utilizada no manejo da cultura, em que se predomina uma haste por planta (às vezes duas) e ausência de retirada de ramos plagiotrópicos, com posterior recepa após a perda de vigor das plantas. Nesse tratamento as plantas são conduzidas a livre crescimento, e, geralmente, após a perda de vigor (10-15 anos) são recepadas.

A tabela 1 revela a combinação dos tratamentos com o espaçamento empregado na lavoura, formando a combinação da densidade final de hastes em cada tratamento.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos combinando densidade de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos, e do tratamento adicional (testemunha), para *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

Tratamentos	Retirada de Ramos	Número de hastes por planta	Densidade de hastes (hastes ha ⁻¹)
1	Anual	1	4.000
2	Anual	2	8.000
3	Anual	3	12.000
4	Anual	4	16.000
5	Bianual	1	4.000
6	Bianual	2	8.000
7	Bianual	3	12.000
8	Bianual	4	16.000
9 (Testemunha)	Ausente	1 a 2	4.000 a 8.000

Implantação da poda programada de ciclo na lavoura

Em julho de 2013, após a colheita dos frutos, introduziu-se a poda programada de ciclo na lavoura, retirando-se 75% das hastes velhas e os ramos plagiotrópicos que apresentaram 50% ou mais de sua produção, com intuito de promover entrada de luz na base da planta e proporcionar emissão de brotos vigorosos, seguindo o manejo da PPC utilizada no cafeeiro conilon (Verdin-Filho et al., 2008). A primeira desbrota foi executada aos 50 dias após a poda, de modo a selecionar o número de brotos respectivo ao número de hastes de cada tratamento. Realizou-se periodicamente a eliminação dos demais brotos que surgiram posteriores à seleção.

Após a colheita dos frutos no ano de 2014, foram retiradas as hastes remanescentes da poda de 2013, e a lavoura permaneceu somente com as brotações selecionadas anteriormente. Nessa etapa, a lavoura encontrava-se totalmente renovada e capacitada a apresentar todo seu potencial produtivo, tendo a primeira produção das brotações programada para o ano de 2015.

No ano de 2015, foi realizada a primeira colheita dos frutos das hastes formadas após a implantação da poda programada, em seguida procedeu-se a primeira retirada (nos tratamentos 1, 2, 3 e 4) de ramos plagiotrópicos que produziram 70% ou mais (figura2). As figuras 3 e 4 mostram o esquema ilustrativo das etapas realizadas na formação da lavoura conduzida no sistema da poda programada de ciclo para o cafeeiro arábica.

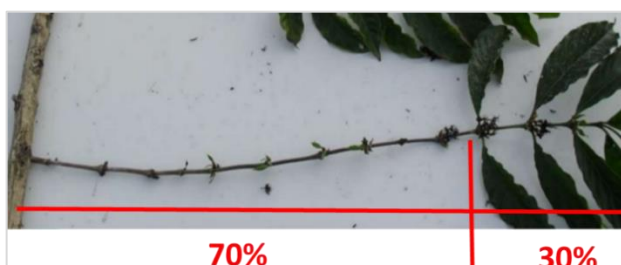


Figura 2 – Ilustração dos ramos plagiotrópicos que apresentaram 70% ou mais de sua produção.

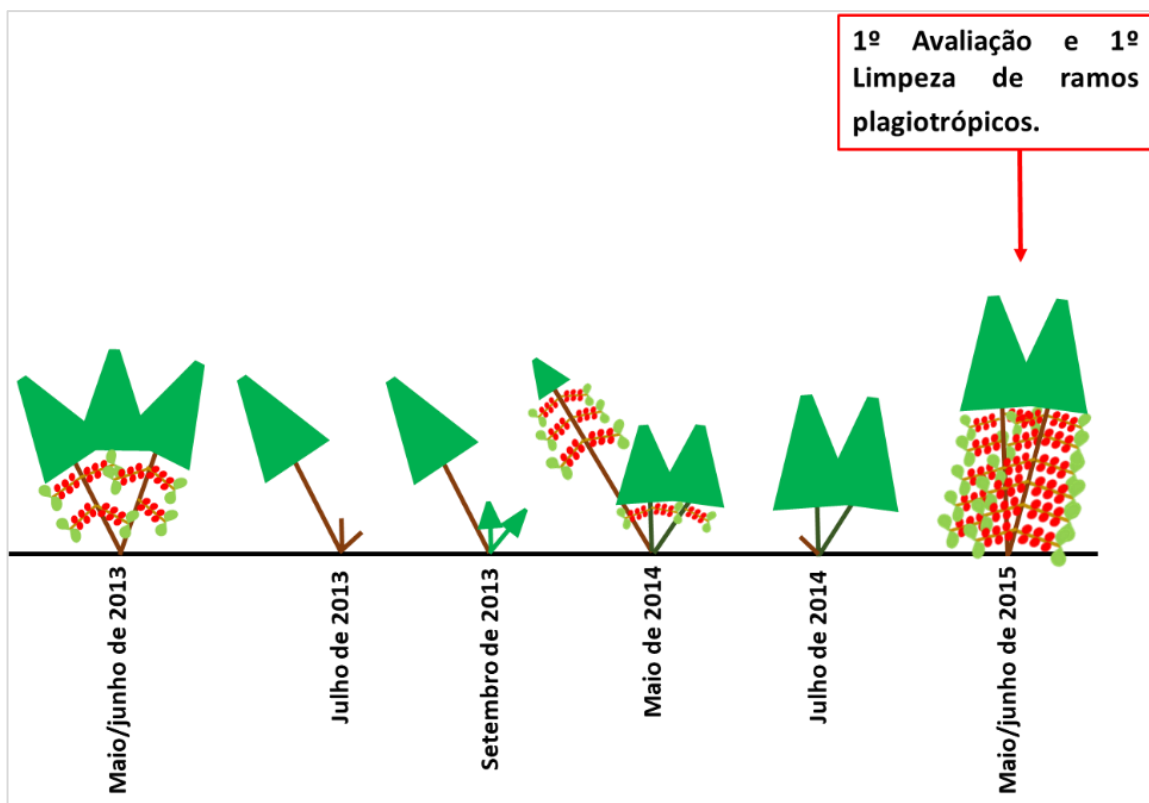


Figura 3 – Esquema ilustrativo das etapas executadas no experimento para implantação da poda programada de ciclo para *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

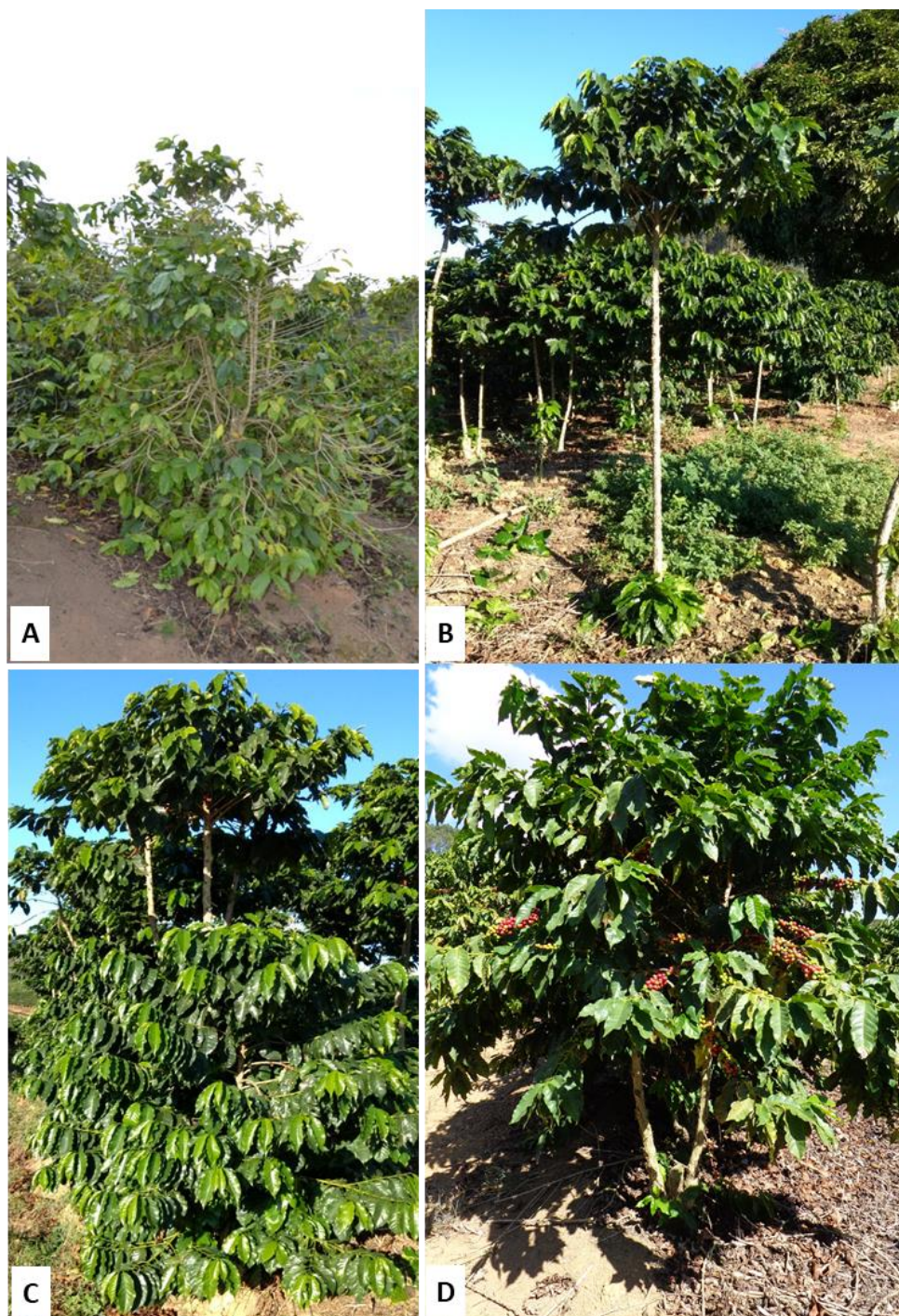


Figura 4 – Etapas de implantação da PPCA em campo no *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81'. A – planta com pouco vigor vegetativo após a colheita de 2013. B – PPCA implantada em que houve a retirada das hastas velhas e retirada de ramos plagiotrópicos com posterior seleção dos brotos (setembro de 2013). C – brotos selecionados anteriormente apresentando pleno desenvolvimento e as hastas remanescentes, após a colheita, prontas para serem retiradas (junho/julho de 2014). D – brotos selecionados em 2013 desenvolvidos e formando as novas hastas das plantas, no momento de se iniciar a primeira colheita (junho de 2015).

Avaliações

As avaliações ocorreram entre 8h00min e 10h00min, em dias de pleno sol, e foram executadas no terceiro par de folha do ramo plagiotrópico inferior (terceiro ramo a partir da base da planta), e do ramo plagiotrópico superior (terceiro ramo a partir do ápice da planta), alternando-se entre um lado e outro da linha de plantio. Em cada avaliação determinou-se:

- Taxa fotossintética líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂, transpiração foliar, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico, e temperatura da folha: determinados por meio de um analisador de gás a infravermelho (IRGA), modelo LI-6200 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) entre. Foi utilizada uma folha do ramo inferior e outra do ramo superior para cada repetição, alternando-se entre um lado e outro da linha de plantio;

- Intensidade de verde (IV): Estimada por meio de um medidor portátil de clorofila, modelo SPAD-502 Plus “Soil Plant Analyser Development” (Minolta, Japão);

- Índices de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), de clorofila total (SFR-G e SFR-R), antocianina (ANT-RG e ANT-RB) e flavonoides (FLAV): estimados através de um fluorômetro modelo Multiplex (Force-A) com fontes múltiplas de excitação de luz (ultravioleta, azul, verde e vermelho). O equipamento foi aproximado a um centímetro da folha para a realização de cada leitura. Os dados fisiológicos obtidos pelo Fluorômetro Multiplex foram parametrizados antes de serem analisados, seguindo as recomendações do fabricante.

Foram realizadas três avaliações semestrais para as variáveis estimadas por meio do Multiplex (Force-A) e do SPAD-502, sendo a primeira realizada em junho de 2016. Para as variáveis determinadas pelo IRGA, foi realizada apenas uma avaliação em junho de 2017.

Análise estatística

Após a obtenção dos dados, foi feita a média das três avaliações semestrais (para as variáveis estimadas pelo Multiplex (Force-A) e pelo SPAD-

502) e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Com relação aos fatores retirada de ramos plagiotrópicos e posição de coleta de dados na planta, as médias desses tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para os efeitos do fator densidade de hastes, as variáveis foram estudadas por meio da análise de regressão. O tratamento adicional (testemunha) foi comparado através da decomposição da soma de quadrados dos tratamentos em contrastes ortogonais, estabelecendo e testando o contraste entre a testemunha e os demais tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas através do software estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação tripla significativa entre os fatores para a taxa fotossintética líquida (figura 5), condutância estomática (figura 7), concentração interna de CO_2 (figura 8) e transpiração foliar (figura 9). Para as variáveis déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e temperatura da folha não houve diferenças significativas entre os tratamentos e nem mesmo entre os contrastes dos tratamentos com a testemunha na análise de variância.

Em relação à taxa fotossintética líquida na densidade de hastes, verificou-se uma tendência de aumento da fotossíntese com a elevação da densidade de hastes, em que, de modo geral, a densidade de 16.000 hastes ha^{-1} apresentou melhores resultados. Em relação ao manejo de retirada de ramos, a retirada anual, seja no terço inferior ou no terço superior das plantas, se comportou de forma linear crescente, em que a parte superior das plantas apresentou maiores taxas fotossintéticas. Para o tratamento com retirada bianual de ramos houve interação apenas com a posição de coleta no terço superior das plantas, que apresentou efeito quadrático na regressão com tendência de aumento quando se eleva o número de hastes, como mostra a figura 5.

Também houve diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos. A taxa fotossintética líquida na parte inferior das plantas da testemunha é maior do que tratamentos com densidades de hastes inferiores a 13.000 hastes ha^{-1} . No entanto, há uma grande diferença da taxa fotossintética

líquida na parte superior das plantas da testemunha e dos demais tratamentos, sendo que a taxa na testemunha é muito inferior aos demais tratamentos (figura 5).

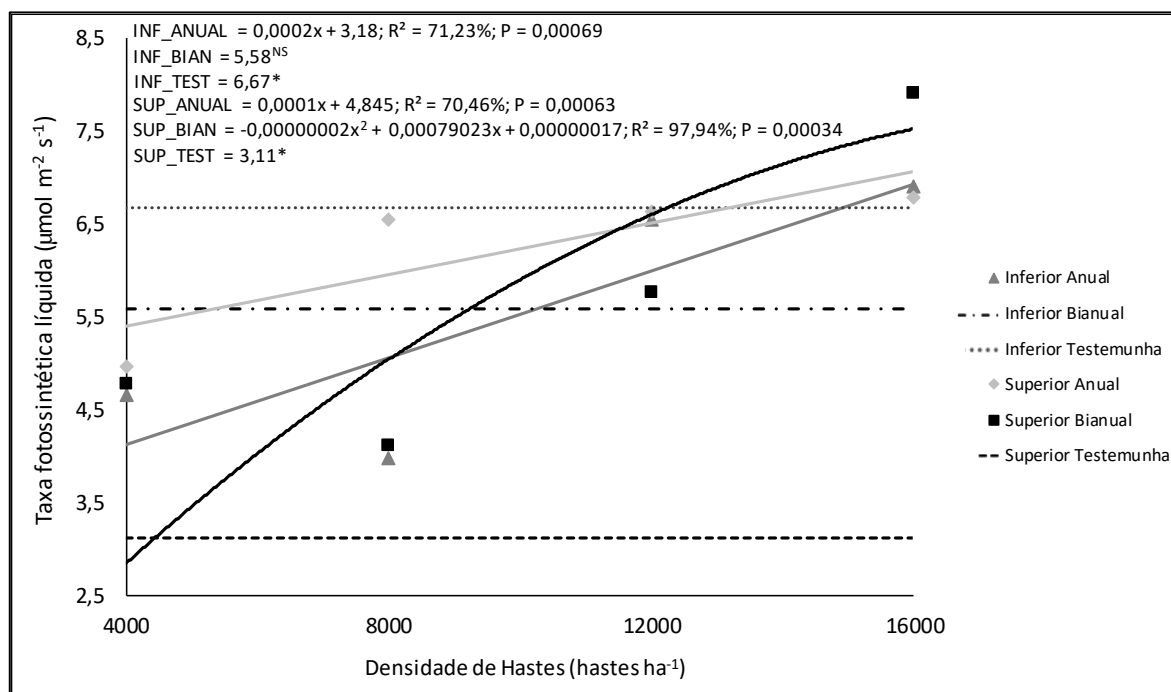


Figura 5 – Interação tripla significativa entre os fatores densidade de hastes, posição de coleta e retrada de ramos plagiotrópicos na variável taxa fotossintética líquida em plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzidas com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha.

Acredita-se que a tendência de aumento da taxa fotossintética quando aumenta-se a densidade de hastes pode estar associada ao maior sombreamento das folhas causado pelo adensamento das plantas neste tratamento. Deve-se destacar que a condição de sombreamento contribui para a manutenção de outros fatores ambientais em relação ao pleno sol, como maior disponibilidade de água no solo e temperatura do ar, condições que podem beneficiar as trocas gasosas do cafeeiro (DaMatta, 2004).

Cordeiro Gomes et al. (2008) constataram uma redução significativa da taxa fotossintética na estação seca para cafeeiros a pleno sol, indicando que a baixa disponibilidade de água no solo, associada a uma maior demanda evaporativa da atmosfera, limita a fotossíntese do cafeeiro quando há elevada disponibilidade de radiação, principalmente devido ao fechamento estomático.

Desse modo, a seca ocorrida no estado do Espírito Santo nos anos de 2015 a 2017, pode ter contribuído para as menores taxas fotossintéticas nos tratamentos com menores densidades de hastes, uma vez que a lavoura é conduzida em condição de sequeiro. A densidade de 16.000 hastes ha⁻¹ provavelmente proporcionou uma redução da radiação sobre o solo, devido o sombreamento imposto pelas hastes das plantas, contribuindo para manutenção de uma maior disponibilidade de água no solo se comparado com os tratamentos com menores densidades de hastes.

Baliza et al. (2012a) e Rodríguez-López et al. (2014) afirmaram que as diferenças na disponibilidade de radiação e modificações sazonais podem causar alterações na estrutura e função das folhas do cafeeiro, como alterações fisiológicas no crescimento e desenvolvimento da planta, podendo até promover melhor desempenho fotossintético, com implicações diretas na produtividade.

Dessa forma, altas intensidades luminosas sobre as plantas cultivadas em menores densidades de hastes podem ter excedido ao necessário para a fotossíntese, gerando um estado de superexcitação dos fotossistemas, que pode ser lesivo caso o excesso de energia absorvida não seja adequadamente dissipado (Demmig-Adams, Adams, 1992). Corroborando com os resultados deste trabalho, Baliza et al. (2012a) estudando as características fisiológicas e desenvolvimento de plantas de café em diferentes níveis de sombreamento observaram que maiores níveis de sombreamento favoreceram o processo fotossintético.

O fato de a testemunha apresentar baixa taxa fotossintética líquida na parte superior das plantas pode estar associado ao cinturamento que ocorre nas podas tradicionais. Esse cinturamento promove a grande concentração de folhas e ramos, e possivelmente fotoassimilados, na parte inferior (saia). Essa concentração de ramos e folhas, por estarem mais próximos às raízes (fonte), pode estar atuando como forte dreno (Coll et al., 2001; Silva et al., 2011), reduzindo a translocação dos produtos para o restante da planta, e explicando o fato da saia apresentar maior taxa fotossintética do que a parte superior das plantas.

Além disso, o maior enfolhamento da saia observado nas plantas da testemunha, pode ter proporcionado alterações na interceptação da radiação solar, as quais são influenciadas pela arquitetura do dossel e pela dimensão do

sistema fotoassimilador (Favarin et al., 2002). Em contrapartida, o menor enfolhamento na posição superior da planta, devido à arquitetura cinturada, pode ter ocasionado fotoinibição.

A prática da poda permite a correção de problemas relacionados à arquitetura das plantas e recuperação das plantas que não atendem aos aspectos técnicos e econômicos desejáveis (Japiassu et al., 2010). Com isso, a retirada dos ramos plagiotrópicos evita a formação de plantas com arquitetura cinturada, proporcionando uma maior distribuição dos ramos e folhas na planta. Esse fato pode estar associado à homogeneidade da taxa fotossintética entre a parte superior e inferior das plantas que foram submetidas à poda, o que é muito interessante do ponto de vista produtivo, visto que ambas as posições (inferior e superior) irão produzir fotoassimilados que garantem a manutenção da capacidade produtiva da planta como um todo. A figura 6 ilustra o cinturamento observado em campo.

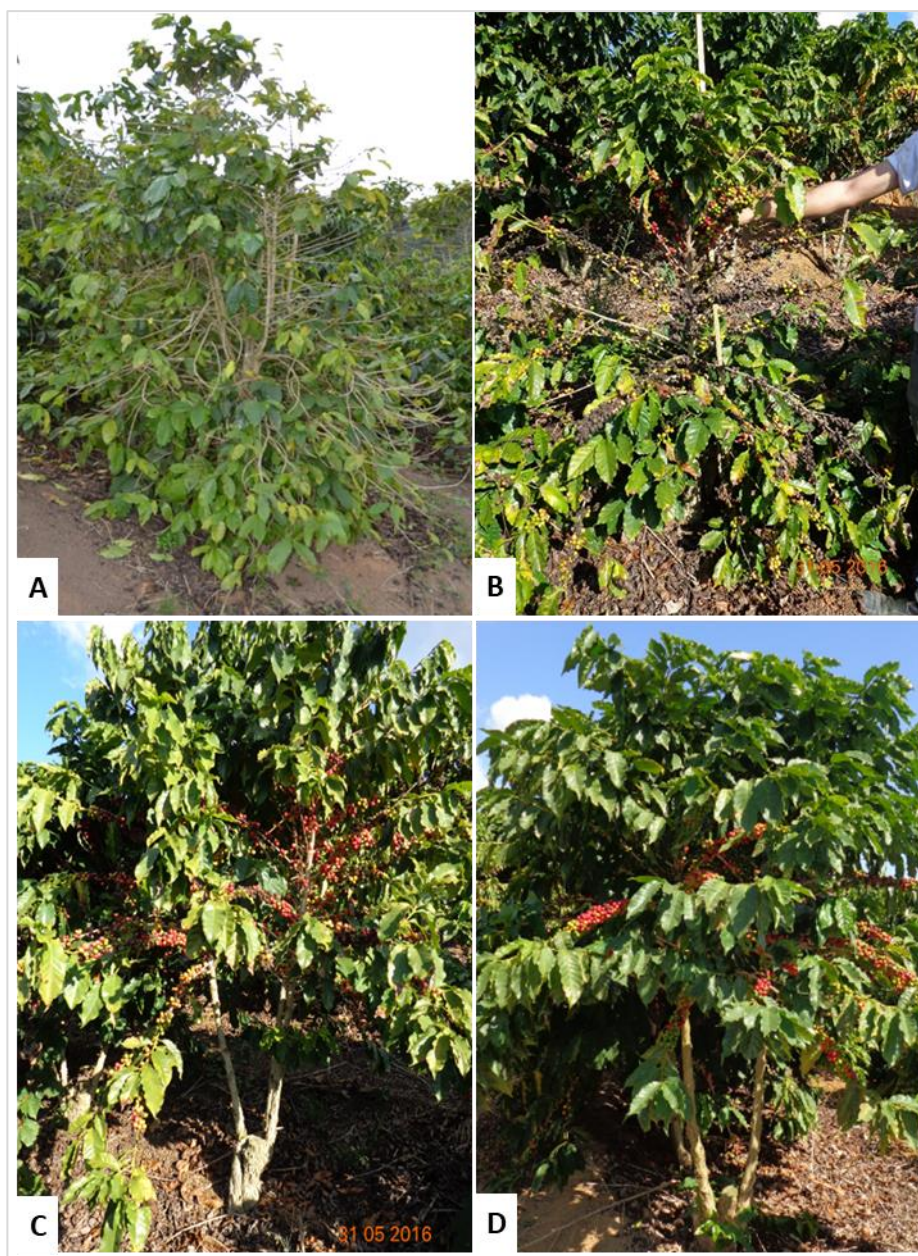


Figura 6 – Presença do cinturamento na testemunha (A e B), e ausência do cinturamento nos demais tratamentos, sendo três hastes com retirada anual (C) e duas hastes com retirada bianual de ramos plagiotrópicos (D) na poda programada de ciclo para o cafeeiro arábica.

Em relação à condutância estomática, verificou-se efeito quadrático da regressão para a retirada anual de ramos tanto na parte inferior como na superior das plantas. Para a retirada bianual, houve efeito significativo e quadrático apenas para a parte superior das plantas, como mostra a figura 7.

As maiores taxas de condutância estomática ocorreram na densidade de 16.000 hastes ha^{-1} , com exceção do tratamento de retirada anual de ramos na parte superior das plantas, que apresentou a maior condutância estomática na

densidade estimada de 10.000 hastes ha^{-1} . A testemunha apresentou mesmo comportamento apresentado na taxa fotossintética líquida, em que a parte inferior apresentou valores bem maiores do que a parte superior, que por sua vez, também foi menor que os demais tratamentos (figura 7).

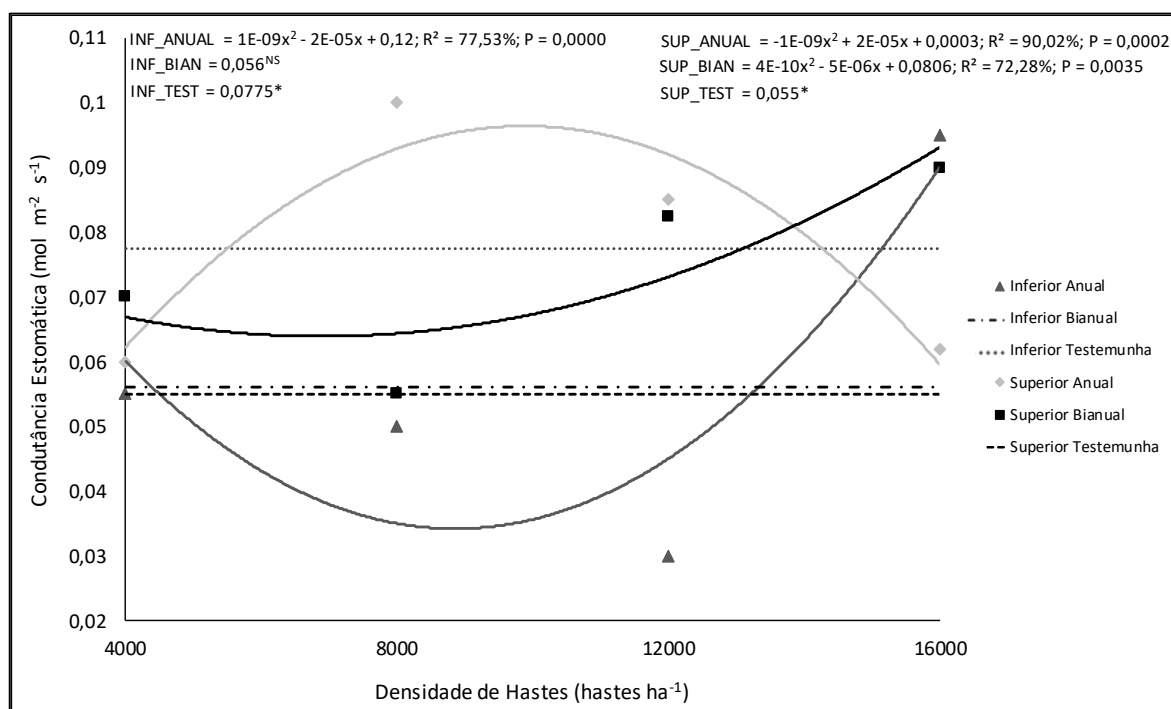


Figura 7 – Interação tripla significativa entre os fatores densidade de hastes, posição de coleta e retrada de ramos plagiométricos na variável condutância estomática em plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzidas com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha.

Como a taxa fotossintética está diretamente ligada à condutância estomática, acredita-se que os mesmos fatores que influenciaram a fotossíntese atuaram na condutância estomática. No entanto, alguns trabalhos abordam o papel decisivo do controle estomático sobre o estado hídrico do cafeeiro (Pinheiro et al., 2005, Praxedes et al., 2006, Silva et al., 2010).

Nesse sentido, a menor condutância observada na copa das plantas do tratamento testemunha pode estar relacionada à menor disponibilidade hídrica daquela região, pois, acredita-se que o fenômeno do cinturamento ocasiona má distribuição de água no interior da planta, uma vez que, nesse caso, a saia está atuando como forte dreno por estar mais próxima da fonte de água (sistema

radicular), fato que explicaria a maior taxa fotossintética observada na saia do tratamento testemunha em relação aos demais tratamentos.

Segundo Bote e Struik (2011), em condições de sombreamento das folhas, a temperatura do ar e a intensidade luminosa reduzidas, ocasionam o aumento da porcentagem de umidade relativa no ar em torno de plantas de café e posteriormente reduzem o déficit de pressão de vapor (DPV) entre o interior da folha e a atmosfera. Esta redução do DPV diminuiu a velocidade de transpiração da folha resultando em aumento do potencial de água foliar. Sob um pequeno DPV, há um aumento da abertura estomática proporcionando que o CO₂ seja melhor difundido na folha, aumentando a taxa fotossintética. Freitas et al. (2002) observaram que as maiores taxas de condutância estomática ocorreram em plantas sombreadas e as menores, a pleno sol.

Em relação à concentração intercelular de CO₂, constatou-se interação significativa apenas para os tratamentos em que a mensuração ocorreu na parte superior das plantas. Verifica-se na figura 8, que nos tratamentos superior anual e bianual, houve efeito quadrático da regressão em função das densidades de hastes.

Os tratamentos com retirada anual e bianual, apresentaram-se semelhantes em relação à parte superior das plantas, em que a maior concentração foi obtida próxima à densidade de 11.000 hastes ha⁻¹. A testemunha apresentou maior concentração de CO₂ na parte superior das plantas.

Tais resultados podem estar relacionados com a taxa fotossintética líquida, visto que quanto mais luz for absorvida pelos pigmentos fotossintéticos maior será a taxa fotossintética e conseqüentemente menor será a concentração intracelular de CO₂, pois ele estará sendo utilizado constantemente.

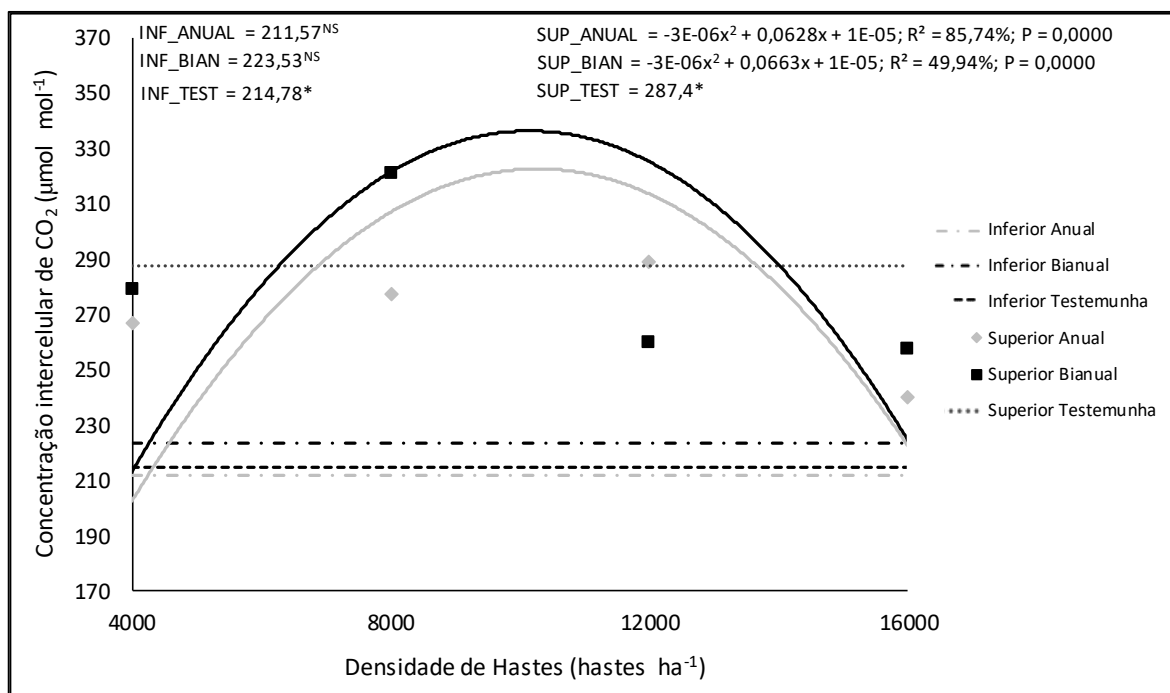


Figura 8 – Interação tripla significativa entre os fatores densidade de hastes, posição de coleta e retirada de ramos plagiotrópicos na variável concentração intercelular de CO₂ em plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzidas com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha.

O comportamento da testemunha em relação à concentração interna de CO₂ deve estar relacionado com a ausência da retirada de ramos plagiotrópicos, em que há pouca formação de folhas novas na parte superior das plantas em relação à saia, reduzindo o consumo de CO₂ dessa região em função da menor taxa fotossintética, como discutido anteriormente.

As folhas podem apresentar modificações em sua anatomia, buscando adaptar-se aos diferentes ambientes, evidenciando sua plasticidade (Castro et al., 2009). A eliminação dos ramos plagiotrópicos pode acarretar aumentos na taxa de assimilação líquida de carbono na folhagem remanescente (Pinkard et al., 2004), em função da maior penetração de luz no interior da copa, e também de um estímulo à condutância estomática (Elfadl et al., 2003), o que poderia compensar a redução da fotossíntese da planta inteira, associada à menor área foliar após a poda, como verificado no presente trabalho.

A transpiração foliar apresentou efeito significativo apenas para a testemunha e para o tratamento com retirada anual de ramos na posição de coleta inferior, o qual apresentou efeito quadrático na regressão. Na testemunha,

a posição inferior da planta apresentou maior taxa de transpiração foliar em relação à parte superior, como mostra a figura 9.

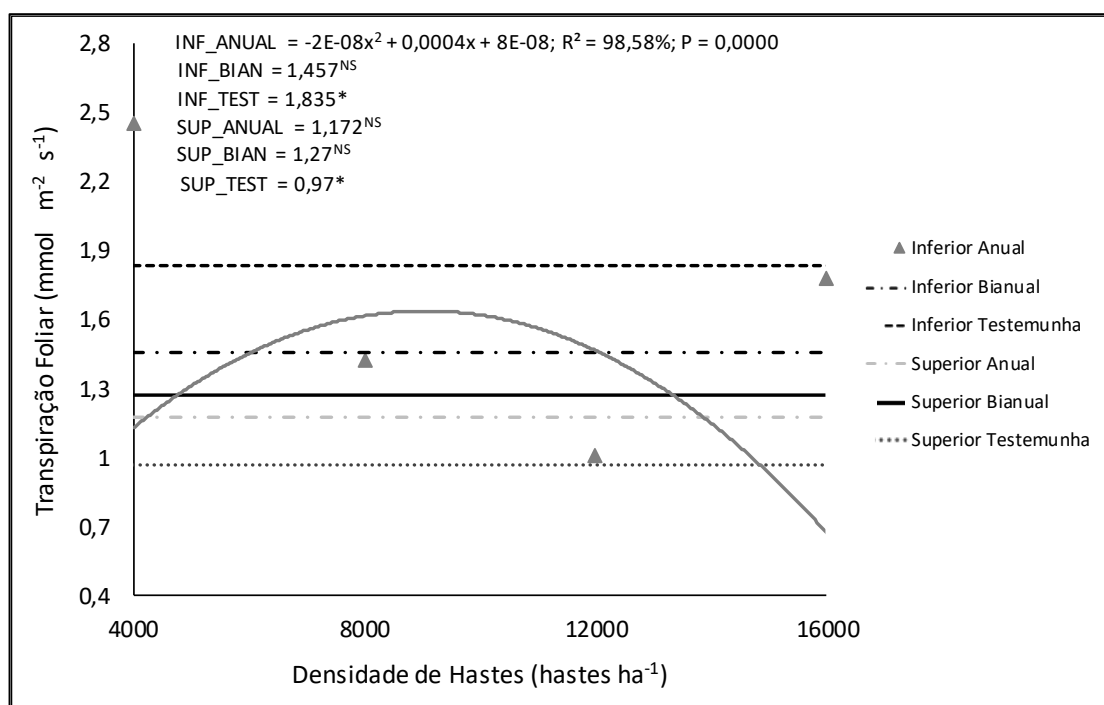


Figura 9 – Interação tripla significativa entre os fatores densidade de hastes, posição de coleta e retirada de ramos plagiotrópicos na variável transpiração foliar em plantas de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzidas com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha.

Diversos fatores, como a disponibilidade de radiação solar, água, nutrientes, além da presença de pragas e patógenos podem alterar a estrutura interna da folha. Assim, o manejo da cultura exige atenção especial, pois o vegetal está dinamicamente relacionado às condições de cultivo (Silva, et al., 2005).

As variações na estrutura das folhas estão, na maioria das vezes, relacionadas com o hábitat, apresentando resposta importante na plasticidade das plantas às condições adversas, especialmente disponibilidade hídrica (Dias et al., 2005). Desse modo, o cinturamento observado na testemunha pode ter influenciado no transporte de água no interior das plantas, em que a saia do cafeeiro recebeu maiores demandas hídricas do que a parte superior, e conseqüentemente, houve maiores taxas de transpiração foliar na saia dessas plantas em relação ao terço superior.

A alteração da transpiração foliar em função das diferentes densidades de hastes observada na poda programada pode estar relacionada com as diferentes intensidades de radiações nas folhas em função do autosombreamento ocorrido nas maiores densidades, uma vez que as folhas podem apresentar alterações nas espessuras dos parênquimas esponjoso e paliçádico e dimensões estomáticas (Nascimento et al., 2006) em função da radiação solar (Baliza et al., 2012b).

Baliza et al. (2011) mostraram que a taxa fotossintética tem comportamento semelhante à espessura do mesofilo e à espessura do parênquima paliçádico, os quais apresentaram valores reduzidos quando o cafeeiro é submetido ao nível de 90% de sombreamento, fato que pode explicar a redução da transpiração.

Gomes et al. (2008) também observaram, em cafeeiros sombreados, menor espessura das folhas e espaços intercelulares maiores no tecido lacunoso. Nos cafeeiros a pleno sol, esses autores verificaram mudança na forma dos cloroplastos, os quais se apresentaram mais alongados quando comparados aos cafeeiros arborizados.

Não houve nenhum tipo de interação entre os fatores para o índice SPAD, em que, somente os fatores retirada de ramos e posição de coleta, isolados, apresentaram diferenças significativas. Para a retirada de ramos plagiotrópicos, não houve diferenças no índice SPAD nos tratamentos com retirada anual e bianual, no entanto, ambos os métodos de retirada apresentaram resultados estatisticamente superiores à testemunha, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Índice de clorofila total (SPAD) de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' submetido a diferentes retiradas de ramos plagiotrópicos na poda programada de ciclo, e conduzido na poda tradicional (testemunha).

Retirada de Ramos	Índice SPAD
Testemunha	62,07 b
Anual	65,53 a
Bianual	65,68 a
CV (%)	5,38

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si (Tukey $\leq 0,05$).

De acordo com a tabela 3, verifica-se que o índice SPAD foi maior no terço inferior das plantas em relação à parte superior.

Tabela 3 – Índice de clorofila total (SPAD) de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' em função da posição de coleta de dados nas plantas na poda programada de ciclo, e conduzido na poda tradicional (testemunha).

Posição de Coleta	Índice SPAD
Inferior	67,45 a
Superior	62,36 b
CV (%)	5,38

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si (Tukey $\leq 0,05$).

A restrição da luminosidade deve ser considerada como um fator preponderante na alteração da coloração das folhas, resultante de um mecanismo de adaptação a tal condição. Segundo Queiroz-Voltan et al. (1992) a redução da intensidade luminosa está relacionada positivamente com o teor de clorofila.

A retirada de ramos plagiotrópicos na poda programada altera a morfologia das plantas, e proporciona uma distribuição mais uniforme dos ramos e folhas. É possível que, no interior da planta, haja uma redução da intensidade luminosa, elevando assim o teor de clorofila e proporcionando maior índice SPAD. Esse sombreamento pode estar relacionado ao aumento do número de grana e tilacoides nos cloroplastos, o que torna a absorção e a transformação da energia da luz mais eficiente (Encalada-Cordova et al., 2016).

O fato da parte inferior das plantas ter apresentado maior índice SPAD também deve estar relacionado à menor incidência de luz nessas regiões, provocadas pelo autossombreamento das plantas. Mariño (2014) avaliando a resposta fotossintética do cafeeiro arábica sob diferentes níveis de disponibilidade de luz e água, observou que as folhas sob irradiação de 15% produziram um teor maior de clorofila do que aquelas que cresceram a pleno sol.

Esses resultados são corroborados pelos de Encalada-Cordova et al. (2016), que, ao estudar a influência da luz sobre algumas características fisiológicas do cafeeiro arábica, verificaram que o teor de clorofila apresentou valores mais elevados nos tratamentos de menor iluminação, com diferença significativa em pleno sol. Pereira et al. (2011) trabalhando com sombreamento em cafeeiro arábica também observaram resultados semelhantes, em que tanto na época de seca como na época chuvosa o índice SPAD foi maior nos tratamentos sombreados.

Nenhuma variável estimada pelo Multiplex (Force-A) apresentou interação entre os fatores. Mas, houve diferença estatística entre o contraste dos fatores com a testemunha, como mostra a tabela 4.

A parte inferior da testemunha apresentou maior índice de nitrogênio (NBI_G e NBI_R) em relação aos demais tratamentos. As plantas representadas pelo fatorial, que é a média de todos os tratamentos (exceto a testemunha) foram maiores do que o terço superior das plantas na testemunha, que foi o pior tratamento. O índice de flavonoides (FLAV) e de antocianinas (ANTHR_B e ANTHR_G) se comportou de forma similar, em que o terço superior da testemunha apresentou maiores índices em relação ao fatorial e ao terço inferior das plantas da testemunha.

Tabela 4 – Índice de nitrogênio total (NBI_G e NBI_R), de flavonoides (FLAV) e de antocianinas (ANTHR_B e ANTHR_G) em folhas de *Coffea arabica* L. ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ submetido à poda programada de ciclo, e conduzido na poda tradicional (testemunha).

Posição de Coleta	NBI_G	NBI_R	FLAV	ANTHR_B	ANTHR_G
Testemunha Inferior	1,217 a	1,177 a	1,622 b	-0,653 b	-0,473 b
Testemunha Superior	0,762 c	0,735 c	1,950 a	-0,354 a	-0,211 a
Fatorial (PPCA)	0,893 b	0,863 b	1,573 b	-0,644 b	-0,496 b
CV (%)	9,38	11,45	11,82	6,21	3,46

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si (Tukey \leq 0,05).

Para o índice de clorofila total estimado pelo multiplex houve diferença estatística apenas entre o fatorial e o tratamento testemunha na posição de coleta superior, como mostra a tabela 5. Como esperado, o índice de clorofila total estimado pelo Multiplex (Force-A) se comportou de forma similar ao índice de clorofila estimado pelo SPAD, reforçando as afirmações discutidas anteriormente em relação a essa variável.

Tabela 5 – Índice de clorofila total (SFR_G e SFR_R) em folhas de *Coffea arabica* L. ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ submetido à poda programada de ciclo, e conduzido na poda tradicional (testemunha).

Retirada de Ramos	SFR_G	SFR_R
Testemunha Superior	2,800 b	2,620 b
Fatorial (PPCA)	3,067 a	2,763 a
CV (%)	5,24	4,36

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si (Tukey $\leq 0,05$).

O índice de nitrogênio é muito benéfico às plantas em relação à fotossíntese (Cartelat et al., 2005), daí a semelhança entre esses valores e os observados na taxa fotossintética líquida para a testemunha, em que o índice de nitrogênio foi maior na saia do tratamento testemunha quando comparado aos demais tratamentos.

As raízes das plantas são responsáveis pela absorção de nitrogênio, e o fato da saia das plantas apresentarem maiores resultados, como discutido anteriormente, pode estar associado à distância desses ramos em relação ao sistema radicular. Atrelado a isso, a translocação de nitrogênio no tratamento testemunha pode ser influenciada, visto que a maior parte dos ramos situa-se na parte inferior das plantas, local que irá receber maior parte do nitrogênio absorvido.

Além disso, há uma associação entre o índice de nitrogênio e o índice de clorofila. Como visto na tabela 3 e na tabela 5, a parte inferior das plantas apresentou maior índice de clorofila, desencadeando uma maior demanda de nitrogênio nessa região para a formação das moléculas de clorofila. O maior índice de clorofila dessas regiões mais sombreadas, provavelmente representa um mecanismo empregado pelas plantas para aumentar a eficiência de captação de luz. Corroborando com essa hipótese, Rodrigues (2016) observou em erva-baleeira (*Varronia curassavica Jacq*), o maior decréscimo do índice de nitrogênio em plantas cultivadas a pleno sol em relação às sombreadas.

As antocianinas e os flavonoides são compostos secundários com ação antioxidante. Segundo Yin et al. (2015), existe uma correlação significativa entre o teor de flavonoides e a atividade antioxidante. A determinação da variação desses compostos de forma não destrutiva vem sendo cada vez mais utilizada em pesquisas que visam monitorar ou correlacionar técnicas empregadas ao estresse

expresso pelos vegetais (Amarante et al., 2008, Rossato et al., 2012, Torres et al., 2015).

Os flavonoides são metabólitos secundários que exercem um papel fundamental na proteção vegetal, atuando principalmente, na proteção contra a ação oxidante de raios ultravioletas (García e Carril, 2011). As antocianinas podem conferir um grau significativo de proteção contra danos foto-oxidativos causados pela luz, agindo também como antioxidantes e atenuadores de luz (Neill e Gould, 2003). Esses fatos podem estar relacionados com os resultados obtidos, em que houve maior índice de flavonoides e antocianinas na parte superior das plantas, região que recebe diretamente maior incidência luminosa, e conseqüentemente, sofre maior estresse fotooxidativo.

Alguns autores afirmam que o teor de clorofila é inversamente proporcional aos teores de antocianinas e flavonoides (Debuisson et al., 2010; Rodrigues, 2016), corroborando com os dados obtidos. Esse fato ocorre, em grande parte, devido ao menor teor de clorofilas observado nas maiores incidências luminosas, que podem causar estresses aumentando a produção de metabólitos secundários antioxidativos.

O efeito das antocianinas em algumas espécies arbóreas, em relação a diferentes tipos de emissão de luz, foi observado por Gitelson et al. (2001), os quais concluíram que há acúmulo de antocianinas em folhas estressadas pelo excesso de luz. Brücková et al. (2016) observaram resultados semelhantes ao estudarem o acúmulo de antocianinas e flavonoides em duas variedades de alface cultivadas em estufas e em pleno sol através do Fluorômetro Multiplex. Os autores atribuíram tal acúmulo à intensificação da biossíntese desses compostos, que normalmente é estimulada pela radiação UV-B do sol.

Resultado semelhante foi observado por Cavalcanti-Filho (2017), que, ao avaliar a influência do silicato de potássio na aclimação de mudas de cafeeiro arábica, concluiu que mudas expostas a pleno sol apresentaram maiores índices de antocianinas e flavonoides quando comparadas com mudas aclimatadas, sendo esse fato atribuído à grande incidência luminosa no período de estudo.

CONCLUSÕES

A poda programada de ciclo influencia positivamente todos os aspectos fisiológicos avaliados.

Na poda tradicional há a ocorrência do fenômeno de cinturamento, fato que reduz a taxa fotossintética líquida na parte superior das plantas.

O cinturamento ocorrido nas plantas submetidas à poda tradicional faz com que o terço inferior do cafeeiro acumule tecidos de reserva, fato que intensifica as trocas gasosas nessas regiões em relação à parte superior dessas plantas.

A taxa fotossintética líquida, na poda programada de ciclo, aumenta à medida que se eleva a densidade de hastes.

Há a ocorrência de menor estresse foto-oxidativo no terço inferior em relação ao terço superior das plantas, o que promove maior produção de compostos secundários antioxidantes (antocianinas e flavonoides) nas regiões de maior estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amarante, C. V. T., Bisognin, D. A., Steffens, C. A., Zanardi, O. Z., Alves, E. O. (2008). Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. *Horticultura Brasileira*, 26(4): 471-475.
- Baitelle, D. C., Freitas, S. J., 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.
- Baliza, D. P. (2011). *Cafeeiros em formação e produção em diferentes níveis de radiação: características morfofisiológicas*. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras -UFLA, 97p.
- Baliza, D. P., Cunha, R. L., Castro, E. M., Barbosa, J. P. R. A. D., Pires, M. F., Gomes, R. A. (2012b). Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, 7(3): 250-258.

- Baliza, D. P., Cunha, R. L., Guimarães, R. J., Barbosa, J. P., Ávila, F. W., Passos, A. (2012a). Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1): 37:43.
- Berninger, F., Nikinmaa, E., Sievänen, R., Nygren, P. (2000). Modelling of reserve carbohydrate dynamics, regrowth and nodulation in a N₂-fixing tree managed by periodic prunings. *Plant, Cell & Environment*, 23(10): 1025-1040.
- Bote, A. D., 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
- Brücková, K., Sytar, O., Živčák, M., Brestič, M., & Lebeda, A. (2016). The effect of growth conditions on flavonols and anthocyanins accumulation in green and red lettuce. *Journal of Central European Agriculture*, 17(4): 986-997.
- Cartelat, A., Cerovic, Z., Goulas, Y., Meyer, S., Lelarge, C., Prioul, J.-L., Barbottin, A., Jeuffroy, M.-H., Gate, P., Agati, G. (2005). Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field crops research*, v. 91 (1): 35-49.
- Castro, E. M., Pereira, F. J., Paiva, R. (2009) *Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos*. 1 ed. Lavras: Editora da Ufla, 2009, 234p.
- Cavalcanti-Filho, P. F. M. *Silicato de potássio na aclimação de mudas de Coffea arabica L.* (2017). Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro _UENF, 66p.
- Climate-Data. *Dados climáticos para cidades mundiais*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/315832/>> Acesso em: 04/02/2018.
- Coll, J.B., Rodrigo, G.N., García, B.S., Tamés, R.S. (2001). *Fisiología vegetal*. Madrid: Ediciones Pirámide, p. 103-120.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2018). *Acomp. safra bras. café. Safra 2018. Primeiro Levantamento*, Brasília, 72p., vol. 5, n.1, jan. 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_24_17_34_27_cafe_janeiro2018.pdf> Acesso em: 04/02/2018.
- DaMatta, F. M. (2004). Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*, 86(2-3), 99-114.
- Debuisson, S., Germain, C., Garcia, O., Panigai, L., Moncomble, D., Le Moigne, M., Fadaili, E., Evain, S., Cerovic, Z. (2010). Using Multiplex® and Greenseeker™ to manage spatial variation of vine vigor in Champagne. *10th International Conference on Precision Agriculture*, Denver - Colorado.

- Demmig-Adams, B., Adams, W. W. L. (1992). Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual review of plant biology*, 43(1), 599-626.
- Dias, P. C., Araújo, W. L., Moraes, G. A. B. K. D., Pompelli, M. F., Batista, K. D., Caten, Â. T., DaMatta, F. M (2005). Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. *Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil*, 4, Londrina. Resumos Expandidos: Embrapa Café, 2005.
- Elfadl, M. A., Luukkanen, O. (2003) Effect of pruning on *Prosopis juliflora*: considerations for tropical dryland agroforestry. *Journal of Arid Environments*, 53: 441-455.
- Encalada-Cordova, M., Soto-Carreno, F., Morales-Guevara, D., Alvarez-Bello, I. (2016). Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultrop*, 37(4): 89-97.
- Favarin, J. L., Neto, D. D., Garcia, A., Villa-Nova, N. A., Favarin, M. G. G. V. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(6): 769-773.
- Fazuoli, L. C., Sarruge, J. R., Camargo, P. N., & Malavolta, E. (1967). Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro: uma possível causa do desfolhamento e secamento subterminal ("pescoço pelado" ou "pescoço de galinha"). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 24, 199-205.
- Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fornazier, M. J., Prezotti, L. C., Fonseca, A. F. A., Alixandre, F. T., Costa, H., Rocha, A. C., Moreli, A. P., Martins, A. G., Riva-Souza, E. M., Araujo. J. B., Ventura, J. A., Castro, L. L. F., Guarçoni, R. C. *Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoração das lavouras no estado do Espírito Santo* (1ª edição). DCM - Incaper, Vitória - ES. Circular Técnica nº 05, 56 p., 2008.
- Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35 (6):1039-1042.
- Freitas, R. D., Oliveira, L. E. M. D., Delú-Filho, N., Soares, A. M. (2003). Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 27(4):804-810.
- García, A. Á., Carril, E. P.-U. (2011). Metabolismo secundário de plantas. *Reduca (Biología)*, 2 (3):119-145.
- Gomes, I. A. C, Castro, E. M., Soares, A. M., Alves, J. D., Alvarenga, M. I. A, Alves, E., Fries, D. D. (2008). Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv." Oeiras. *Ciência Rural*, 38(1):109-115.

- Japiassú, L. B., Garcia, A. L. A., Guimarães, R. J., Padilha, L., Carvalho, C. H. S. (2010). Ciclos de poda e adubação nitrogenada em lavouras cafeeiras conduzidas no sistema "safra zero". *Coffee Science*, Lavras, 5(1):28-37.
- Mariño, Y. A. (2014). Resposta fotossintética de *Coffea arabica* a diferentes níveis de disponibilidade de luz e água. *Acta Agronómica*, 63(2): 128-135.
- Morais, H., Marur, C. J., Caramori, P. H., Arruda-Ribeiro, A. M., Gomes, J. C. (2003). Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(10): 1131-1137.
- Nascimento, E. A., Oliveira, L. E. M., Castro, E. M., Delú, N., Mesquita, A. C., Vinicio Vieira, C. (2006). Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Ciência Rural*, 36(3): 852-857.
- Neill, S. O., Gould, K. S. (2003). Anthocyanins in leaves: light attenuators or antioxidants? *Functional Plant Biology*, 30(8): 865-873.
- Pereira, S. P., Guimarães, R. J., Bartholo, G. F., Guimarães, P. T. G., Alves, J. D. (2007). Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 31(3), 643-649.
- Pereira, T. B., Baliza, D. P., Cunha, R. D. L., Guimarães, R. J., Gomes, R. A., Pereira, V. A. (2011). Teores de clorofila em cafeeiros submetidos a diferentes ambientes avaliados por dois métodos de determinação. *VII Simpósio De Pesquisa Dos Cafés Do Brasil*. Araxá-MG.
- Petrie, P.R., Trought, M.C.T., Howell, G.S., Buchan, G.D., Palmer, J.W. (2009). Whole-canopy gas exchange and light interception of vertically trained *Vitisvinifera* L: under direct and diffuse light. *Am. J. Enol. Vitic.* 60(1): 173–182.
- Pinheiro, H. A., DaMatta, F. M., Chaves, A. R., Loureiro, M. E., Ducatti, C. (2005). Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. *Annals of botany*, 96(1):101-108.
- Pinkard, E. A., Mohammed, C., Beadle, C. L., Hall, M. F., Worledge, D., & Mollon, A. (2004). Growth responses, physiology and decay associated with pruning plantation-grown *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. nitens* (Deane and Maiden) Maiden. *Forest Ecology and Management*, 200(1-3):263-277.
- Praxedes, S. C., DaMatta, F. M., Loureiro, M. E., Ferrao, M. A., Cordeiro, A. T. (2006). Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. kouillou) leaves. *Environmental and experimental botany*, 56(3): 263-273.

- Prezotti, L. C., Gomes, J. A., Dadalto, G. G., Oliveira, J. D. (2007). *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo*. 5. ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO. 305p.
- Queiroz-Voltan, R. B. Q., Fahl, J. J., Carelli, M. L. C. (1992). Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 4(2): 99-105.
- Rodrigues, L. B. V. (2016). *Propagação vegetativa e parâmetros fisiológicos de erva-baleeira sob diferentes condições de luminosidade*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia vegetal- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas- Rio Grande do Sul, 66p.
- Rodríguez-López, N. F., Martins, S. C., Cavatte, P. C., Silva, P. E., Morais, L. E., Pereira, L. F., DaMatta, F. M. (2014). Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. *Environmental and experimental botany*, 102(1):1-10.
- Rossato, O. B., Andrade-Sanchez, P., Guerra, S. P. S., Crusciol, C. A. C. (2012). Sensores de reflectância e fluorescência na avaliação de teores de nitrogênio, produção de biomassa e produtividade do algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(8): 1133-1141.
- Silva, A. C., Leonel, S., de Souza, A. P., Vasconcellos, M. A. D. S., Rodrigues, J. D., Ducatti, C. (2011). Alocação de fotoassimilados marcados e relação fonte-dreno em figueiras cv. Roxo de Valinhos. 1. Relação fonte e dreno. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(3): 409-418.
- Silva, F. G., Dutra, W. F., Dutra, A. F., Oliveira, I. M., Filgueiras, L., Melo, A. S. (2015). Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 19(10):946–952
- Silva, L. M., Alquini, Y., Cavallet, V. J. Inter-relações entre anatomia vegetal e produção vegetal. *Acta Botânica Brasílica*, Porto Alegre, 19(1):183-194.
- Silva, V. A., Antunes, W. C., Guimarães, B. L. S., Paiva, R. M. C., de Fátima Silva, V., Ferrão, M. A. G., Loureiro, M. E. (2010). Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(5): 457-464.
- Torres, N., Goicoechea, N. M., Antolín, C. (2015). Antioxidant properties of leaves from different accessions of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo after applying biotic and/or environmental modulator factors. *Industrial Crops and Products*, Amsterdam, 76: 77-85.
- 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 n° 163). Disponível em:

<http://www.incaper.es.gov.br/sistemas/servicos/images/FOLDER_PODA_CAFE_CONILON.pdf> Acesso em: 27/12/2017.

- 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.
- Yin, D. D., Yuan, R. Y., Wu, Q., Li, S. S., Shao, S., Xu, Y. J., Wang, L. S. (2015). Assessment of flavonoids and volatile compounds in tea infusions of water lily flowers and their antioxidant activities. *Food chemistry*, 187: 20-28.

3.3 VIABILIDADE E RISCO ECONÔMICO DA PODA PROGRAMADA DE CICLO NO CAFEIEIRO ARÁBICA¹

RESUMO

A cafeicultura representa grande importância econômica para o Brasil, sendo o cafeeiro arábica o de maior expressão por representar a maior parte da produção nacional. No entanto, a produtividade média do cafeeiro arábica é baixa, o que reduz a lucratividade da atividade. Uma das formas de recuperar o vigor e aumentar a produtividade tem sido os sistemas de poda. O sistema mais adotado por cafeicultores é o de recepa, que não tem resultado em revigoramento eficiente. Acredita-se que a implementação de novos sistemas, como a poda programada de ciclo, possa melhorar a produtividade do cafeeiro arábica. Porém, ainda são desconhecidos os impactos econômicos e os riscos associados a esse tipo de poda. O objetivo com o trabalho é determinar, mediante o cálculo do Valor Presente Líquido e da Taxa Interna de Retorno, a viabilidade do uso da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, bem como, identificar, usando o método de Monte Carlo, o risco dessa técnica. Os resultados mostram que a poda programada de ciclo é a mais viável economicamente. A utilização da poda programada de ciclo apresenta baixa probabilidade de obter valores presentes líquidos negativos, sendo essa, uma prática com risco nulo e com bom rendimento econômico.

1 – Artigo nº JEA1.39621, publicado na revista *Journal of Experimental Agriculture International*, vol. 21, n. 4, p.1-9, mar. 2018. DOI: 0.9734/JEA1/2018/39621

ABSTRACT

Coffee cultivation represents great economic importance for Brazil, with arabica coffee being the most important because it represents the major part of the national production. However, the average yield of Arabica coffee is low, which reduces the profitability of the activity. One of the ways to regain vigor and increase productivity has been pruning systems. The system most adopted by coffee growers is that of *recepta*, which has not resulted in efficient reinvigoration. It is believed that the implementation of new systems, such as cycle programmed pruning, can improve the productivity of arabica coffee. However, the economic impacts and risks associated with this type of pruning are still unknown. The objective of this work is to determine the viability of the cycle programmed pruning in arabic coffee by calculating the Net Present Value and the Internal Rate of Return, as well as to identify, using the Monte Carlo method, the risk of this technique. The results show that the cycle programmed pruning is the most economically viable. The use of cycle programmed pruning presents a low probability of obtaining negative net present values, which is a practice with zero risk and economic yield.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura está presente em quase todo território nacional, são cerca de 2,20 milhões de hectares destinados à cultura, com produção prevista entre 54,4 e 58,5 milhões de sacas beneficiadas de café para o ano de 2018 (CONAB, 2018).

Dentre as espécies cultivadas, o café arábica (*Coffea arabica* L.) e o conilon (*Coffea canephora* Pierre) são as que apresentam maior importância econômica, e as mais empregadas no Brasil. O café arábica corresponde a 81% da área plantada, sendo responsável por 76 % da produção total de café do País (CONAB, 2018). Entretanto, apesar de ser o mais cultivado no Brasil e possuir

alto potencial produtivo, essa espécie apresenta baixa produtividade média, cerca de 23,12 sacas beneficiadas por hectare no ano de 2017 (CONAB, 2018).

A baixa produtividade pode estar relacionada com o manejo que vem sendo empregado na cultura. Uma das práticas mais importantes no manejo é a poda, pois, além de ser aceita e acessível aos cafeicultores, é responsável pela manutenção da capacidade produtiva, pela recuperação das plantas debilitadas, pela correção de problemas relacionados à arquitetura das plantas, pelo controle de severidade de doenças, pelo aumento da longevidade da lavoura, e ainda, contribui com a redução da bienalidade de produção (Queiroz-Voltan et al., 2006, Pereira et al., 2007, Japiassu et al., 2010).

As podas tradicionais empregadas nas lavouras ocasionam queda de produtividade no ano seguinte, resultando, em alguns casos, na ausência total de produção (safra zero). Queiroz-Voltan et al. (2006) relatam que os tipos de poda mais empregados no arábica são o esqueletamento (corte dos ramos plagiotrópicos a cerca de 30 a 40 cm da haste), a recepa (corte da haste na altura de 40 a 60 cm do solo), e o decote (eliminação do ápice da planta a alturas variáveis de 1,60 a 2,60 m). No entanto, esses sistemas de poda representam pontos negativos que dificultam os tratamentos culturais na cultura.

O esqueletamento causa modificações na estrutura da copa dificultando a colheita manual, bem como no decote, que além da dificuldade na colheita, causa a superbrotação de ramos laterais dificultando a entrada de luz na base da planta, e na recepa, ocorre o fenômeno da 'safra zero' no ano subsequente à prática da poda.

O esqueletamento é um sistema de poda mais eficaz em relação aos outros, porém não é muito empregado por pequenos cafeicultores que utilizam somente operações manuais devido à dificuldade técnica envolvida nesse processo, e também pela dificuldade enfrentada no processo de colheita manual, uma vez que essa poda altera a arquitetura das plantas dificultando a operação de colheita manual.

Para os produtores que utilizam a mecanização, o esqueletamento torna-se viável, pela facilidade de operação. Além disso, há uma redução no custo de produção que pode compensar a baixa produtividade no ano de execução da poda. No caso específico da operação de colheita mecanizada, em relação à

manual, podem ocorrer reduções de custo de até 67%, refletindo em maiores rendimentos para o produtor (Silva et al., 2013, Tavares et al., 2015).

Buscando implantar um sistema de poda eficiente que atenda os cafeicultores familiares, Verdin-Filho et al. (2016), avaliando um novo sistema de poda para o cafeeiro arábica, a poda programada de ciclo, verificaram aumento de produtividade, redução de bienalidade de produção, não ocorrência da safra zero e aumento do rendimento de colheita manual das plantas, quando comparada com a poda tradicional.

A poda programada de ciclo consiste na introdução de 12.000 a 15.000 hastes ortotrópicas por hectare, através da seleção do número ideal de hastes por planta em função do espaçamento. Paralelamente à seleção das hastes, são retirados os ramos plagiotrópicos que atingiram 70% ou mais da sua produção. As hastes permanecem na planta por três ou quatro colheitas, e a partir desse ponto elimina-se cerca de 50 a 75% das mesmas, de modo a permitir entrada de luz na parte central da planta, ocasionando fotodegradação de auxina e promovendo a emissão de brotos vigorosos. Realiza-se a seleção de brotos da base da planta que irão compor a nova parte aérea durante os próximos três ou quatro ciclos de produção. As hastes remanescentes serão removidas após a próxima safra (Verdin-Filho et al., 2008, Verdin-Filho et al., 2014, Verdin-Filho et al., 2016).

Contudo, não há informações a respeito da viabilidade econômica desse tipo de poda, que apesar de elevar a produtividade da lavoura, aumenta alguns custos de produção, como mão de obra relacionada com as práticas de poda e desbrota.

Bliska et al. (2009) verificaram que nas últimas duas décadas cresceu a demanda por pesquisas de custo de produção, rentabilidade e competitividade no setor produtivo do café. Desse modo, é notável a necessidade de realizar estudos que verifiquem a viabilidade econômica dessa nova tecnologia. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho avaliar a viabilidade e o risco econômico da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, visando à cafeicultura familiar que não dispõe de mecanização, da região de montanha do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliação da viabilidade econômica

Foram utilizados, como indicadores de resultado econômico, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), de acordo com Contador (1988). Esses indicadores apresentam como vantagem, o efeito da dimensão 'tempo' dos valores monetários, e são, de modo gerais, os indicadores mais utilizados.

O VPL consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixa esperadas, descontá-las a uma determinada taxa de juros, e somá-las algebricamente, conforme a seguinte equação:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Sendo que *VPL* é o Valor Presente Líquido, *I* é o investimento de capital na data zero, *FC_t* representa o retorno na data *t* do fluxo de caixa, *n* é o prazo de análise do projeto, e, *K* é a taxa mínima para realizar o investimento, ou custo de capital do projeto de investimento, que no caso do presente trabalho foi igual a 10%, que representa a taxa de retorno do capital aplicado com correção monetária na caderneta de poupança.

A TIR de um projeto é a taxa que torna nulo o VPL do fluxo de caixa do investimento. É aquela que torna o valor presente dos lucros futuros equivalentes aos dos gastos realizados com o projeto, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido, e pode ser expressa pela equação:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}$$

Os fluxos de caixa são valores monetários que representam as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo, os quais compõem uma

proposta ou um projeto de investimento. São formados por fluxos de entrada (receitas efetivas) e fluxos de saída (dispêndios efetivos), cujo diferencial é denominado fluxo líquido (Noronha, 1987).

Com o intuito de refletir o real potencial econômico das alternativas testadas, todos os preços empregados na análise econômica, sejam de produtos ou de insumos, são representados por valores reais coletados na região de estudo no ano de 2017.

Análise de sensibilidade

Além da produtividade, outros elementos que afetam o fluxo de caixa possuem probabilidade de variarem, como por exemplo, os preços dos insumos e produtos. É difícil prever em que níveis estarão os preços desses itens no futuro, nos anos que compõem o horizonte do projeto. Para estimar o impacto de eventuais variações nos preços desses itens sobre os resultados do projeto utiliza-se o método da análise de sensibilidade.

A análise de sensibilidade consiste em medir em que magnitude uma alteração prefixada em uma ou mais variáveis do projeto altera o resultado final. Esse procedimento permite avaliar de que forma as alterações de cada uma das variáveis do projeto podem influenciar na rentabilidade do investimento (Buarque, 1991).

O procedimento básico para se fazer uma análise de sensibilidade consiste em: escolher o indicador a sensibilizar, determinar sua expressão em função dos parâmetros e variáveis escolhidos, obter os resultados a partir da introdução dos valores dos parâmetros na expressão, imprimir variações em um ou mais parâmetros e verificar de que forma e em que proporções essas variações afetam os resultados finais do projeto. Desse modo, para a análise de sensibilidade do presente trabalho, considerou-se uma variação desfavorável de 10% nos preços de insumos e produtos, e observaram-se os efeitos sobre a taxa interna de retorno de cada um.

Análise de risco econômico

Para avaliar o risco envolvido nos diversos sistemas, foi empregada a técnica da simulação de Monte Carlo. O princípio básico dessa técnica reside no fato de que a frequência relativa de ocorrência do acontecimento de certo fenômeno tende a aproximar-se da probabilidade de ocorrência desse mesmo fenômeno, quando a experiência é repetida várias vezes assumem valores aleatórios dentro dos limites estabelecidos (Hertz,1964). Exemplos de utilização dessa técnica para a abordagem do risco em atividades agrícolas podem ser encontrados em vários trabalhos, como os de Shirota et al. (1987), Araújo, Marques (1997), Noronha, Latapia (1988), Biserra (1994).

Dada a impossibilidade de se estudar a distribuição de probabilidade de todas as variáveis, a melhor alternativa consiste em identificar, mediante análise de sensibilidade, aquelas que têm maior efeito sobre o resultado financeiro do projeto.

Em face da dificuldade envolvida na identificação das distribuições de probabilidade de cada uma das variáveis mais relevantes, é procedimento usual empregar a distribuição triangular, como se fez no presente trabalho. Essa distribuição é definida pelo nível médio mais provável ou moda, por um nível mínimo e um nível máximo, o que é importante quando não se dispõe de conhecimento suficiente sobre as variáveis.

Por meio da utilização do programa Excel, propõe-se uma distribuição de probabilidade para cada uma das variáveis, nesse caso a distribuição triangular. Mediante a geração de números aleatórios, valores são obtidos para essas variáveis, daí resultando vários fluxos de caixa e, conseqüentemente, vários indicadores de resultados para o projeto. Pela repetição desse procedimento um número significativo de vezes, gera-se a distribuição de frequências do indicador do projeto, que permite aferir a probabilidade de sucesso ou insucesso do mesmo.

Fonte de dados

A área de estudo desse trabalho engloba a região noroeste do estado do Espírito Santo, a 634 m de altitude, com clima do tipo Am (tropical úmido), temperatura média de 21,4° C, pluviosidade média anual de 1260 mm e topografia acidentada.

Para o estudo, considerou-se um sistema de produção de sequeiro, em áreas declivosas não motomecanizáveis em uma lavoura com vida útil de 24 anos empregando-se dois manejos em relação à poda. O primeiro está relacionado com a poda tradicionalmente utilizada na região, em que as plantas são cultivadas a livre crescimento, e recepadas após o 8º ano. Após a recepa as brotações são conduzidas a livre crescimento até o 16º ano, em que são submetidas novamente à recepa e permanecem em livre crescimento até o fim da vida útil da lavoura (24º ano). Nesse sistema há safra zero no 9º e 17º ano, e redução da produtividade no 10º e 18º ano, pois as brotações oriundas da recepa ainda estão em processo de formação, em virtude da recepa realizada no 8º e 16º ano.

O segundo manejo refere-se à poda programada de ciclo para o café arábica, em que as plantas são renovadas sem presença de safra zero, pois há a permanência de pelo menos uma haste produtiva na planta. As renovações, nesse caso, ocorrem após o 7º, 14º e 21º ano, proporcionando a formação de brotações vigorosas que irão compor as novas hastes no próximo período produtivo. Na poda programada de ciclo há a eliminação anual dos ramos plagiotrópicos pouco produtivos, o que eleva os gastos com mão de obra de poda e desbrota. As informações a respeito da realização da poda programada de ciclo no cafeeiro baseiam-se em Verdin-Filho et al. (2008), Verdin-Filho et al. (2014) e Verdin-Filho et al. (2016).

Na elaboração das matrizes de coeficientes técnicos dos respectivos sistemas de produção adotou-se conceito utilizado por Mello (1988), que define o conjunto de manejos, práticas ou técnicas agrícolas realizadas na condução de uma cultura, de maneira mais homogênea possível, por grupos representativos de produtores. Os coeficientes técnicos para elaboração dos fluxos de caixa e as informações atribuídas a cada um deles foram obtidos por meio de informações disponibilizadas pelo Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO, 2017) e de entrevistas aplicadas diretamente aos pesquisadores e extensionistas

do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER).

Além disso, parte das informações que compõem a produtividade e o rendimento de colheita da poda programada de ciclo foi obtida pelos resultados encontrados por Verdin-Filho et al. (2016). Os dados de preços recebidos pelos produtores foram levantados pelas cotações diárias do produto, realizadas pelo Centro de Comércio de Café de Vitória-ES. Os dados deste trabalho referem-se ao ano de 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação da viabilidade econômica

Na poda tradicional, o VPL mostrou-se positivo somente em taxas de descontos inferiores a 3,61%, diferente do que ocorre quando se emprega a poda programada de ciclo, em que o VPL é positivo a uma taxa de 15,30% (figura 1).

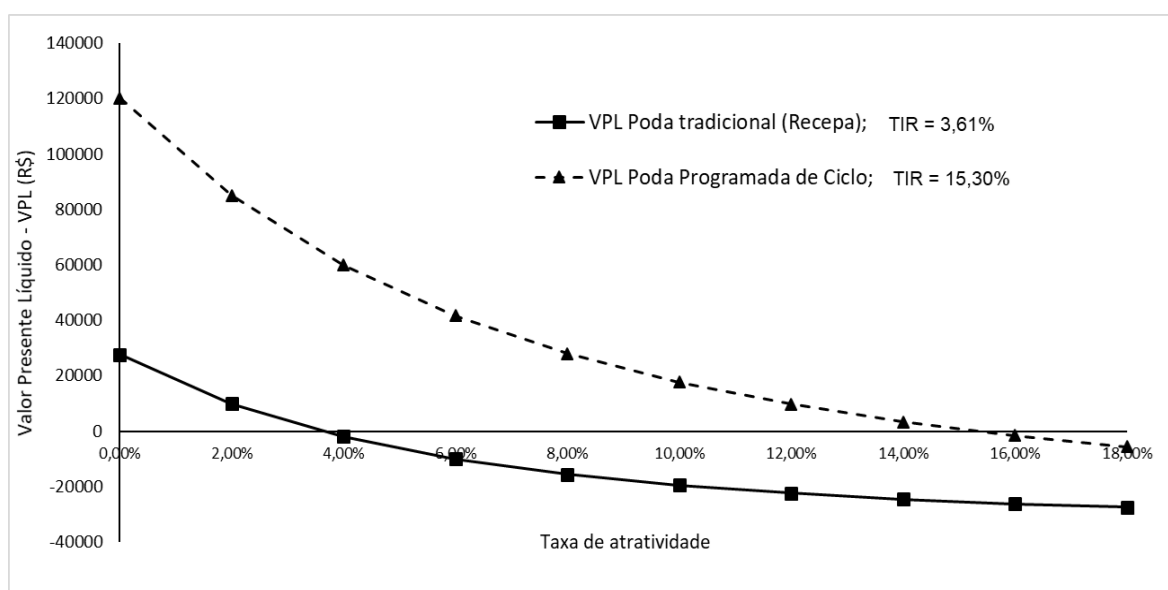


Figura 1 – Valor Presente Líquido (VPL) com horizonte de planejamento comum em função das diferentes taxas de atratividade, e Taxa Interna de

Retorno (TIR) para o cultivo de *Coffea arabica* conduzido com a poda tradicional (recepa) e com a poda programada de ciclo.

Através dos dados relacionados ao VPL, é possível verificar que a poda representa grande impacto econômico na cultura do cafeeiro. Se for considerada uma taxa mínima de atratividade de 12%, o cultivo do cafeeiro manejado com a poda tradicional utilizando a recepa torna-se inviável, uma vez que esse manejo gera uma TIR de apenas 3,61%.

Já a implantação da poda programada de ciclo apresenta-se viável, uma vez que gera uma TIR de 15,30%, cerca de 3,3 pontos percentuais a mais do que a taxa mínima de atratividade. Esse resultado ocorre em função do aumento da produtividade e ausência do fenômeno de 'safra zero' proporcionado por esse tipo inovador de poda, a poda programada de ciclo. Ao contrário disso, na poda tradicional, não há retorno algum no ano posterior à execução da prática em função da safra zero, justificando, desse modo, a baixa TIR.

Quando se busca implantar novas técnicas de manejo em sistemas de produção agrícola, o estudo econômico do custo de produção torna-se um assunto de grande importância para a tomada de decisões, pois fornece ao investidor um indicativo para a escolha dos sistemas de produção a serem adotados e seguidos visando obter melhores resultados econômicos (Reis, 1999). No presente trabalho, o estudo econômico revela que o novo sistema de poda é mais eficiente do que a poda tradicional no sistema produtivo que abrange a realidade da cafeicultura familiar em regiões de montanha, fornecendo informações importantes para os cafeicultores que se enquadram em tais realidades.

Análise de sensibilidade

Os resultados da análise de sensibilidade representando os efeitos sobre a taxa interna de retorno, considerando uma variação desfavorável de 10% nos preços de insumos e produtos estão representados na tabela 1.

Tabela 1 – Redução, em pontos percentuais, da Taxa Interna de Retorno, para cada sistema de poda de *Coffea arabica*, decorrente de uma variação desfavorável de 10% no preço de insumos e produtos.

Descrição	Poda tradicional (Recepa)	Poda Programada de ciclo
1.Compra da Terra	-0,459	-0,978
2. Mudas (Plantio e Replatio)	-0,043	-0,092
3. Calcário	-0,031	-0,033
4. Nitrogênio-N	-0,482	-0,412
5. Fósforo-P ₂ O ₅	-0,062	-0,065
6. Potássio-K₂O	-0,224	-0,182
7. FTE BR ₁₂	-0,042	-0,042
8. Sulfato de Zinco	-0,003	-0,003
9. Ácido Bórico	-0,003	-0,003
10. Adubo orgânico	-0,070	-0,079
11. Outros Fertilizantes	-0,063	-0,060
12. Formicida	-0,002	-0,003
13. Fungicida	-0,045	-0,042
14. Inseticida	-0,030	-0,029
15. Espalhante adesivo	-0,003	-0,003
16. Sacos de Plástico	-0,088	-0,099
17. Sacos de Juta	-0,024	-0,028
18. Herbicida	-0,019	-0,018
19. Mão de obra total	-1,744	-0,853
19.1 Retirada da área	-0,007	-0,015
19.2 Marcação de curvas de nível	-0,002	-0,005
19.3 Marcação de linhas de plantio	-0,002	-0,005
19.4 Marcação de covas e coveamento	-0,034	-0,074
19.5 Transporte interno de insumos	-0,082	-0,078
19.6 Calagem e adubação na cova	-0,007	-0,015
19.7 Plantio e replatio	-0,014	-0,030
19.8 Adubação de cobertura	-0,071	-0,064
19.9 Pulverizações	-0,072	-0,066
19.10 Combate a formigas	-0,011	-0,011
19.11 Tratamento fitossanitário	-0,126	-0,115
19.12 Capina manual	-0,124	-0,125
19.13 Roçagem manual	-0,116	-0,110
19.14 Poda	-0,008	-0,153
19.15 Desbrota	-0,155	-0,164
19.16 Colheita	-0,982	-0,553
19.17 Transporte interno da colheita	-0,106	-0,119
20. Secagem e Beneficiamento	-0,318	-0,359
21. Armazenamento	-0,020	-0,022
22. Análise de solo	-0,013	-0,012
23. Outros Gastos (Administração, etc.)	-0,126	-0,120
24. Valor Residual da Terra	-0,219	-0,039
25. Venda do Produto (café beneficiado)	-4,086	-4,670

Observa-se que em ambos os tipos de poda a variável “Venda do Produto” foi a de maior impacto sobre a TIR. Assim, a queda de 10% no preço do café beneficiado ocasionaria redução na TIR de 4,67 e 4,09 pontos percentuais para o cafeeiro conduzido com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional, respectivamente.

A partir dos resultados da tabela 1 classificaram-se em ordem de importância os itens que mais afetaram os resultados financeiros de cada tipo de poda no cultivo do cafeeiro arábica. Para a poda programada de ciclo, além da “Venda do Produto”, os itens de maior relevância econômica são: “Compra da Terra”, “Mão de Obra Total”, “Nitrogênio-N”, “Secagem e Beneficiamento” e “Potássio-K₂O”. Para a poda tradicional, além da “Venda do Produto”, os itens de maior importância seguiriam a seguinte ordem: “Mão de Obra Total”, “Nitrogênio-N”, “Compra da Terra”, “Secagem e Beneficiamento” e “Potássio-K₂O”.

Segundo Alves et al. (2017), o alto custo de produção, decisivamente influenciado pela escassez e elevado custo da mão de obra, é um dos principais problemas enfrentados pela cafeicultura de montanha atualmente, como observado no presente estudo, em que o coeficiente mão de obra no sistema de poda tradicional foi um dos itens com maior importância no custo total.

É possível observar que a mão de obra representa maior impacto econômico na poda tradicional do que na poda programada de ciclo. Isso ocorre, pois, a poda programada de ciclo altera a arquitetura das plantas e, segundo Verdin-Filho et al. (2016), é um dos motivos para aumentar o rendimento de colheita manual. Visto isso, pode-se afirmar que a prática da poda é, dentre os demais itens, o que demanda maior mão de obra.

Dentro do item mão de obra, as práticas com maior relevância são a colheita, a poda e a desbrota. A desbrota é um processo manual, sendo, portanto, um problema, principalmente para grandes cafeicultores que possuem técnicas de cultivos automatizadas, uma vez que seria necessária a contratação de grande número de funcionários, que muitas vezes possuem pouco conhecimento acerca da atividade a ser exercida e elevam o custo de produção (Ávila, et al., 2015, Baroni et al., 2017). Na poda programada, há redução da emissão de brotações em função do autossombreamento exercido pela planta, fato que pode corroborar para a redução dos custos de mão de obra nesse sistema de poda.

Análise de risco econômico

A poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, mesmo aparentando ser uma atividade viável, convive com incertezas principalmente quanto ao preço pago pelo produto. Uma das finalidades da avaliação econômica de projetos é diminuir o grande risco assumido nas decisões, interessando ao produtor saber qual a margem de segurança dos resultados da análise antes de tomar sua decisão final.

A análise de sensibilidade, que considera a influência isolada de cada variável sobre os resultados do projeto, é o primeiro passo para lidar com riscos. Na prática, no entanto, diversas variáveis podem sofrer flutuações simultaneamente. Diante disso, é importante que se tenha noção das probabilidades de ocorrência de situações adversas envolvendo as variáveis mais importantes do projeto, bem como suas consequências sobre os resultados financeiros.

Nesse sentido, a distribuição de probabilidade acumulada do VPL dos diferentes manejos de poda, obtida mediante Simulação de Monte Carlo, está expressa na figura 2. Sabe-se que as informações usadas na avaliação de projetos são sempre projeções para o futuro dos valores das variáveis que formam o fluxo de caixa e, portanto, são estimativas sujeitas a erros. Com essa análise têm-se condições de estimar a probabilidade de que o projeto venha a se tornar inviável, dados os riscos de que as projeções adotadas na elaboração do fluxo de caixa não se realizem com a implementação do projeto.

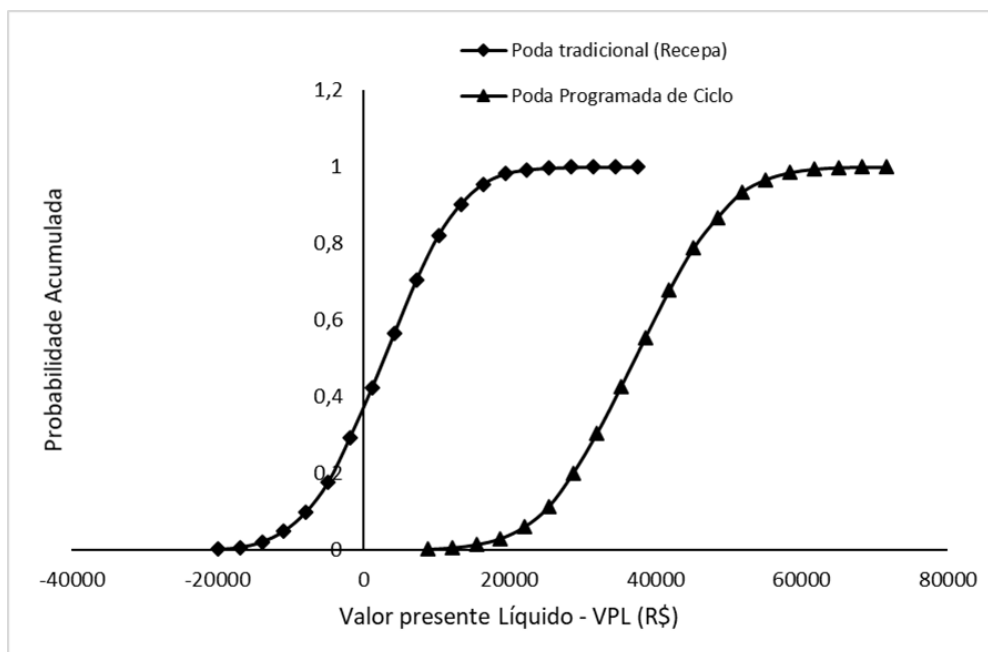


Figura 2 – Distribuição de probabilidade acumulada do Valor Presente Líquido (VPL) obtido mediante Simulação de Monte Carlo do cultivo de *Coffea arabica* conduzido com a poda tradicional (recepa) e com a poda programada de ciclo.

A análise de risco usa os itens de maior importância econômica para estimar a probabilidade acumulada do VPL ser negativo com a mudança dos valores nesses itens. Quanto maior a probabilidade acumulada do VPL ser negativo, maior será o risco econômico. Na poda programada de ciclo não há probabilidade de ocorrência de VPL negativo, por isso o risco é nulo.

Observa-se pela simulação de Monte Carlo que ao utilizar a poda programada de ciclo a probabilidade do VPL ser negativo, a uma taxa de atratividade de 10%, é nula, ou seja, esse sistema de poda além de ser viável economicamente apresenta maior estabilidade e certeza de investimento para o cafeicultor. Isso ocorre, pois, um dos fatores de maior risco, a produtividade é maior na poda programada. Outro item muito importante, a mão de obra, é reduzida na poda programada de ciclo, e, conseqüentemente, há uma redução no custo total e no risco econômico envolvido.

Em relação à poda tradicional, observa-se que há cerca de 30,5% de chances do VPL ser negativo. Portanto, considerando-se as possíveis flutuações nos preços dos itens mais importantes para os resultados do projeto (definidas na distribuição triangular), é relativamente alta a probabilidade de que, sob poda

tradicional, a atividade se torne inviável em condições de mercado menos favoráveis.

Além de assegurar maior estabilidade de renda e menores riscos aos cafeicultores familiares, a poda programada de ciclo no cafeeiro arábica apresenta grande potencial de difusão, uma vez que é fácil de ser entendida e executada, e também pelo fato de essa poda já ser empregada e bem aceita no cafeeiro Conilon. Sendo assim, é uma prática recomendada, que aumenta a produtividade da cultura e garante renda e permanência de cafeicultores familiares que não dispõem de operações mecanizadas na atividade.

CONCLUSÕES

Para a poda programada de ciclo na agricultura familiar sem utilização de mecanização, além da “Venda do Produto”, os itens de maior relevância econômica são: “Compra da Terra”, “Mão de Obra Total”, “Nitrogênio-N”, “Secagem e Beneficiamento” e “Potássio-K₂O”. Para a poda tradicional, além da “Venda do Produto”, os itens de maior importância em relação ao custo de produção seguem a seguinte ordem: “Mão de Obra Total”, “Nitrogênio-N”, “Compra da Terra”, “Secagem e Beneficiamento” e “Potássio-K₂O”.

Para as taxas de desconto consideradas, a poda programada de ciclo é mais viável economicamente do que a poda tradicional por meio de recepa, para cafeicultura familiar que não dispõe de mecanização.

Nas condições do estudo, a poda programada de ciclo no cafeeiro arábica apresenta bom rendimento econômico e baixas probabilidades de obter valores presentes líquidos negativos.

O risco econômico associado à poda programada de ciclo no cafeeiro arábica é nulo, para cafeicultura familiar que não dispõe de mecanização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, E. L., Pereira, F. A. C., Dalchiavon, F. C. (2017). Potencial econômico da utilização de micro-terraceamento em lavouras de café: um estudo de caso. *Revista iPecege*, 3(1): 24-38.
- Araújo, M. P., Marques, P. V. (1997). Rentabilidade, em condições de incerteza, na produção avícola sob contratos de integração vertical em Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 35(3):23-43.
- Avila, R. G., Campos, C. N., Santos, J. O. D., Alvarenga, A. A. D., Silva, D. V. D., Almeida, L. G. (2015). Inibição da brotação de café com aplicação de ácido indolacético. Trabalho completo, anais online, *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Curitiba – PR.
- Baroni, D. F., Reis, L. S. D., Baitelle, D. C., Vieira, K. M., Meireles, R. C., Haddade, I. R., Verdin-Filho, A. C. (2017). Ácido naftalenoacético associado à adubação potássica na brotação de café conilon. *Coffee Science*, 12(2): 282-289.
- Biserra, J. V. (1994). Rentabilidade da irrigação pública no Nordeste, sob condições de risco: o caso do perímetro Morada Nova. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 32(3), 289-303.
- Bliska, F. M. D. M., Vegro, C. L. R., Afonso Júnior, P. C., Mourão, E. A. B., Cardoso, C. H. S. (2009). Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. Trabalho completo, anais online, *VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Vitória - ES.
- Buarque, C. (1991). *Avaliação econômica de projetos*. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 266p.
- CEDAGRO – Centro de desenvolvimento do agronegócio. *Coeficientes Técnicos e Custos de Produção na Agricultura do ES*. Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/coeficiente_planilhas_2017.php> Acesso em jul/2017.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de café. Safra 2016. Segundo Levantamento*, Brasília, p. 1-104, v. 3, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_10_15_13_24_boletim_cafe_-_maio_2016.pdf> Acesso em jul/2017.
- Contador, C. R. (1988). *Avaliação social de projetos*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 316p
- Hertz, O.B. (1964). Risk analysis in capital investment. *Harvard Business Review*, 42(1):95-106.

- Japiassú, L. B., Garcia, A. L. A., Guimarães, R. J., Padilha, L., Carvalho, C. H. S. (2009). Ciclos de poda e adubação nitrogenada em lavouras cafeeiras conduzidas no sistema "safra zero". *Coffee science*, 5(1): 28-37.
- Mello, N.T.C., Arruda, S.T. , Chabaribery, D. , Camargo, J.R.U., Ribeiro-Junior, D. *Proposta de nova metodologia de custo de produção do Instituto de Economia Agrícola*. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 12p, 1988.
- Noronha, J. F. (1987). *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 269 p.
- Noronha, J. F., Latapia, M. X. L. C. (1988). Custos de produção agrícola sob condições de risco no Estado de São Paulo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 26(3):123-131.
- Pereira, S. P., Guimarães, R. J., Bartholo, G. F., Guimarães, P. T. G., Alves, J. D. (2009). Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. *Ciência e agrotecnologia*, 31(3): 643-649.
- Queiroz-Voltan, R. B., Cabral, L. P., Filho, O. P., Fazuoli, L. C. (2006). Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. *Bragantia*, 65(3): 433-440.
- Reis, R.P. (1999). *Como calcular o custo de produção*. Lavras: FAEPE, Lavras, MG.
- Shirota, R., Silva, R. D.M., Lima, R.A.S, Neves, E. M. (1987). A técnica de simulação aplicada a avaliação econômica de matriz de duas linhagens de frango de corte. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 25(1): 213:228.
- Silva, F. M., Silva, F. C., Silva, F. O., Silva, D. H. (2013). Viabilidade técnica e econômica da colheita mecanizada do café. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v.13(1): 98-101.
- Tavares, T. D. O., Santinato, F., Silva, R. P. D., Voltarelli, M. A., Paixão, C. S. S., Santinato, R. (2015). Qualidade do recolhimento mecanizado do café. *Coffee Science*, 10(4): 455-463.
- 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). Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/sistemas/servicos/images/FOLDER_PODA_CAFE_CONILON.pdf> Acesso em: 27/12/2017.
- 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.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O café é um dos produtos primários mais valiosos no comércio mundial e representa uma das atividades agrícolas mais importantes para o Brasil. O cafeeiro arábica representa a espécie de maior importância para o Brasil, uma vez que é a mais cultivada e a que representa maior parte da produção nacional. No entanto, a produtividade média ainda é muito baixa, e esse fato está atrelado a práticas de manejo que vêm sendo utilizadas na cultura.

Uma das práticas de manejo mais importantes no cafeeiro é a poda, pois ela apresenta como principais funções o revigoração das lavouras, o aumento da produtividade, o aumento da longevidade, a facilidade de manejo, o controle de pragas e doenças. Porém, os sistemas de podas utilizados no cafeeiro arábica apresentam alguns pontos negativos, como ocorrência de safra zero, no caso do esqueletamento e recepa, e pouco revigoração das lavouras, como ocorre na poda conhecida como decote.

Devido à utilização consolidada dessas podas tradicionais, poucos trabalhos investigam inovação no sistema de poda empregado no arábica, inovação essa com possibilidade de sanar os pontos negativos dos sistemas de podas tradicionais. Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a viabilidade técnica (capítulo 1) e econômica (capítulo 2) da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, bem como definir a melhor densidade de hastes e o manejo mais eficiente na retirada de ramos plagiotrópicos.

O experimento do capítulo 1 foi conduzido a campo no distrito de Alto Mutum Preto, município de Baixo Guandú, região noroeste do estado do Espírito Santo. A lavoura experimental é composta pela cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, de maturação intermediária, com 12 anos de idade, cultivada no espaçamento de 2,5 m x 1,0 m e conduzida em condição de sequeiro.

Após a colheita de 2013 introduziu-se a poda programada de ciclo na lavoura, retirando-se 75% das hastes velhas, de modo a promover entrada de luz na base da planta e proporcionar emissão de brotos vigorosos, seguindo o manejo da PPC utilizada no cafeeiro conilon. Após a safra de 2014, foram retiradas as hastes remanescentes da poda de 2013, e a lavoura apresentava somente as brotações selecionadas anteriormente. No ano de 2015, foi realizada a primeira colheita das hastes formadas a partir das brotações de 2013, e após a colheita, procedeu-se a primeira retirada (nos tratamentos 1, 2, 3 e 4) de ramos plagiotrópicos que produziram 70% ou mais.

Para as variáveis diâmetro do caule, altura de planta e produtividade de grãos, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2 com um tratamento adicional, compreendendo a combinação de quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes por hectare) e dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos (retirada anual e bianual de ramos que apresentaram 70% ou mais de sua produção total).

As demais variáveis (comprimento de ramos plagiotrópicos do terço inferior, comprimento de ramo plagiotrópico do terço superior, número de rosetas por ramo plagiotrópico inferior, número de rosetas por ramo plagiotrópico superior, diâmetro da copa inferior (saia), diâmetro de copa superior) foram estudadas em fatorial triplo 4x2x2 com um tratamento adicional, representado pela combinação das quatro densidades de hastes, dos dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos, e de duas posições de coletas de dados na planta, sendo coleta na saia (terço inferior da planta) e na parte superior (terço superior das plantas).

O tratamento adicional (testemunha) representa a poda tradicional utilizada no manejo da cultura, em que se predomina uma haste por planta (às vezes duas) e ausência de retirada de ramos plagiotrópicos, com posterior recepa após a perda de vigor das plantas. Nesse tratamento as plantas são conduzidas a

livre crescimento, e, geralmente, após a perda de vigor (10-15 anos) são recepadas.

Nesse experimento pode-se concluir que, a produtividade, em todos os tratamentos conduzidos com a poda programada de ciclo, é superior à poda tradicional. Pode ser empregada a retirada anual ou bianual de ramos plagiotrópicos que apresentaram 70% ou mais da sua produção sem prejuízos à produtividade, sendo que, possivelmente, é mais viável economicamente a retirada bianual pela redução de mão de obra para execução dessa prática. Na poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, a densidade de hastes que proporciona maior produtividade situa-se entre 11.700 a 13.300 hastes ha⁻¹. Na poda tradicional há a ocorrência do fenômeno de cinturamento, fato que reduz a produtividade. A poda programada de ciclo no cafeeiro arábica altera a estrutura e arquitetura da planta, impedindo a ocorrência do cinturamento.

No capítulo 2 objetivou-se avaliar os aspectos fisiológicos do cafeeiro arábica conduzido na poda programada de ciclo nas mesmas condições descritas no capítulo 1. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados. Os tratamentos foram dispostos em fatorial triplo 4x2x2 com um tratamento adicional (poda tradicional), representado pela combinação das quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes ha⁻¹, dos dois manejos de retirada de ramos plagiotrópicos (retirada anual e bianual de ramos que apresentaram 70% ou mais de sua produção), e de duas posições de coletas de dados na planta, sendo coleta na saia (terço inferior da planta) e na parte superior (terço superior das plantas).

Avaliou-se a taxa a fotossintética líquida, a condutância estomática, a concentração interna de CO₂, a transpiração foliar, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico, a temperatura da folha, o intensidade de verde, o índice de nitrogênio, de clorofila total, de antocianina e de flavonoides. Os resultados mostraram que a poda programada de ciclo influencia positivamente todos os aspectos fisiológicos avaliados. Na poda tradicional há a ocorrência do fenômeno de cinturamento, fato que reduz a taxa fotossintética líquida na parte superior das plantas.

A taxa fotossintética líquida, na poda programada de ciclo, aumenta à medida de se eleva a densidade de hastes. Há a ocorrência de menor estresse foto-oxidativo no terço inferior das plantas em relação ao terço superior, o que

promove maior produção de compostos secundários antioxidantes (antocianinas e flavonoides) no terço superior das plantas.

O capítulo 3 consistiu em relevar os retornos financeiros da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica quando comparada à poda tradicional, uma vez que ainda são desconhecidos os impactos econômicos e os riscos associados a esse tipo de poda. Objetivou-se com esse capítulo determinar, mediante o cálculo do Valor Presente Líquido e da Taxa Interna de Retorno, a viabilidade do uso da poda programada de ciclo no cafeeiro arábica, bem como, identificar, usando o método de Monte Carlo, o risco dessa técnica.

Os resultados indicam, através dos dados relacionados ao VPL, que a poda representa grande impacto econômico na cultura do cafeeiro. Se for considerada uma taxa mínima de atratividade de 12%, o cultivo do cafeeiro manejado com a poda tradicional utilizando a receita torna-se inviável, uma vez que esse manejo gera uma TIR de apenas 3,61%. Já a implantação da poda programada de ciclo apresenta-se viável, uma vez que gera uma TIR de 15,30%, cerca de 3,3 pontos percentuais a mais do que a taxa mínima de atratividade. Esse resultado ocorre em função do aumento da produtividade e ausência do fenômeno de 'safra zero' proporcionado por esse tipo inovador de poda, a poda programada de ciclo. Ao contrário disso, na poda tradicional, não há retorno algum no ano posterior à execução da prática em função da safra zero, justificando, desse modo, a baixa TIR. Nesse capítulo, conclui-se que a poda programada de ciclo é mais viável economicamente quando comparada com a poda tradicional. A utilização da poda programada de ciclo apresenta baixa probabilidade de obter valores presentes líquidos negativos, sendo essa, uma prática com risco nulo e com bom rendimento econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, A. T. E., Gonçalves, C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S., Castro, C. E. F. (2014). *Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas*. Boletim Técnico – IAC, 200, 7 ed., Campinas - SP, 452p.
- Aguiar, A. T. E., Guerreiro-Filho, O., Maluf, M. P., Gallo, P. B., Fazuoli, L. C. (2004). Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. *Bragantia*, Campinas, 63 (2):179-192.
- Alves, E. L., Pereira, F. A. C., Dalchiavon, F. C. (2017). Potencial econômico da utilização de micro-terraceamento em lavouras de café: um estudo de caso. *Revista iPecege*, 3(1): 24-38.
- Alves, J.D. Morfologia do cafeeiro (2008) In: Carvalho, C.H.S. (Ed.). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café, p.35-56.
- Amarante, C. V. T., Bisognin, D. A., Steffens, C. A., Zanardi, O. Z., Alves, E. O. (2008). Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. *Horticultura Brasileira*, 26(4): 471-475.
- Andrade, W. E. B, Guimarães, P. T. G., Faquin, V., Guimarães, R. J. (2014). Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no noroeste Fluminense. *Coffee Science*, 9(1): 90-101.
- Araújo, M. P., Marques, P. V. (1997). Rentabilidade, em condições de incerteza, na produção avícola sob contratos de integração vertical em Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 35(3):23-43.
- Avila, R. G., Campos, C. N., Santos, J. O. D., Alvarenga, A. A. D., Silva, D. V. D., Almeida, L. G. (2015). Inibição da brotação de café com aplicação de ácido indolacético. Trabalho completo, anais online, *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Curitiba – PR.

- Baitelle, D. C., Freitas, S. J., 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., Vieira, K. M., Baroni, D. F., Daleprane, F. B., Haddade, I. R., Freitas, S. I. F, Silva, F. A. W. A. (2016). Agronomic performance of hybrids and varieties of maize in function of nitrogen in coverage. *African Journal of Agricultural Research*, 11(52): 5202-5208.
- Baliza, D. P. (2011). *Cafeeiros em formação e produção em diferentes níveis de radiação: características morfofisiológicas*. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras -UFLA, 97p.
- Baliza, D. P., Cunha, R. L., Castro, E. M., Barbosa, J. P. R. A. D., Pires, M. F., Gomes, R. A. (2012b). Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, 7(3): 250-258.
- Baliza, D. P., Cunha, R. L., Guimarães, R. J., Barbosa, J. P., Ávila, F. W., Passos, A. (2012a). Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1): 37:43.
- Baroni, D. F., Reis, L. S. D., Baitelle, D. C., Vieira, K. M., Meireles, R. C., Haddade, I. R., Verdin-Filho, A. C. (2017). Ácido naftalenoacético associado à adubação potássica na brotação de café conilon. *Coffee Science*, 12(2): 282-289.
- Berninger, F., Nikinmaa, E., Sievänen, R., Nygren, P. (2000). Modelling of reserve carbohydrate dynamics, regrowth and nodulation in a N₂-fixing tree managed by periodic prunings. *Plant, Cell & Environment*, 23(10): 1025-1040.
- Biserra, J. V. (1994). Rentabilidade da irrigação pública no Nordeste, sob condições de risco: o caso do perímetro Morada Nova. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 32(3), 289-303.
- Bliska, F. M. D. M., Vegro, C. L. R., Afonso Júnior, P. C., Mourão, E. A. B., Cardoso, C. H. S. (2009). Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. Trabalho completo, anais online, *VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Vitória - ES.
- Bote, A. D., 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: 24/06/2017.

- Brücková, K., Sytar, O., Živčák, M., Brestič, M., & Lebeda, A. (2016). The effect of growth conditions on flavonols and anthocyanins accumulation in green and red lettuce. *Journal of Central European Agriculture*, 17(4): 986-997.
- Buarque, C. (1991). *Avaliação econômica de projetos*. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 266p.
- Cartelat, A., Cerovic, Z., Goulas, Y., Meyer, S., Lelarge, C., Prioul, J.-L., Barbottin, A., Jeuffroy, M.-H., Gate, P., Agati, G. (2005). Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field crops research*, v. 91 (1): 35-49.
- Castro, E. M., Pereira, F. J., Paiva, R. (2009) *Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos*. 1 ed. Lavras: Editora da Ufla, 2009, 234p.
- Cavalcanti-Filho, P. F. M. *Silicato de potássio na aclimação de mudas de Coffea arabica L.* (2017). Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro _UENF, 66p.
- CEDAGRO – Centro de desenvolvimento do agronegócio (2017). *Coeficientes Técnicos e Custos de Produção na Agricultura do ES*. Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/coeficiente_planilhas_2017.php> Acesso em jul/2017.
- Climate-Data. (2018). *Dados climáticos para cidades mundiais*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/315832/>> Acesso em: 04/02/2018.
- Coll, J.B., Rodrigo, G.N., García, B.S., Tamés, R.S. (2001). *Fisiología vegetal*. Madrid: Ediciones Pirámide, p. 103-120.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2018). *Acomp. safra bras. café. Safra 2018. Primeiro Levantamento*. Brasília, 72p., vol. 5, n.1, jan. 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_24_17_34_27_cafe_janeiro2018.pdf> Acesso em: 04/02/2018.
- Contador, C. R. (1988). *Avaliação social de projetos*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 316p.
- Cortez, J. G. (2001) *Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba, Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiróz”, 71p.
- Coste, R (1955). *Les caféiers et les cafés dans le monde*. Paris: Larose, 365 p.
- Cunha, R. L., Pereira, S. P., Thomaziello, R. A., Ribeiro, M. F., Carvalho, V. L. (2008). *Índices e coeficientes técnicos utilizados nas podas para a*

renovação do cafeeiro. Informe Agropecuário. Planejamento e gerenciamento da cafeicultura, Belo Horizonte, 29(247): 64-73.

- DaMatta, F. M. (2004). Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*, 86(2-3), 99-114.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian journal of plant physiology*, 19(4): 485-510.
- 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.
- Debuisson, S., Germain, C., Garcia, O., Panigai, L., Moncomble, D., Le Moigne, M., Fadaili, E., Evain, S., Cerovic, Z. (2010). Using Multiplex® and Greenseeker™ to manage spatial variation of vine vigor in Champagne. *10th International Conference on Precision Agriculture*, Denver - Colorado.
- Demmig-Adams, B., Adams, W. W. L. (1992). Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual review of plant biology*, 43(1), 599-626.
- Dias, P. C., Araújo, W. L., Moraes, G. A. B. K. D., Pompelli, M. F., Batista, K. D., Caten, Â. T., DaMatta, F. M (2005). Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. *Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil*, 4, Londrina. Resumos Expandidos: Embrapa Café.
- Elfadl, M. A., Luukkanen, O. (2003) Effect of pruning on *Prosopis juliflora*: considerations for tropical dryland agroforestry. *Journal of Arid Environments*, 53: 441-455.
- Encalada-Cordova, M., Soto-Carreno, F., Morales-Guevara, D., Alvarez-Bello, I. (2016). Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultrop*, 37(4): 89-97.
- Fagundes, A.V., Garcia, A.W.R., Reis, R.P. (2007). Determinação da melhor época de esqueletamento em lavouras de café. In: *Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras*, 33. 2007, Lavras. Trabalhos apresentados. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, p.17-18.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Coffee Pocketbook 2015*. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4985e.pdf>>. Acesso em: 24/06/2017.
- Favarin, J. L., Neto, D. D., Garcia, A., Villa-Nova, N. A., Favarin, M. G. G. V. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(6): 769-773.

- Fazuoli, L. C., Sarruge, J. R., Camargo, P. N., Malavolta, E. (1967). Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro: uma possível causa do desfolhamento e secamento subterminal ("pescoço pelado" ou "pescoço de galinha"). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 24, 199-205.
- Fazuoli, L.C. Melhoria Genética do Cafeeiro *In: x reunião itinerante de fitossanidade do Instituto biológico – café*. MOCOCA, SP, 175p., 2004.
- Fernandes, A. L. T., Santinato, F., Santinato, R., Michelin, V. (2012). Condução das podas do cafeeiro irrigado por gotejamento cultivado no cerrado de Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera*, 8(15): 487-194.
- Fernandes, A. L. T., Tavares, T. D. O., Santinato, F., Ferreira, R. T., Santinato, R. (2016). Viabilidade técnica e econômica da irrigação localizada do cafeeiro, nas condições climáticas do Planalto de Araxá, MG. *Coffee Science*, 11(3): 347-358.
- Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fornazier, M. J., Prezotti, L. C., Fonseca, A. F. A., Alixandre, F. T., Costa, H., Rocha, A. C., Moreli, A. P., Martins, A. G., Riva-Souza, E. M., Araujo. J. B., Ventura, J. A., Castro, L. L. F., Guarçoni, R. C. (2008). *Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoração das lavouras no estado do Espírito Santo* (1ª edição). DCM - Incaper, Vitória - ES. Circular Técnica nº 05, 56 p.
- Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35 (6):1039-1042.
- Freitas, R. D., Oliveira, L. E. M. D., Delú-Filho, N., Soares, A. M. (2003). Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 27(4):804-810.
- García, A. Á., Carril, E. P.-U. (2011). Metabolismo secundário de plantas. *Reduca (Biología)*, 2 (3):119-145.
- Godoy, C. V. C., Gonçalves, D. M., Paulo, L., Mendonça, S., Ronchi, C. P. (2017). Alterações morfológicas da copa do cafeeiro arábica em resposta à variação do espaçamento na linha de plantio. *In: XIX Simpósio brasileiro de pesquisa em cafeicultura irrigada*, Araguari. Anais, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola - SBEA, 2017. 8p.
- Goes, R. J., Rodrigues, R. A. F., TakasU, A. T., Arf, O. (2013). Características agrônomicas e produtividade do milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(3): 250-259.
- Gomes, I. A. C, Castro, E. M., Soares, A. M., Alves, J. D., Alvarenga, M. I. A, Alves, E., Fries, D. D. (2008). Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv." Oeiras. *Ciência Rural*, 38(1):109-115.

- Gomes, R. F., Guerra, A. S., Assis, R. L., Pires, F. R. (2007). Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(5): 931-938.
- Gonçalves, M. A., Cocco, C., Vignolo, G. K., Picolotto, L., Antunes, L. E. C. (2014). Efeito da intensidade de poda na produção e qualidade de frutos de pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 36(3):742-747.
- Guerra, A. M. N. M., Ferreira, J. B. A., Vieira, T. S., Franco, J. R., Costa, A. C. M., Tavares, P. R. F. (2017). Avaliação da produtividade de grãos e de biomassa em dois híbridos de milho submetidos à duas condições de adubação no município de Santarém-PA. *Brazilian Journal of Sustainable Agriculture*, 7(4):20-27.
- Hertz, O.B. (1964). Risk analysis in capital investment. *Harvard Business Review*, 42(1):95-106.
- ICO - International Coffee Organization (2016). *Estatísticas*. Disponível em: < <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 24/06/2017.
- Iost, R. (2017). *Café arábica em experimento tipo FACE ('Free Air Carbon Dioxide Enrichment'): intensidade da ferrugem e do bicho-mineiro e crescimento da planta*. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de plantas) – Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, 75p.
- Japiassú, L. B., Garcia, A. L. A., Guimarães, R. J., Padilha, L., Carvalho, C. H. S. (2010). Ciclos de poda e adubação nitrogenada em lavouras cafeeiras conduzidas no sistema “safra zero”. *Coffee Science*, Lavras, 5(1):28-37.
- Kumar, M., Rawat, V., Rawat, J. M. S., Tomar, Y. K. (2010). Effect of pruning intensity on peach yield and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 125(3): 218-221.
- Livramento, D. E. (2010). Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: Reis, P. R., Cunha, R. L. *Café arábica: do plantio à colheita*. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. v.1. p.87-161.
- Mariño, Y. A. (2014). Resposta fotossintética de *Coffea arabica* a diferentes níveis de disponibilidade de luz e água. *Acta Agronómica*, 63(2): 128-135.
- Matiello, J. B., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R. (2009) *Como formar cafezais produtivos*. 1. ed. Varginha: Fundação Procafé, 150p.
- Matiello, J. B., Santinato, R., Fernandes, D. R. (1993). *Recuperação e renovação de cafezais. Mais produção, menor custo, maior renda*. Rio de Janeiro, 24p.
- Matiello, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R. (2002). *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. Rio de Janeiro: Procafé Foundation, 387p.

- Matiello, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., Fernandes, D. R. (2005). *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé. Varginha: Fundação Procafé.
- Matiello, J.B., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R. (2007). *A poda em cafezais*. Circular Técnico. Coffea - Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira. Fundação Procafé, 11, Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/publicacoes/pdf/revista/Coffea11.pdf>> Acesso em: 27/06/2017.
- Mello, N.T.C., Arruda, S.T. , Chabaribery, D. , Camargo, J.R.U., Ribeiro-Junior, D. *Proposta de nova metodologia de custo de produção do Instituto de Economia Agrícola*. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 12p, 1988.
- Mendes, A.N.G., Abrahão, E.J., Cambraia, J. F., Guimarães, R.J. (1995). *Recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro no sul de Minas*. Lavras: UFLA, 76p.
- Miguel, A. E., Matiello, J. B., Almeida, S. R. (1986). Espaçamento e condução do cafeeiro. *Cultura do cafeeiro: fatores que alteram a produtividade*. In: *Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato*. Piracicaba, p. 303-322.
- Miranda, E.M., Pereira, R. C. A., Bergo, C. L. (1999). Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras - MG, 23(1): 62-69.
- Nascimento, E. A., Oliveira, L. E. M., Castro, E. M., Delú, N., Mesquita, A. C., Vinicio Vieira, C. (2006). Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Ciência Rural*, 36(3): 852-857.
- Nebesny, E., Budryn, G. (2006). Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. *European Food Research Technology*, Berlin, 224(2):159-165.
- Neill, S. O., Gould, K. S. (2003). Anthocyanins in leaves: light attenuators or antioxidants? *Functional Plant Biology*, 30(8): 865-873.
- Noronha, J. F., Latapia, M. X. L. C. (1988). Custos de produção agrícola sob condições de risco no Estado de São Paulo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 26(3):123-131.
- Oliveira, A. C. B., Pereira, A. A. (2008). *Cultivares de café suscetíveis à ferrugem indicadas para plantio em Minas Gerais*. Circular técnica nº 33. EPAMIG - Belo Horizonte.
- Oliveira, E. G., Costa, T.E. (2002). *Manual de podas do cafeeiro*. Belo Horizonte: Bayer croppcience.

- Pereira, S. P., Baliza, D. P., Santos, M. O., Alves, J. D., Guimarães, R. J. (2013). Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. *Coffee Science*, Lavras, 8(4): 460-468.
- Pereira, S. P., Guimarães, R. J., Bartholo, G. F., Guimarães, P. T. G., Alves, J. D. (2007). Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. *Ciência e agrotecnologia*, 31(1): 643-649.
- Pereira, T. B., Baliza, D. P., Cunha, R. D. L., Guimarães, R. J., Gomes, R. A., Pereira, V. A. (2011). Teores de clorofila em cafeeiros submetidos a diferentes ambientes avaliados por dois métodos de determinação. *VII Simpósio De Pesquisa Dos Cafés Do Brasil*. Araxá-MG.
- Petrie, P.R., Trought, M.C.T., Howell, G.S., Buchan, G.D., Palmer, J.W. (2009). Whole-canopy gas exchange and light interception of vertically trained *Vitisvinifera* L: under direct and diffuse light. *Am. J. Enol. Vitic.* 60(1): 173–182.
- Pinheiro, H. A., DaMatta, F. M., Chaves, A. R., Loureiro, M. E., Ducatti, C. (2005). Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. *Annals of botany*, 96(1):101-108.
- Pinkard, E. A., Mohammed, C., Beadle, C. L., Hall, M. F., Worledge, D., & Mollon, A. (2004). Growth responses, physiology and decay associated with pruning plantation-grown *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. nitens* (Deane and Maiden) Maiden. *Forest Ecology and Management*, 200(1-3):263-277.
- Pino, F. A., Vegro, C. L. R. (2008). *Café um guia do apreciador*. 4. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 200p.
- Praxedes, S. C., DaMatta, F. M., Loureiro, M. E., Ferrao, M. A., Cordeiro, A. T. (2006). Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. kouillou) leaves. *Environmental and experimental botany*, 56(3): 263-273.
- Prezotti, L. C., Gomes, J. A., Dadalto, G. G., Oliveira, J. D. (2007). *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo*. 5. ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO. 305p.
- Queiroz-Voltan, R. B. Q., Fahl, J. J., Carelli, M. L. C. (1992). Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 4(2): 99-105
- Queiroz-Voltan, R. B., Cabral, L. P., Filho, O. P., Fazuoli, L. C. (2006). Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. *Bragantia*, Campinas, 65(3):433-440.
- Reis, P. R., Cunha, R. L. (2010). *Café arábica do plantio a colheita.*, 1, 1ª ed. Lavras: EPAMIG.

- Reis, R.P. (1999). *Como calcular o custo de produção*. Lavras: FAEPE, Lavras, MG.
- Rena, A. B., Nacif, A. P., Guimarães, P. T. G., Pereira, A. A. (1998). *Poda do cafeeiro: aspectos morfológicos, ecofisiológicos e agrônômicos*. Informe Agropecuário. EPAMIG, 19: 61-70.
- Rodrigues, L. B. V. (2016). *Propagação vegetativa e parâmetros fisiológicos de erva-baleeira sob diferentes condições de luminosidade*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia vegetal- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas- Rio Grande do Sul, 66p.
- Rodríguez-López, N. F., Martins, S. C., Cavatte, P. C., Silva, P. E., Moraes, L. E., Pereira, L. F., DaMatta, F. M. (2014). Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. *Environmental and experimental botany*, 102(1):1-10.
- Rossato, O. B., Andrade-Sanchez, P., Guerra, S. P. S., Crusciol, C. A. C. (2012). Sensores de reflectância e fluorescência na avaliação de teores de nitrogênio, produção de biomassa e produtividade do algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(8): 1133-1141.
- Scalco, M. S., Alvarenga, L. A., Guimarães, R. J., Colombo, A., Assis, G. A. (2011). Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. *Coffee Science*, 6(3): 193-202.
- Shirota, R., Silva, R. D.M., Lima, R.A.S, Neves, E. M. (1987). A técnica de simulação aplicada a avaliação econômica de matriz de duas linhagens de frango de corte. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 25(1): 213:228.
- Silva, A. C., Leonel, S., de Souza, A. P., Vasconcellos, M. A. D. S., Rodrigues, J. D., Ducatti, C. (2011). Alocação de fotoassimilados marcados e relação fonte-dreno em figueiras cv. Roxo de Valinhos. 1. Relação fonte e dreno. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(3): 409-418.
- Silva, C.A., Teodoro, R.E.F., Melo, B (2008). Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,43: 387-394.
- Silva, F. G., Dutra, W. F., Dutra, A. F., Oliveira, I. M., Filgueiras, L., Melo, A. S. (2015). Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 19(10):946–952.
- Silva, F. M., Silva, F. C., Silva, F. O., Silva, D. H. (2013). Viabilidade técnica e econômica da colheita mecanizada do café. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v.13(1): 98-101.

- Silva, L. M., Alquini, Y., Cavallet, V. J. (2005). Inter-relações entre anatomia vegetal e produção vegetal. *Acta Botânica Brasileira*, Porto Alegre, 19(1):183-194.
- Silva, V. A., Antunes, W. C., Guimarães, B. L. S., Paiva, R. M. C., de Fátima Silva, V., Ferrão, M. A. G., Loureiro, M. E. (2010). Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(5): 457-464.
- Silva, V. A., Rezende, J. C., Carvalho, A. M., Carvalho, G. R., Rezende, T. T., Ferreira, A. D. (2016). Recuperação de cultivares de café submetidas ao esqueletamento aos quatro anos e meio de idade. *Coffee Science*, Lavras, 11(1): 55-64.
- Sondahl, M. R., Lauritis, J. A. (1992). Coffee . In: Hammerschlag, F. A., Litz, R. E. (eds.). *Biotechnology of perennial fruit crops*. Cambridge, UK. C.A.B. International. p.401-420.
- Souza, A. L. K., Pereira, R. R., Camargo, S. S., Fisher, D. L. O., Schuch, M. W., Pasa, M. S., Schmitz, J. D. (2014). Produção e qualidade de frutos de mirtilheiros sob diferentes intensidades de poda. *Ciência Rural*, Santa Maria, 44(12): 2157-2163.
- Souza, F. F., Santos, J. C. F., Costa, J. N. M., Santos, M. M. (2004). *Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia*. Documentos 93. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 21 p.
- Souza, F. M., Lima, E. C. S., Sá, F. V. S., Souto, L. S., Araújo, J. E. S., Paiva, E. P. (2016). Doses de esterco de galinha e água disponível sob o desenvolvimento inicial do milho. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(5): 64-69.
- Taiz, L., Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. Tradução: Armando Molina Divan Junior... [et al.]. – 5. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2012, 918p.
- Tavares, T. D. O., Santinato, F., Silva, R. P. D., Voltarelli, M. A., Paixão, C. S. S., Santinato, R. (2015). Qualidade do recolhimento mecanizado do café. *Coffee Science*, 10(4): 455-463
- Thomaziello, R. A. (2013). *Uso da poda no cafeeiro: por que, quando e tipos utilizados*. Boletim técnico nº12: Condução da lavoura. Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-conducao-da-lavoura01.pdf>> Acesso em: 27/12/2017.
- Thomaziello, R. A., Fazuoli, L. C., Pezzopane, J. R. M., Fahl, J. I., Carelli, M. L. C. (2000). *Café arábica: cultura e técnicas de produção*. Campinas: Instituto Agrônomo. 86p.
- Thomaziello, R. A., Pereira, S.P. (2008). *Poda e condução do cafeeiro arábica*. Campinas: IAC, 39p.

- Toledo Filho, J.A., Oliveira, E.G., Costa, T.E., Thomaziello, R.A. (2000). *Poda e condução do cafeeiro*. CATI. Boletim técnico, 238. Campinas, SP: CATI, 35 p.
- Torres, N., Goicoechea, N. M., Antolín, C. (2015). Antioxidant properties of leaves from different accessions of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo after applying biotic and/or environmental modulator factors. *Industrial Crops and Products*, Amsterdam,76: 77-85.
- Tozzi, F. R. O., Ghini, R. (2016). Impact of increasing atmospheric concentration of carbon dioxide on coffee leaf rust and coffee plant growth. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 51(8): 933-941.
- Verdin Filho, A. C. Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com a poda programada de ciclo. 2011. 67p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. 2011.
- 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: 360 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, Guarapari – ES. Trabalhos apresentados. Guarapari, ES, p.350-351.
- 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). Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/sistemas/servicos/images/FOLDER_PODA_CAFE_CONILON.pdf> Acesso em: 27/12/2017.
- 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.
- Yin, D. D., Yuan, R. Y., Wu, Q., Li, S. S., Shao, S., Xu, Y. J., Wang, L. S. (2015). Assessment of flavonoids and volatile compounds in tea infusions of water lily flowers and their antioxidant activities. *Food chemistry*, 187: 20-28.

APÉNDICE

Tabela 1A – Resumo da análise de variância (ANOVA) da produtividade de grãos nos anos de 2015 (PG15), 2016 (PG16), 2017 (PG17), média da produtividade de grãos nos três anos (PGM), diâmetro de caule (DC), e altura de planta (AP) de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzido com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha (tratamento adicional).

Fonte de variação (FV)	GL	Quadrado médio (QM)					
		PG15	PG16	PG17	PGM	DC	AP
Bloco	3	200,58*	344,48*	134,61*	78,77*	3,61 ^{ns}	22,27 ^{ns}
Limpeza de ramos (LR)	1	14,95 ^{ns}	124,62 ^{ns}	91,94*	0,59 ^{ns}	0,83 ^{ns}	10,07 ^{ns}
Densidade de hastes (DH)	3	389,46**	315,60*	196,31**	272,65**	158,04**	316,84**
LR x DH	3	3,17 ^{ns}	80,19 ^{ns}	20,50 ^{ns}	19,43 ^{ns}	2,63 ^{ns}	33,92 ^{ns}
Adicional x Fatorial	1	764,57**	376,28*	183,97*	404,72**	255,27**	1021,86**
Resíduo	24	45,08	87,45	27,64	22,61	2,24	42,40
Média Geral	-	36,61	41,01	16,20	31,27	33,06	163,28
CV (%)	-	18,34	22,8	32,45	24,53	4,53	3,96

**,* significativo em 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; e ns não significativo, pelo teste F.
GL: Grau de liberdade.

Tabela 1B – Resumo da análise de variância (ANOVA) do número de rosetas por ramo plagiotrópico (NRRP), do comprimento de ramo plagiotrópico (CRP), do diâmetro de copa (DCOPA), do índice de clorofila total (SFR-G e SFR-R) e do índice de flavonoides (FLAV) em *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzido com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha (tratamento adicional). Índice de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), antocianina (ANT-RG e ANT-RB)

Fonte de variação (FV)	GL	Quadrado médio (QM)					
		NRRP	CRP	DCOPA	SRF_G	SRF_R	FLAV
Bloco	3	1,09 ^{ns}	48,24 ^{**}	193,05 ^{**}	0,091 ^{**}	0,055 ^{**}	0,005 ^{ns}
Posição de coleta (PC)	1	67,34 ^{**}	45739,84 ^{**}	182951,88 ^{**}	0,549 ^{**}	0,069 ^{**}	0,002 ^{ns}
Limpeza de ramos (LR)	1	2,75 ^{ns}	796,01 ^{**}	3183,64 ^{**}	0,032 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Densidade de hastes (DH)	3	1,95 ^{ns}	19,22 ^{**}	76,82 ^{**}	0,001 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,016 ^{ns}
PC x LR	1	1,75 ^{ns}	902,33 ^{**}	3610,36 ^{**}	0,047 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,007 ^{ns}
PC x DH	3	3,33 [*]	16,90 ^{**}	107,58 ^{**}	0,006 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,015 ^{ns}
LR x DH	3	0,47 ^{ns}	3,55 ^{ns}	14,17 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,014 ^{ns}
PC x LR x DH	3	0,45 ^{ns}	5,30 ^{ns}	21,21 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Adicional Superior x Fatorial	1	17,45 ^{**}	3392,29 ^{**}	13569,11 ^{**}	0,269 ^{**}	0,077 ^{**}	0,08 [*]
Adicional Inferior x Fatorial	1	34,26 ^{**}	4529,66 ^{**}	18114,79 ^{**}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,291 ^{**}
Resíduo	48	0,98	7,62	30,47	0,018	0,009	0,01
Média Geral	-	8,98	48,42	96,84	3,05	2,75	1,47
CV (%)	-	11,59	5,62	6,52	5,24	4,36	11,82

^{**}, ^{*} significativo em 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade.

Tabela 1C – Resumo da análise de variância (ANOVA) do índice de antocianina (ANT-RG e ANT-RB), de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), de clorofila total (SPAD) e da taxa fotossintética líquida (Photo) de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' conduzido com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha (tratamento adicional).

Fonte de variação (FV)	GL	Quadrado médio (QM)					
		ANTHR_G	ANTHR_B	NBI_G	NBI_R	SPAD	Photo
Bloco	3	0,00009**	0,00033 ^{ns}	0,00399 ^{ns}	0,00337 ^{ns}	8,037 ^{ns}	0,833 ^{ns}
Posição de coleta (PC)	1	0,00001 ^{ns}	0,00023 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	348,47**	0,803 ^{ns}
Limpeza de ramos (LR)	1	0,00001 ^{ns}	0,00022 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	10,97 ^{ns}	0,159 ^{ns}
Densidade de hastes (DH)	3	0,00005 ^{ns}	0,00067 ^{ns}	0,01689 ^{ns}	0,01572 ^{ns}	16,07 ^{ns}	10,917 ^{ns}
PC x LR	1	0,00013 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00035 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,431 ^{ns}
PC x DH	3	0,00019 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,00834 ^{ns}	0,00684 ^{ns}	1,26 ^{ns}	1,981**
LR x DH	3	0,00009 ^{ns}	0,00026 ^{ns}	0,00374 ^{ns}	0,00281 ^{ns}	23,12 ^{ns}	0,187 ^{ns}
PC x LR x DH	3	0,00001 ^{ns}	0,00033 ^{ns}	0,00496 ^{ns}	0,00456 ^{ns}	0,502 ^{ns}	9,784**
Adicional Superior x Fatorial	1	0,00173**	0,00601**	0,06470**	0,06195**	205,53**	24,573**
Adicional Inferior x Fatorial	1	0,00098**	0,00605**	0,39498**	0,37170**	285,12**	3,804**
Resíduo	48	0,00009	0,00027	0,00797	0,00797	12,860	0,46
Média Geral	-	-0,496	-0,650	0,90	0,87	64,91	5,58
CV (%)	-	3,46	6,21	9,38	11,45	5,38	12,11

** , * significativo em 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade.

Tabela 1D – Resumo da análise de variância (ANOVA) da condutância estomática (Cond), da concentração interna de CO₂ (Ci), da transpiração foliar (Trmmol), do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico (Vpld), e da temperatura da folha (Ctleaf) de *Coffea arabica* L. ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ conduzido com a poda programada de ciclo e com a poda tradicional na testemunha (tratamento adicional).

Fonte de variação (FV)	GL	Quadrado médio (QM)				
		Cond	Ci	Trmmol	Vpld	Ctleaf
Bloco	3	0,00020 ^{ns}	364,52 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,0060 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Posição de coleta (PC)	1	0,00562 ^{**}	50673,95 ^{**}	1,873 ^{**}	0,0010 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Limpeza de ramos (LR)	1	0,00006 ^{ns}	2106,92 ^{ns}	0,047 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Densidade de hastes (DH)	3	0,00088 ^{ns}	1208,13 ^{ns}	0,365 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,02 ^{ns}
PC x LR	1	0,00001 ^{ns}	3,80 ^{ns}	0,376 ^{ns}	0,0064 ^{ns}	0,35 ^{ns}
PC x DH	3	0,00178 ^{ns}	2549,94 ^{**}	0,476 [*]	0,0212 ^{ns}	0,49 ^{ns}
LR x DH	3	0,00062 ^{ns}	1163,63 ^{**}	0,291 [*]	0,0135 ^{ns}	0,56 ^{ns}
PC x LR x DH	3	0,00232 ^{**}	738,81 ^{**}	0,943 ^{**}	0,0104 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Adicional Superior x Fatorial	1	0,00048 [*]	6548,22 ^{**}	0,675 [*]	0,0003 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Adicional Inferior x Fatorial	1	0,00048 [*]	3596,14 ^{**}	0,733 [*]	0,0002 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo	48	0,00018	167,82	0,103	0,0280	0,237
Média Geral	-	0,07	246,29	1,39	2,03	29,66
CV (%)	-	9,45	10,23	11,75	7,98	13,87

^{**}, ^{*} significativo em 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade.