

BÁRBARA CRISTINA DE MELO BORDIN

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DO CAFEIEIRO
SUBMETIDO A DIFERENTES ÉPOCAS E MÉTODOS DE COLHEITA NO
CERRADO MINEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Cláudio Pagotto Ronchi

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da
Universidade Federal de Viçosa
- Campus Florestal**

T

B727r
2020

Bordin, Bárbara Cristina de Melo, 1993-

Respostas morfofisiológicas e produtivas do cafeeiro submetido a diferentes épocas e métodos de colheita na região do cerrado mineiro / Bárbara Cristina de Melo Bordin. – Florestal, MG, 2020.

80 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Cláudio Pagotto Ronchi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.75-80.

1. *Coffea arabica*. 2. Fisiologia da produção. 3. Produção do café. 4. Café arábica. 5. Café do cerrado. I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários. II. Título.

633.73

BÁRBARA CRISTINA DE MELO BORDIN

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DO CAFEIEIRO
SUBMETIDO A DIFERENTES ÉPOCAS E MÉTODOS DE COLHEITA NO
CERRADO MINEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de setembro de 2020.

Assentimento:

Bárbara Cristina de Melo Bordin
Autora

Cláudio Pagotto Ronchi
Orientador

A Deus, acima de tudo.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora, por sempre me protegerem e me guiarem.

À minha mãe, Elane, por sempre estar ao meu lado, apoiando e ajudando no que for preciso.

Ao meu pai, Humberto, pelos conselhos e apoio técnico na cafeicultura que carrega no sangue.

A todos os meus familiares, meu coração transborda gratidão em lembrar das inúmeras ajudas que recebi, esse título é nosso!

Ao Rafael, meu namorado, que sempre apoiou minhas decisões e encarou meus desafios!

À Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Prof. Cláudio Pagotto Ronchi, pelo apoio, competência, orientação profissional e por sempre estar disponível a ajudar durante este processo.

Ao meu parceiro de mestrado, Alisson Campos, por estar presente em todas as etapas, sendo meu parceiro e excelente profissional.

Ao Hélio Carneiro Júnior, proprietário da Fazenda Platô Azul Café do Cerrado, pela concessão dos campos experimentais e assistência logística durante a execução da pesquisa.

Ao Engenheiro Agrônomo Aldair José Ribeiro pelo apoio, pelas orientações técnicas, por sempre estar disponível a solucionar todas as necessidades para que o projeto fosse executado com excelência, desde a sua idealização.

A todos os funcionários da fazenda Platô Azul, que nunca hesitaram em ajudar e foram essenciais, em especial, ao José Ivani, Thiago, Marcos, Zezinho e à turma do Pezão.

Aos meus amigos Alisson, Dhanya, Felipe, Jeane, Luan e Luiz pela disponibilidade e assistência em ajudar no laboratório e, também, no campo experimental em Tiros-MG.

À Anna, Caio, Isadora, Júlia, Jéssica, Mahayanna, Rafael e Rosiane, a ajuda de vocês foi de extrema importância para que eu conseguisse sempre finalizar em tempo hábil as intermináveis repartições de frutos. Sem vocês não seria possível!

À Anna e Isadora, minhas amigas e companheiras de república, obrigada pela amizade, companheirismo e por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos!

Aos funcionários da Piscicultura e da Horta, Gerônimo, Alcides e Sr. Jair, pelo carinho e amizade.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários que contribuíram para minha formação.

De forma geral, a todos que em algum momento estiveram presentes me ajudando direta ou indiretamente nesta etapa! Sou muito grata!

Quero finalizar agradecendo mais uma vez a Deus, pois durante o mestrado encontrei muitos desafios e dificuldades, mas ganhei muita experiência não só profissional, mas também pessoal! Valeu muito à pena!

BIOGRAFIA

Bárbara Cristina de Melo Bordin, nasceu em Belo Horizonte – MG, Brasil, em 28 de outubro de 1993. Filha de Humberto Bordin e Elane Beatriz Alves. Em dezembro de 2011 concluiu o ensino médio pela Escola Estadual Maurício Murgel em Belo Horizonte – MG; em novembro de 2012 finalizou o curso Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Belo Horizonte; em janeiro de 2018 colou grau no curso de Agronomia, pela Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*. Em março de 2018 ingressou no curso de Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, na Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*.

“No fim tudo dá certo, e se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim.” Fernando Sabino

RESUMO

BORDIN, Bárbara Cristina de Melo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2020. **Respostas morfofisiológicas e produtivas do cafeeiro submetido a diferentes épocas e métodos de colheita no Cerrado Mineiro.** Orientador: Cláudio Pagotto Ronchi.

A colheita é uma operação complexa e importante na lavoura cafeeira e que pode ser considerada um fator de estresse à planta. Objetivou-se neste trabalho quantificar as respostas morfofisiológicas e produtivas do cafeeiro submetido a diferentes épocas e métodos de colheita na Região do Cerrado Mineiro. Foram conduzidos dois experimentos, ambos em lavouras comerciais da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. O primeiro experimento foi realizado em uma lavoura de terceira safra sendo testadas as épocas de colheita precoce, adequada e tardia, definidas com base na porcentagem de frutos no estágio verde, cereja e passa/seco, respectivamente. O segundo experimento foi conduzido em uma lavoura de primeira colheita, e, além das épocas de colheita, foram testados os métodos de colheita manual e mecanizado. Foi possível constatar que colheitas realizadas tardiamente, tanto em lavouras de 1ª ou 3ª safras (lavouras novas), resultaram em menor volume de café por planta na mesma safra e também na safra do ano seguinte. Frutos colhidos próximos à colheita tardia apresentaram menor massa de matéria seca nas sementes e acréscimo no pergaminho em comparação àqueles colhidos próximos as épocas de colheita precoce e adequada. Com a facilidade no desprendimento dos frutos, a colheita tardia ocasionou menor desprendimento de folhas e quebra de ramos no momento da colheita. No entanto, o intervalo entre a colheita e a florada foi curto, o que concorreu para o atraso no desenvolvimento das estruturas florais e para queda da quantidade em relação às plantas que foram colhidas precocemente. Plantas colhidas tardiamente apresentaram, na estação de crescimento seguinte, maior número de nós nos ramos ortotrópico e plagiotrópico, além de maior área foliar. Na safra seguinte, plantas que foram colhidas tardiamente apresentaram menor volume de café por planta, queda no percentual de peneiras 18/17, melhor rendimento, mas queda significativa na produtividade total (árvore + chão). Colheitas precoces penalizaram parcialmente o rendimento e renda na safra seguinte, no entanto, permitiram que as plantas reequilibrassem precocemente, com reflexos positivos no florescimento e, conseqüentemente, na produtividade da safra seguinte. Em função das colheitas precoces realizadas em 2018, colheitas também precoces realizadas em 2019 apresentaram produtividade 67% superior às colheitas realizadas tardiamente, em ano considerado de safra baixa. Apesar da colheita manual causar menos danos (desprendimento de folhas e

quebra de ramos) e apresentar plantas com maior área foliar, não houve diferença entre os métodos na produtividade total da lavoura em 2019. Os resultados indicaram, que o fruto de café como um todo (mas não a semente) parece manter a atividade de órgão-dreno nos estágios finais da maturação. Colheita tardia atrasa o aparecimento das gemas e reduz fortemente o número de frutos por roseta em comparação a colheitas precoces ou adequadas. Colheitas precoce ou na época adequada, em lavouras jovens de safra alta, resultam em maiores produtividades na safra seguinte se comparadas à colheita tardia. Os danos às plantas de café foram maiores no método de colheita manual em comparação ao mecanizado. A produtividade da safra seguinte não foi afetada pelos métodos de colheita empregados no ano anterior em lavouras de primeira safra.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Crescimento. Fisiologia da produção. Relação fonte: dreno.

ABSTRACT

BORDIN, Bárbara Cristina de Melo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2020. **Morphophysiological and productive responses of coffee plants submitted to different seasons and harvesting methods in the Cerrado Mineiro.** Adviser: Cláudio Pagotto Ronchi.

Harvesting is a complex and important operation in coffee plantations and can be considered a stress factor for the crops. The objective of this work was to quantify the morphophysiological and productive responses of coffee crops submitted to different harvesting seasons and methods in the Brazilian Cerrado Mineiro region. Two experiments were carried out in commercial crops of the cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. The first experiment was carried out in a third yield field, evaluating the early, adequate and late harvest times, defined based on the percentage of fruits in the green, cherry and raisin/dry stages, respectively. The second experiment was carried out in a first harvest field and, in addition to the harvesting seasons, manual and mechanized harvesting methods were tested. It was verified that harvests carried out late, both in 1st or 3rd yield fields (new crops), resulted in a lower volume of coffee per plant of the same yield and also in the following year. Harvested fruits close to the late yield showed less dry matter in the seeds and increased parchment compared to those harvested close to the early and adequate yields. With the ease in detaching the fruits, the late harvest caused less releasing of leaves and breaking of branches at the time of harvest. However, the interval between harvest and flowering was short, which contributed to the delay in the development of floral structures and the decrease in quantity compared to plants belonging to the early yield. Plants harvested late aggregated, in the next growing season, more nodes in the orthotropic and plagiotropic branches, in addition to a greater leaf area. In the following harvest, plants that were harvested late showed smaller volume of coffee per plant, drop in the percentage of sieves 18/17 and better yield, but decrease in total productivity (tree + ground). Early harvests partially penalized the yield and income in the next harvest, however, they allowed the plants to precece rebalance, with positive effects on flowering and, consequently, on the productivity of the next harvesting season. Due to the precocious harvests carried out in 2018, also precocious harvests in 2019 showed productivity 67% higher than late harvests, in a year considered to be of low productivity. Although manual harvesting causes less damage (releasing of leaves and breaking of branches) and presents plants with a larger leaf area, there was no difference between the methods in total crop productivity in 2019. The results indicated that the coffee fruit as a whole (except for the seed) appears to maintain organ-drain activity in

the final stages of maturation. Late harvest delays the appearance of the buds and strongly reduces the number of fruits per rosette compared to early or high harvests. Harvesting early or at the appropriate time, in young crops with high yields, results in higher productivity in the next harvest if compared to late harvesting. The damage to coffee plants was greater in the manual harvesting method than the mechanized one. The productivity of the following harvest was not affected by the harvest methods used in the previous year in crops of the first yield.

Keywords: *Coffea Arabica*. Growth. Production physiology. Source: drain. Relationship

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagens aéreas da lavoura-2013 (A) e da lavoura-2015 (B) onde foram realizados os experimentos na fazenda Platô Azul, município de Tiros-MG. As áreas experimentais são as áreas cinzas, delimitadas por linhas amarelas. A área experimental da lavoura-2013 foi de 0,1665 ha e a da lavoura-2015 de 0,2405 ha.

Figura 2: Dados de precipitação e de temperaturas mínima, média e máxima mensais na fazenda Platô Azul, no triênio 2017-2018-2019.

Figura 3: Dinâmica da porcentagem dos estádios de maturação amostrados entre os meses de maio e agosto, em 2018 (esquerda) e em 2019 (direita), na lavoura-2013 (A e B) e na lavoura-2015 (C e D).

Figura 4: Porcentagem dos estádios de maturação dos frutos em cada época de colheita (precoce, adequada e tardia), em 2018 (esquerda) e em 2019 (direita), na lavoura-2013 (A e B) e na lavoura-2015 (C e D). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n = oito repetições).

Figura 5: Café de árvore - Volume de café da “roça” por planta (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) da lavoura-2013 nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita), em função de três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 6: Café de varrição - Volume de café da “roça” (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) da lavoura-2013 nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita), em função de três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 7: Produtividade total (árvore + varrição) da lavoura-2013 nas safras 2018 (A) e 2019 (B) em função de três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 8: Volume de café da “roça” por planta (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) do café de árvore na lavoura-2015 mecanizada (coluna preta) e 2015 manual (coluna cinza), em função de três épocas de colheita, nas safras 2018

(esquerda) e 2019 (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Figura 9: Figura 9: Volume de café da “roça” por planta (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) do café de varrição na lavoura-2015 mecanizada (coluna preta) e 2015 manual (coluna cinza), em função de três épocas de colheita, nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Figura 10: Figura 10: Produtividade total (café da planta + café do chão) na lavoura-2015 colhida de forma mecanizada (coluna preta) ou manual (coluna cinza), em função de três épocas de colheita, nas safras 2018 (A) e 2019 (B). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Figura 11: Porcentagem dos grãos de café categorizados por peneiras em função das épocas de colheita na lavoura-2013 (A e B) e na lavoura-2015 (C e D), nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável (peneira), barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 12: Porcentagem dos grãos de café categorizados por peneiras em função das épocas de colheita na lavoura-2013, nas safras 2018 (A) e 2019 (B). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável (peneira), barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 13: Porcentagem de grãos de café de varrição categorizados por peneiras em função das épocas de colheita na lavoura-2015 mecanizada (esquerda) e manual (direita), na safra de 2019. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Figura 14: Número de nós nos ramos ortotrópico (A) e plagiotrópico (B), diâmetro médio da copa (C) e área foliar por ramo (D) em plantas da lavoura-2013, avaliados em diversas épocas durante o período experimental, em função das três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n=oitto repetições). Para cada variável e época de avaliação, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 15: Número de nós nos ramos ortotrópico (A) e plagiotrópico (C), diâmetro médio da copa (E) e área foliar por ramo (G) em plantas da lavoura-2015, avaliados em diversas épocas durante o período experimental, em função das três épocas de colheita (esquerda) e métodos de colheita (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n=oitto repetições). Para cada variável e época de avaliação, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Figura 16: Quantidade total de estruturas reprodutivas (gemas entre os estádios E1 a E5 e chumbinhos) por roseta entre 12/09/2018 e 21/11/2018 na lavoura-2013 (A) e na lavoura-2015 (B), em função das épocas e, ou, métodos de colheita. Cada ponto no gráfico refere-se à média \pm erro padrão da média (n = oito repetições). A florada principal ocorreu em 13 de outubro na lavoura-2013 e em 25 de setembro na lavoura-2015.

Figura 17: Percentual de estruturas florais (E1, E2, E3, E4 e E5) e de chumbinhos por roseta, durante quatro contagens realizadas em 12/09/2018 (A), 08/10/2018 (B), 30/10/2018 (C) e 21/11/2018 (D), na lavoura-2013. As barras representam as médias \pm erro padrão da média. Para cada variável (estádios), barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$). Resultados das contagens posteriores a 21/11 não foram apresentados, pois 100% das estruturas eram chumbinhos, em todos os tratamentos.

Figura 18: Percentual de estruturas florais (E1, E2, E3, E4, E5) e chumbinhos por roseta em plantas da lavoura-2015, durante quatro contagens realizadas em 12/09/2018 (A), 08/10/2018 (C), 30/10/2018 (E) e 21/11/2018 (G), em função das três épocas de colheita (esquerda) e métodos de colheita (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n=oitto repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey para épocas de colheita ($p>0,05$).

Figura 19: Número de frutos por roseta imediatamente antes da colheita em 2019, em função de três épocas de colheita aplicadas em 2018 na lavoura-2013 (A) e na lavoura-

2015 (B). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n=oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey para épocas de colheita ($p>0,05$).

Figura 20: Matéria fresca (A e B), volume (C e D) e teor de água (E e F) dos frutos de café na lavoura-2013 (esquerda) e na lavoura-2015 (direita), em função de três épocas de colheita, avaliados em várias épocas pós a florada principal ocorrida em 2018 (15 de outubro - lavoura-2013 e 25 de setembro – lavoura-2015). A dispersão refere-se à média \pm erro padrão da média (n= oito repetições na lavoura-2013 e 16 repetições na lavoura-2015).

Figura 21: Crescimento absoluto e partição de massa de matéria seca entre as partes constituintes dos frutos coletados na lavoura-2013, a partir de 104 dias após a florada principal até o momento das colheitas precoce (A), adequada (B) e tardia (C). Os pontos no gráfico referem-se à média \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Ressalta-se que foram coletados todos os frutos de quatro rosetas aleatórias nos ramos com carga pendente.

Figura 22: Crescimento absoluto e partição de matéria seca das partes constituintes dos frutos coletados na lavoura-2015, a partir de 125 após a florada até o momento das colheitas precoce (A), adequada (B) e tardia (C). Os pontos no gráfico referem-se à média \pm erro padrão da média (n= 16 repetições). Ressalta-se que foram coletados todos os frutos de quatro rosetas aleatórias nos ramos com carga pendente.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação química do solo das áreas experimentais na Fazenda Platô Azul.

Tabela 2: Datas das épocas de colheita (tratamentos) definidos com base nas amostragens do grau de maturação dos frutos na pré-colheita em 2018 e em 2019.

Tabela 3: Danos causados pela colheita mecanizada realizada nas épocas precoce, adequada e tardia, em 2018 e 2019, na lavoura-2013.

Tabela 4: Danos (desfolha e quebra de ramos) causados pelas colheitas mecanizada e manual, realizadas nas épocas precoce, adequada e tardia, em 2018 e 2019, na lavoura-2015.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Condições de cultivo	24
3.2. Tratamentos e delineamento experimental	26
3.3. Avaliações	28
3.3.1. Avaliações na colheita	28
3.3.1.1 Danos na colheita	28
3.3.1.2 Uniformidade de maturação dos frutos	28
3.3.1.3 Caracterização dos frutos na colheita	28
3.3.1.4. Produção e análise física	29
3.3.2. Quantificação do crescimento vegetativo	29
3.3.3. Floradas	30
3.3.4. Curva de crescimento dos frutos	30
3.4 Análise estatística	31
4. RESULTADOS	32
4.1 Precipitação e temperatura	32
4.2 Graus de maturação dos frutos	33
4.2.1. Monitoramento na pré-colheita	33
4.2.2. Graus de maturação na colheita	35
4.4 Produção e produtividade	37
4.4.1. Lavoura-2013	37
4.4.1.1 Café de árvore	37
4.4.1.2 Café de varrição	39
4.4.1.3. Produtividade (árvore + varrição)	41
4.4.2. Lavoura-2015	42
4.4.2.1 Café de árvore	42
4.4.2.2 Café de varrição	45
4.4.2.3. Produtividade (árvore + varrição)	48
4.3. Análise física	49
4.3.1 Café de árvore	49
4.3.1 Café de varrição	50
4.4 Danos na colheita	52
4.5 Crescimento vegetativo	53
4.6 Intensidade de Floração	57

4.7 Curva de crescimento dos frutos	61
5. DISCUSSÕES	74
6. CONCLUSÕES	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	75

1. INTRODUÇÃO

O café é um membro da família Rubiaceae e do gênero *Coffea* que, apesar de abranger mais de 124 espécies botânicas conhecidas, apenas duas tem elevada importância econômica: *Coffea arabica* L. (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre (café robusta) (DAVIES et al., 2011). Juntas, essas duas espécies correspondem, respectivamente, por cerca de 70% e 30% do café comercializado no mundo (CONAB, 2019). Para o café arábica, a produção nacional da safra 2019 foi de 34,3 milhões de sacas beneficiadas, o que representa um decréscimo, em ano de bienalidade baixa, de 27,8% da produção de café em relação à safra anterior. Em Minas Gerais, principal estado produtor, a Região do Cerrado (Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste) alcançou 4,59 milhões de sacas beneficiadas, o que representou cerca de 18,2% do café arábica mineiro e 13,3% da produção de café arábica nacional (CONAB, 2019).

A colheita é uma operação complexa e importante na lavoura cafeeira (MATIELLO et al., 2016). No Brasil, a colheita é realizada, geralmente, de março a outubro, mas concentra-se de maio a agosto, período em que ultrapassa 90% do total (CONAB, 2019). A época de colheita do café, numa determinada microrregião, resulta da interação de diversos fatores, como altitude, latitude e clima, que influenciam diretamente na floração, crescimento e maturação dos frutos (PIMENTA, 2003), além dos componentes genéticos, já que a variedade e linhagem interagem com o ambiente de forma significativa (CARVALHO et al., 1991; FERNANDES et al., 2012). As condições do clima não só determinam o período de maturação (CORTEZ, 2011; BORDIN et al., 2019), mas também a eficiência do processo de colheita (MARTINS et al., 2015), podendo influenciar diretamente na qualidade (BORÉM, 2008) e quantidade de café colhido na safra corrente e na safra do ano seguinte (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997; MARTINS et al., 2015).

Um dos fatores naturais que mais influenciam diretamente na colheita e, conseqüentemente, na produtividade, é a bienalidade de produção, caracterizada pela variação de anos com alta e baixa produções (CARVALHO et al., 2004). Do ponto de vista fisiológico, existe dificuldade para o cafeeiro associar alta produção de frutos, vigor vegetativo e longevidade produtiva, pois os fotoassimilados produzidos pelas folhas e, em menor extensão, aqueles armazenados nos caules, não são suficientes para assegurar o pleno desenvolvimento dos frutos e o crescimento vegetativo (CARVALHO et al., 2005; CHAVES et al., 2012; BOTE & JAN, 2016). A partir disso, a competição é imposta para o desenvolvimento dos frutos em detrimento dos órgãos vegetativos (CANNELL,

1970; DaMATTA et al., 2007). Nos anos de carga pendente alta, a planta direciona a produção de fotoassimilados para a formação dos frutos, enquanto nos anos de baixa produtividade, os fotoassimilados são direcionados à renovação da área foliar. Assim, novamente a planta terá condições adequadas para outra alta carga de frutos no ciclo subsequente de produção (CANNELL, 1971; PICINI, 1998; DaMATTA & RENA, 2002).

A forte influência dos frutos em desenvolvimento sobre a razão fonte:dreno afeta negativamente o crescimento vegetativo do cafeeiro (CASTRO, 2002; AMARAL et al., 2006; CUNHA et al., 2007; BOTE & JAN, 2016). A partir disso, a curva de crescimento do fruto pode auxiliar no estabelecimento de índices de maturidade, possibilitando, assim, a determinação do ponto ótimo de colheita, onde o fruto atinge maior ganho de massa, liberando a planta do dreno por parte dos frutos (COOMBE, 1976; FERNANDES et al., 2017). A partição de matéria seca para os frutos pode ser até quatro vezes maior que aquela destinada ao crescimento do ramo ao longo do ciclo anual de produção (CANNELL, 1971a, b; CARVALHO et al., 1993; VAAST et al., 2005).

Quando a maturidade fisiológica é alcançada, os frutos parecem continuar acumulando matéria seca, enquanto a semente pode perder matéria seca durante o tempo que permanece ligada à planta (EIRA et al., 2006). Esse fato pode ser explicado pela interrupção da translocação de fotoassimilados do fruto para a semente, além do consumo de substrato necessário para a respiração durante os estágios plenamente maduros (EIRA et al., 2006). De fato, ao se analisar os diversos trabalhos que estabeleceram curvas de crescimento de frutos de café (CANNELL, 1974; CASTRO, 2002; EIRA et al., 2006; LAVIOLA et al., 2007; FERNANDES et al., 2017), que foram encerradas (no último ponto de coleta) quando os frutos estavam no estágio cereja (ponto ideal de colheita), percebe-se, em muitos deles, que o acúmulo de matéria seca do fruto como um todo ainda não havia se estabilizado. Assim, apesar dessa hipótese carecer de mais evidências científicas, é plausível sugerir que o fruto, mas não a semente, ainda persiste como um dreno na planta de café após o estágio cereja, ou pelo menos, após o início da fase cereja.

A produção elevada de frutos pode, portanto, interferir na emissão de ramos laterais de segunda ordem, limitar a quantidade de meristemas axilares (CLOWES & WILSON, 1977; CANNELL, 1985; CASTRO, 2002) e atrasar a diferenciação das estruturas florais (WORMER & GITUANJA, 1970; JACKSON & SWEET, 1972; CASTRO, 2002). As iniciações florais e, posteriormente, as flores, desenvolvem-se com as primeiras chuvas na primavera, entretanto, essa fase fisiologicamente ativa depende

das atividades fisiológicas da planta no inverno (MALAVOLTA et al., 2002). Uma carga elevada de frutos pode acarretar, então, no depauperamento da planta, afetando a estação de crescimento ativo posterior (DaMATTA, 2004), que em última instância pode afetar a produtividade da safra seguinte. Considerando que frutos atuam como fortes drenos (CANNELL, 1971a, 1971b; CARVALHO, 2005; VAAST et al., 2005; BOTE & JAN, 2016), é plausível assumir que esse efeito pode ser prolongado quanto maior for o tempo de permanência do café na planta, até que seja realizada a colheita.

Além dos possíveis danos causados à planta pela presença de uma alta carga de frutos, a colheita, seja ela manual ou mecanizada, pode ser considerada um fator de estresse à planta. Na cafeicultura da Região do Cerrado Mineiro, a mecanização é uma prática recorrente, devido à presença de áreas relativamente planas (ORTEGA & JESUS, 2011; FERNANDES et al., 2012), contudo, a colheita manual ainda está presente nas lavouras, seja nas de primeiras safras ou no repasse da colheita. Considerando que a desfolha é um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação de colhedoras (BÁRTHOLO & GUIMARÃES, 1997) e que a manutenção da área foliar do cafeeiro é determinante para a subsequente abertura floral, vingamento de flores, pegamento e crescimento dos frutos (BARROS et al., 1982; 1999; CANNELL, 1971a, 1971b), o impacto diferencial dos métodos de colheita (manual *vs* mecanizado) é de grande relevância agronômica.

A colheita mecanizada, quando mal conduzida, ocasiona danos superiores à colheita manual, uma vez que o aumento da desfolha é proporcional ao aumento da vibração das hastes (OLIVEIRA et al., 2007; SANTINATO et al., 2014). Por outro lado, o ajuste adequado de frequência e amplitude de vibração das hastes das colhedoras pode levar a uma melhor eficiência de colheita, além de promover menores danos às plantas que a colheita manual (SANTINATO et al., 2015; CUNHA et al., 2016; FERREIRA JÚNIOR et al., 2016). Em lavouras de primeira safra, no entanto, constatou-se que a colheita mecanizada só deve ser realizada utilizando-se colhedoras adaptadas, pois há indícios de que pode ocorrer a quebra de ramos plagiotrópicos e apresentar perdas por café caído maiores do que em lavouras adultas (MATIELLO et al., 2010; SANTINATO et al., 2015). Como se pode inferir, esse é ainda um tema de grande discussão na cafeicultura mecanizada, sobretudo nas lavouras de primeiras safras.

Diante do exposto, é razoável pensar que a antecipação da colheita pode contribuir para um maior período pós-colheita, necessário para que o cafeeiro se recupere, pelo menos em parte, dos estresses físicos causados pela colheita do café, seja ela manual ou

mecanizada. Entretanto, nem sempre a colheita pode ser realizada nem mesmo no momento adequado, no qual se otimizaria a proporção entre estádios de maturação para se obter a melhor qualidade do café, maior eficiência e rapidez de colheita, sem perdas no rendimento pela colheita de grãos verdes não granados. O que comumente ocorrem são atrasos na colheita, por inúmeras razões, como questões operacionais das fazendas (grandes áreas, escassez de mão-de-obra ou de colhedoras, deficiência na infraestrutura de processamento e secagem), por problemas climáticos (ocorrência de chuvas durante o período de colheita) e ainda por questões fisiológicas (como a desuniformidade de maturação dos frutos, com presença de alta percentagem de grãos verdes). Esse atraso na colheita do café da árvore poderia então estreitar ainda mais a relação fonte: dreno no período final de colheita, esgotando ainda mais as reservas de carbono do cafeeiro.

É possível, portanto, estabelecer a hipótese de que colheitas mais precoces, mesmo que penalizem parcialmente a qualidade do café e minimamente o rendimento (desde que se colham frutos verdes, porém na sua maioria granados), poderiam representar uma economia significativa de carbono para o cafeeiro. Isso permitiria à planta de café recuperar precocemente no período pós colheita, com reflexos positivos no crescimento e, sobretudo, na produtividade da safra seguinte.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar as respostas morfofisiológicas e produtivas do cafeeiro submetido a diferentes épocas e métodos de colheita na Região do Cerrado Mineiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proceder à colheita dos frutos de café em três épocas distintas (precoce, adequada e tardia), por métodos manual e mecanizado;
- Caracterizar os frutos quanto ao grau de maturação, volume e matéria seca das suas partes constituintes no momento da colheita;
- Determinar a produtividade, renda e rendimento e a qualidade física dos grãos;
- Avaliar a desfolha nas operações de colheita;
- Acompanhar, da pré-florada à colheita seguinte, o crescimento vegetativo da copa e alguns componentes fisiológicos de produtividade da cultura;
- Determinar as curvas de crescimento dos frutos e de suas partes constituintes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Condições de cultivo

O trabalho foi realizado na fazenda Platô Azul, em Tiros, Minas Gerais (latitude de 18°51'17,6" S, longitude de 45°51'46,9" W e altitude de 1.020 m), Região do Cerrado Mineiro, em lavouras de café (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí Amarelo IAC 62, implantadas no espaçamento de 3,7 x 0,5 m. Na safra 2018-2019 foram conduzidos dois experimentos separadamente, porém simultâneos, sendo um numa lavoura implantada em novembro de 2013 em regime hídrico de sequeiro (doravante denominada 'lavoura-2013'), e outro numa lavoura implantada em dezembro de 2015, irrigada de forma suplementar (doravante denominada 'lavoura-2015'). O alinhamento de plantio da lavoura-2013 é entre 315 e 325° em relação ao norte verdadeiro, enquanto na lavoura-2015 é o norte/sul. A irrigação suplementar ocorreu utilizando sistema de gotejamento, concentrando-se nos períodos críticos de deficiência hídrica, totalizando 47,6 mm ha⁻¹ de agosto a outubro de 2018 e 7,8 mm ha⁻¹ em janeiro de 2019.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical com estação seca, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: verão quente e chuvoso, seguido de inverno seco e frio (FERNANDES et al., 2012). Para o acompanhamento da precipitação, foram coletados dados mensais nos anos de 2017, 2018 e 2019, em pluviômetro instalado na fazenda, a cerca de 150 m dos talhões onde estavam localizados os experimentos (Figura 1). Os valores de temperatura máxima, mínima e média foram obtidos no site da Cooxupé (Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda), a partir do Sistema de Monitoramento Meteorológico da Cooxupé (SISMET), que conta com estação meteorológica próxima à fazenda Platô Azul.



Figura 1: Imagens aéreas da lavoura-2013 (A) e da lavoura-2015 (B) onde foram realizados os experimentos na fazenda Platô Azul, município de Tiros-MG. As áreas experimentais são as áreas cinzas, delimitadas por linhas amarelas. A área experimental da lavoura-2013 foi de 0,1665 ha e a da lavoura-2015 de 0,2405 ha.

O solo predominante na área foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa e relevo suave ondulado (ASSIS, 2010). A análise química do solo na camada de 0-20 cm é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação química do solo das áreas experimentais na Fazenda Platô Azul.

Lavouras	pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	t	T	V	M
		mg dm ³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							%	dag	
2013	5,9	48	0,51	0	6,7	1,3	4,7	8,5	8,5	13,2	64,4	5,2
2015	6,7	44	0,44	0	8,2	1,7	2,4	10,3	10,3	12,7	81,2	4,6

Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solos Unithal. Matriz R. Santo Antônio Claret, 161-J, Chapadão, CEP- 13070-145, Campinas - SP. Extratores: Água quente = B; KCl 1N 1:10 = Al, Ca, Mg; Mehlich 1:10 = K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn; Enxofre = Fosfato Monocálcico. SB = soma de bases; t = capacidade efetiva de troca de cátions; T = capacidade de troca catiônica à pH 7,0; V = índice de saturação por bases; MO = matéria orgânica.

O manejo das lavouras foi feito de acordo com práticas agronômicas recomendadas para a cafeicultura mecanizada da Região do Cerrado Mineiro. Os tratamentos culturais durante o ano agrícola 2018/2019 consistiram, basicamente, no manejo de plantas daninhas com trinchadeira e roçadeira e em adubações com NPK e calagem de acordo com a análise de solo e com a carga pendente, seguindo as recomendações de Ribeiro et al. (1999). Em 2018 foram aplicados 296 kg ha⁻¹ de N, 48 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 3 t ha⁻¹ de palha de café, substituindo-se o K, na lavoura-2013, e 200 kg ha⁻¹ de N, 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na lavoura-2015. Em 2019 foram aplicados 365,2 kg ha⁻¹ de N, 105,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na lavoura-2013, e 415,6 kg ha⁻¹ de N, 115,2 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 240 kg ha⁻¹ de K₂O na lavoura-2015. A lavoura-2013 produziu na colheita (2015), 1ª safra (2016) e 2ª safra (2017) 4,06, 49,47 e 2,63 sacas ha⁻¹, respectivamente, enquanto a lavoura-2015 produziu na colheita (2017) 5,7 sacas ha⁻¹.

3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Em ambos os experimentos foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições. Na lavoura-2013 os tratamentos consistiram de três épocas de colheita mecanizada (precoce, adequada e tardia), enquanto na lavoura-2015 foram testados seis tratamentos, dispostos em esquema de parcelas subdivididas (3 x 2): nas parcelas foram alocadas as três épocas de colheita e, nas subparcelas, dois métodos de colheita (manual e mecanizado). As unidades experimentais constituíram-se por um seguimento da linha de plantio contendo 30 plantas (15 m) na colheita mecanizada e 20 plantas (10 m) na colheita manual.

As épocas de colheita foram definidas com base nos estádios de maturação dos

frutos. Para isso, a partir do início de maio de 2018 e 2019, foram feitas amostragens em aproximadamente quatro plantas aleatórias em cada lavoura para monitoramento do grau de maturação dos frutos e definição das épocas de colheita almejadas. Após a derriça e homogeneização dos frutos das quatro plantas, uma amostra de 0,5 L de café foi tomada aleatoriamente para avaliação da uniformidade de maturação dos frutos, utilizando-se de uma escala visual de cores da polpa (classe 1: fruto verde; classe 2: fruto verde-cana; classe 3: fruto cereja e classe 4: fruto passa/seco), adaptada de Ronchi & DaMatta (2007). Os frutos amostrados foram separados nas diferentes classes de maturação, contados e, em seguida, foi calculada a porcentagem de frutos em cada classe.

Assim, buscou-se realizar a colheita precoce ainda com alta porcentagem de grãos verdes (entre 30 e 40%, e baixa de cerejas e passas/secos - os valores exatos serão apresentados nos resultados); a adequada, com baixa porcentagem de frutos verdes (<5%) e alta porcentagem de cerejas (>60%), caracterizando colheita na época adequada, com a maioria dos frutos em plena maturação (PIMENTA, 2003); e por fim, a tardia foi realizada com baixa porcentagem de frutos verdes e cerejas e alta de passas/secos (>50%), caracterizando uma fase bem adiantada da maturação dos frutos.

A colheita mecanizada, em ambas as lavouras e épocas de colheita, ocorreu numa única passada (colheita plena), utilizando colhedoras automotrizes: TDI Electron (MWM D 229-4), potência de 70 CV e Oxbo 9220 (motor MWM), com potência de 80 CV. A TDI Electron foi utilizada nas duas lavouras na colheita em 2018 e, também, na lavoura-2015, em 2019. Neste ano, devido à maior altura das plantas, a colheita da lavoura-2015 foi realizada com a Oxbo 9220. A velocidade operacional para ambas as colhedoras foi padronizada em 600 m/h, a frequência de vibração das hastes 750 rotações/minuto e o peso dos freios de 8 kg, seguindo regulagem utilizada pela fazenda, onde o objetivo era retirar o máximo de frutos em uma única passada. O tamanho das hastes vibratórias foi regulado de forma independente para cada lavoura, a partir da altura e comprimento dos ramos. Imediatamente após a colheita mecanizada, o café remanescente na planta foi derriçado por repasse manual. Adicionalmente, o café proveniente do repasse manual foi homogeneizado ao da colhedora. No caso dos tratamentos com colheita manual, foi feita a colheita plena, com derriça no pano e abanação.

As operações de varrição e recolhimento do café caído no chão foram realizadas mecanicamente após a finalização da colheita na fazenda, nos anos de 2018 e 2019. Nessas operações, utilizou-se primeiro o soprador Dragão Brasil para o enleiramento do café caído no chão, sendo uma passada por rua de café, enleirando em uma única linha,

sem que ocorresse a mistura entre os tratamentos. O enleirador trabalhou com velocidade de aproximadamente 4.200 m/h. Após a arruação, o café foi recolhido utilizando o recolhedor de café Eco Solução da Dragão Sol, com velocidade operacional de aproximadamente 1.500 m/h.

3.3. Avaliações

3.3.1. Avaliações na colheita

3.3.1.1 Danos na colheita

Antes de iniciar a colheita, na safra 2018, foi estendido um pano sob as plantas em cada parcela experimental. Após a colheita mecanizada e o repasse manual, e após a colheita manual propriamente dita, a desfolha foi estimada através do recolhimento, separação e pesagem das folhas e ramos (com ou sem folhas) em uma balança digital portátil com gancho. Esses procedimentos foram repetidos na colheita em 2019.

3.3.1.2 Uniformidade de maturação dos frutos

Após cada época de colheita, nas duas safras (2018 e 2019), uma amostra de 0,5 L de café foi tomada aleatoriamente de cada parcela experimental para avaliação da real uniformidade de maturação dos frutos, utilizando-se da escala visual de cores da polpa, conforme descrito acima (item 3.2).

3.3.1.3 Caracterização dos frutos na colheita

Imediatamente antes de cada época de colheita foram coletados aleatoriamente, em cada parcela experimental, cinco frutos de cada classe de maturação, que foram colocados em sacos plásticos e em caixas de isopor com gelo e levados ao Laboratório de Fisiologia da Produção do Cafeeiro, na Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*. Com o auxílio de uma pinça e lâmina de bisturi, o fruto foi separado cuidadosamente em três partes: casca + polpa (exocarpo + mesocarpo), pergaminho (endocarpo) e semente (endosperma). Após a separação foram quantificadas a massa de matéria fresca de cada parte constituinte e, também, a massa de matéria seca após secagem em estufa de circulação forçada, a 70°C, por 72 horas. Com base na massa seca,

foi calculado o percentual de cada parte constituinte do fruto.

3.3.1.4. Produção e análise física

Nas três épocas de colheita, em 2018 e 2019, após medição do volume de café colhido na parcela, amostras de 5 L do café foram então secas em terreiro asfaltado, tendo seu peso e volume medidos novamente após atingir 12% de umidade. Neste ponto, uma amostra de 2,0 L de café em coco foi beneficiada para estimar a produção de café beneficiado por planta. Após a última época de colheita, o café do chão também foi recolhido, seu volume foi medido e sua secagem foi finalizada até 12% de umidade, em terreiro asfaltado. Em seguida, foi também quantificado e beneficiado. Com esses dados foram determinadas a produtividade (sacas de café beneficiadas por hectare), o rendimento (litros de café maduro/saca de café beneficiado) e a renda (quilos de café em coco/quilo de café beneficiado) tanto do café colhido na árvore como do recolhido do chão. Por fim, a produtividade da lavoura (café da planta + café do chão) foi determinada.

Amostras de 100 g de café beneficiado foram classificados pelo método das peneiras (granulometria), onde ocorreu a separação pela forma e tamanho do grão, seguindo a metodologia descrita pela Classificação Oficial Brasileira (COB). As amostras foram agrupadas em peneiras 11 acima (P11 - moca), peneiras 18+17 (P18/17 - chato), peneiras 10 (P10 - moca), peneiras 16+15 (P16/15 - chato), peneiras 9 (P9 - moca), peneiras 14+13 (P14/13 - chato) e o fundo (PF).

3.3.2. Quantificação do crescimento vegetativo

Ainda em agosto de 2018, imediatamente após a colheita na última época, foram identificadas seis plantas em cada unidade experimental, totalizando 48 plantas por tratamento, para medições do crescimento. Em cada uma dessas plantas foi mensurado o diâmetro da copa, com uma trena, medindo-se a distância entre as extremidades opostas dos ramos plagiotrópicos de maior comprimento nos terços superior, médio e inferior do cafeeiro. Essas medições foram realizadas em agosto de 2018 e repetidas em maio e setembro de 2019. Em cada época, calculou-se o diâmetro médio da copa com base na média aritmética das medidas tomadas nos três terços da copa.

Adicionalmente, nessas mesmas plantas, em agosto de 2018, foi feita uma marcação posicionada cinco nós abaixo da região apical do ramo ortotrópico e outra cinco nós a partir do ápice de um ramo plagiotrópico primário do terço médio superior, localizado no sentido da entrelinha, sendo três ramos em cada face da linha. As contagens

do número de nós a partir dessas marcações foram realizadas em três épocas: na transição entre as fases de expansão rápida/granação (fevereiro – 2019), na granação/maturação (maio – 2019) e, por fim, na pré-florada (setembro - 2019). Além disso, em setembro de 2018 e em fevereiro e setembro de 2019, foram tomadas as dimensões foliares (comprimento e maior largura do limbo) de todas as folhas desses seis ramos plagiotrópicos, para a estimativa da área foliar, por meio da equação $LA = 0,6626 (LW)^{1,0116}$, conforme ANTUNES et al. (2008).

3.3.3. Floradas

Nos mesmos ramos plagiotrópicos em que foram avaliados o crescimento, foi realizada também a contagem e classificação dos estádios de desenvolvimento dos botões florais (E1 a E5– RENA et al., 2001) no período pré-florada, e, posteriormente, a contagem dos chumbinhos após a florada principal. Registre-se que a florada principal ocorreu, em 2018, em 13 de outubro na lavoura-2013 e em 25 de setembro na lavoura-2015, e, em 2019, em 8 de outubro, em ambas as lavouras. Essas avaliações ocorreram em duas rosetas identificadas por ramo (com carga pendente), sendo considerados seis ramos em cada repetição. As avaliações foram realizadas nas seguintes datas: 12/09/18; 08/10/18; 30/10/18; 21/11/18 e 15/12/18. Em 2019, foram realizadas três contagens do número de frutos por roseta, no momento imediatamente antes de se realizar as colheitas precoce, adequada e tardia. Registre-se que as colheitas foram realizadas nas seguintes datas na lavoura 2013: 10/06/19 (colheita precoce); 10/07/19 (colheita adequada); 13/08/19 (colheita tardia). Na lavoura 2015 (colheita manual e mecanizada) ocorreram nas seguintes datas: 22/05/19 (colheita precoce); 13/06/19 (colheita adequada); 16/08/19 (colheita tardia).

3.3.4. Curva de crescimento dos frutos

Para quantificação do crescimento dos frutos foram realizadas coletas aleatórias de todos os frutos de quatro rosetas (duas em cada face da linha de plantio) por unidade experimental, em ramos plagiotrópicos com carga pendente localizados no terço médio da copa, perpendiculares à linha de plantio. Essas coletas foram realizadas em intervalos de aproximadamente 21 dias, sendo a primeira em 11/10/18 na lavoura-2015 e em 31/10/18 na lavoura-2013, ambas aos 15 dias após a florada (DAF) principal de cada lavoura. A última época de coleta se deu próxima e anteriormente às datas das colheitas

em 2019, conforme cada tratamento.

Os frutos foram acondicionados em sacos plásticos e armazenados numa caixa de isopor com gelo e levados ao Laboratório de Fisiologia da Produção do Cafeeiro, na Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal. Após serem pesados em balança analítica de precisão para obtenção da massa de matéria fresca, eles foram colocados em uma proveta preenchida com volume de água conhecido, para a determinação do volume da amostra, por meio de deslocamento do líquido. Em seguida, a massa da matéria seca foi obtida pela pesagem dessas amostras após secagem em estufa de circulação forçada, a 70°C, por 72 h. Estimou-se ainda o teor de água do fruto.

Aos 104 DAF na lavoura-2013 e aos 125 DAF na lavoura-2015, iniciou-se a separação do fruto nas suas partes constituintes: casca + polpa (exocarpo + mesocarpo), pergaminho (endocarpo) e semente (endosperma), com o auxílio de uma pinça e lâmina de bisturi. Assim, em cada coleta, cinco frutos representativos da amostra foram processados e tiveram suas massas de matérias fresca e seca quantificadas para cada parte constituinte. Foi então calculada a partição percentual de matéria seca para cada parte constituinte do fruto.

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos às avaliações dos pressupostos para variáveis paramétricas, distribuição normal pelo teste Shapiro-wilk e de homocedasticidade das variâncias pelo teste Bartlett, ambos a 5% de confiança. Foram realizadas análises de variância (ANOVA) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) quando necessário. Para isso, foi utilizado o software R (3.5.1) e os gráficos foram plotados através do SigmaPlot. Os dados de número de estruturas e chumbinhos por roseta, assim como aqueles da curva de crescimento e partição de matéria seca dos frutos foram submetidos apenas à análise descritiva.

4. RESULTADOS

4.1 Precipitação e temperatura

A precipitação total em 2017 foi de 923 mm, 24,8% inferior a de 2018, que foi de 1.228 mm (Figura 2). Em 2017, os meses mais chuvosos foram janeiro (121 mm), fevereiro (137 mm), março (105 mm), novembro (178 mm) e dezembro (212 mm); os mais secos foram junho, julho, agosto e setembro (sem registro de precipitação). Em 2018, a precipitação nos meses de janeiro (119 mm) e fevereiro (145 mm) foi próxima aos valores do ano anterior, ocorrendo, no entanto, um aumento da precipitação em março (209 mm). Em 2018 houve um período sem chuvas entre junho e julho, mas após agosto houve aumento crescente na precipitação: agosto (37 mm), setembro (55 mm), outubro (92 mm), novembro (317 mm) e dezembro (147 mm). Em 2019 houve uma queda de 44% na precipitação em janeiro (67 mm), em comparação à média dos anos de 2017 e 2018. A partir de fevereiro, a precipitação voltou a subir (175 mm), chegando a 200 e 174 mm em março e abril, estendendo até maio com 89 mm. O período seco ocorreu nos meses junho, julho e agosto, mas em seguida ocorreu um aumento também crescente na precipitação: 17 mm em setembro, 224 mm em outubro, 233 mm em novembro e 285 mm em dezembro, fechando a precipitação anual com 1.462,5 mm (Figura 2).

As temperaturas do triênio 2017, 2018 e 2019 apresentaram médias próximas, com temperatura média em torno de 21,3°C em 2017, 21,2°C em 2018 e 22,0°C em 2019 (Figura 2). As temperaturas médias mínimas foram: 16,8°C em 2017, 17,1°C em 2018 e 17,7°C em 2019. As temperaturas médias máximas foram: 27,3°C em 2017, 27,2°C em 2018 e 27,8°C em 2019. As temperaturas mais baixas ocorreram nos meses de junho e julho, no entanto, em 2018, a temperatura mínima nesses meses foi entre 1 e 2°C superior em relação aos outros anos. Em 2019, a temperatura máxima foi superior aos outros anos em quase todos os meses do ano, assim como a temperatura média (Figura 2).

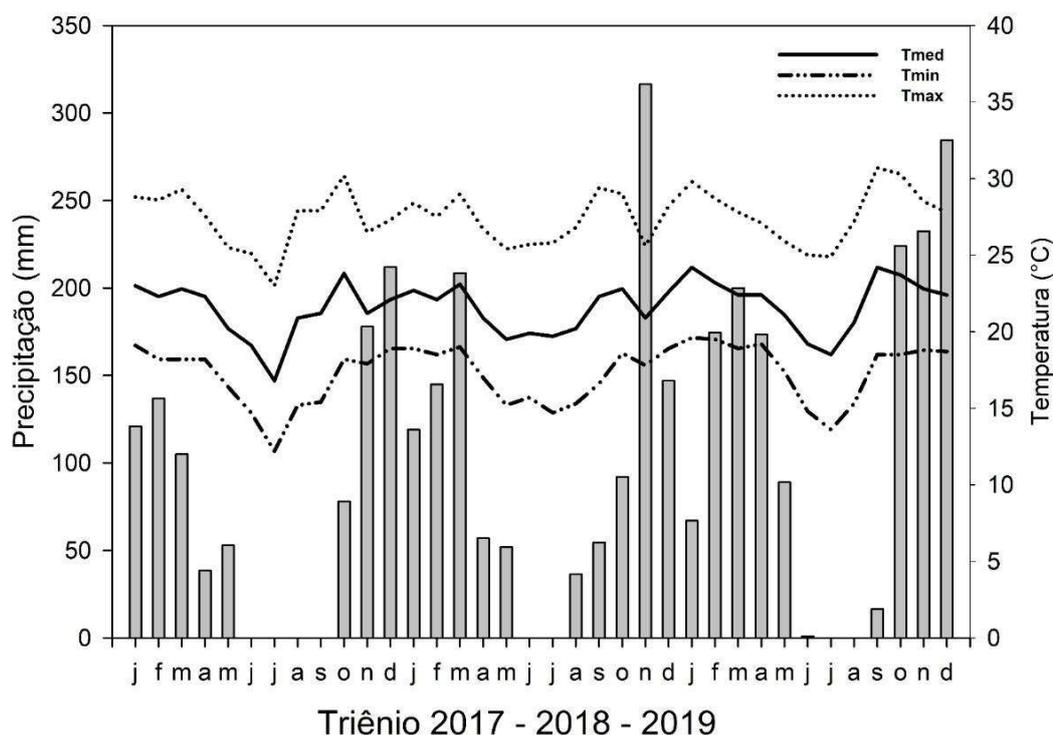


Figura 2: Dados de precipitação e de temperaturas mínima, média e máxima mensais na fazenda Platô Azul, no triênio 2017-2018-2019.

4.2 Graus de maturação dos frutos

4.2.1. Monitoramento na pré-colheita

A lavoura-2013 (Figura 3-A), em 2018, apresentou percentual de frutos verdes em torno de 43% em junho, decrescendo a 0,6% no mês de agosto; os frutos verdes-cana alcançaram percentual máximo de 30,7% em junho; os frutos cerejas atingiram o máximo percentual (72,4%) no final de junho e começaram a decrescer a partir do final de julho, conseqüentemente, o percentual de passas/secos subiu, atingindo 83,1% no início de agosto. Em 2019 (Figura 3-B), os frutos verdes representavam em torno de 92,2% em maio, atingiram 20-30% em junho, chegando a valores mínimos no mês de julho; os frutos verdes-cana alcançaram percentual máximo de 33,7% no final de junho; os frutos cerejas atingiram seu maior percentual (57,3%) no início de julho; os frutos passas/secos no início de julho tiveram um percentual de 27,3% e atingiram 50% já no final de julho, alcançando 86% em meados de agosto.

A lavoura-2015 (Figura 3-C), em 2018, apresentava em torno de 80% dos frutos no estágio verdes no mês de maio, decrescendo para menos de 5% no mês de julho; o percentual de frutos verdes-cana alcançou o percentual máximo de 26,1% em julho e

decreceu em seguida; os frutos cerejas atingiram o ápice de 62,6% no final de julho e começaram a decrescer, e, conseqüentemente, o percentual de passas/secos aumentou consideravelmente, de 30% no final de julho para 87,8% em meados de agosto. Em 2019 (Figura 3-D), os frutos verdes estavam em torno de 45% no final de maio, chegando a 2% em julho; os frutos cerejas atingiram o maior percentual (46,3%) no final de maio, decrescendo a partir desse mês, de forma que frutos passas/seco atingiram 80% no início de julho.

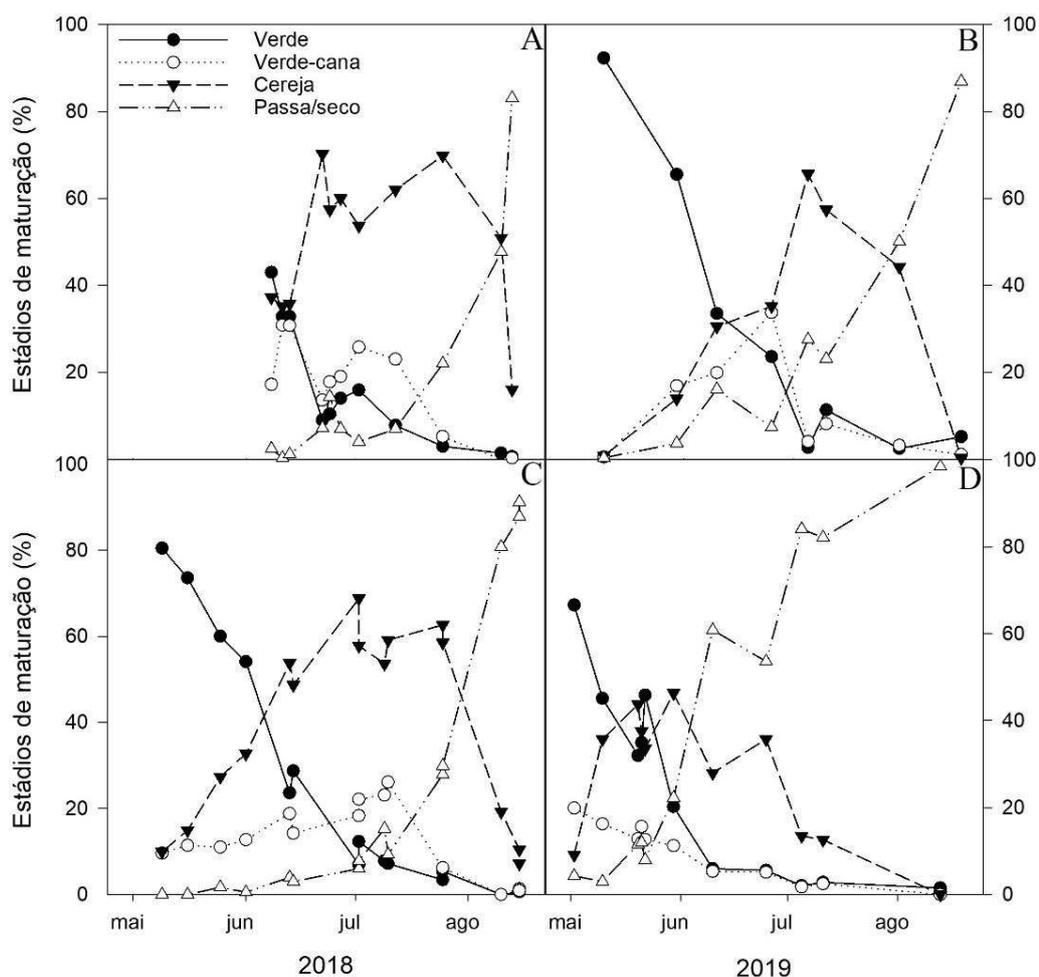


Figura 3: Dinâmica da porcentagem dos estádios de maturação amostrados entre os meses de maio e agosto, em 2018 (esquerda) e em 2019 (direita), na lavoura-2013 (A e B) e na lavoura-2015 (C e D).

Diante dos percentuais de cada classe de maturação acima, foram estabelecidas as seguintes datas de colheita para cada lavoura, em 2018 e em 2019 (Tabela 2).

Tabela 2: Datas das épocas de colheita (tratamentos) definidas com base nas amostragens do estágio de maturação dos frutos na pré-colheita em 2018 e em 2019.

Lavouras	Datas das colheitas		
	Precoce	Adequada	Tardia
2018			
2013	11/06/2018	12/07/2018	13/08/2018
2015	13/06/2018	09/07/2018	14/08/2018
2019			
2013	10/06/2018	10/07/2018	13/08/2018
2015	22/05/2018	13/06/2018	16/08/2018

4.2.2. Graus de maturação na colheita

Na lavoura-2013, em 2018, a colheita precoce foi realizada com uma média de 32,8% de frutos verdes, 30,7% de verde-cana, 35,2% de cerejas e 1,3% de passas/secos; a adequada com 7,8% de frutos verdes, 23,0% de verde-cana, 62% de cerejas e 7% de passas/secos; e a tardia com 0,6% de frutos verdes, 0,2% de verde-cana, 15,9% de cerejas e 83,1% de passas/secos (Figura 4-A). Em 2019, a colheita precoce foi realizada com 28,7% de frutos verdes, 20,8% de verde-cana, 32,4% de cerejas e 20,5% de passas/secos; a adequada com 11,3% de frutos verdes, 8,1% de verde-cana, 57,3% de cerejas e 25,3% de passas/secos; e a tardia com 5,1% de frutos verdes, 1,0% de verde-cana, 0,2% de cerejas e 93,7% de passas/secos (Figura 4-B).

Na lavoura-2015, em 2018, a colheita precoce foi realizada com uma média de 28,6% de frutos verdes, 14,2% de verde-cana, 48,7% de cerejas e 3,0% de passas/seco; a adequada com 7,1% de frutos verdes, 25,5% de verde-cana, 58,2% de cerejas e 9,1% de passas/seco; e a tardia com 0,6% de frutos verdes, 0,8% de verde-cana, 7,2% de cerejas e 91,2% de passas/seco (Figura 4-C). Em 2019, a colheita precoce foi realizada com 46,0% de frutos verdes, 12,2% de verde-cana, 33,4% de cerejas e 11,7% de passas/seco; a adequada com 8,2% de frutos verdes, 1,4% de verde-cana, 17,9% de cerejas e 66,6% de passas/secos; e a tardia com 1,5% de frutos verdes, 1% de verde-cana, 0,2% de cerejas e 98,6% de passas/secos (Figura 4-D).

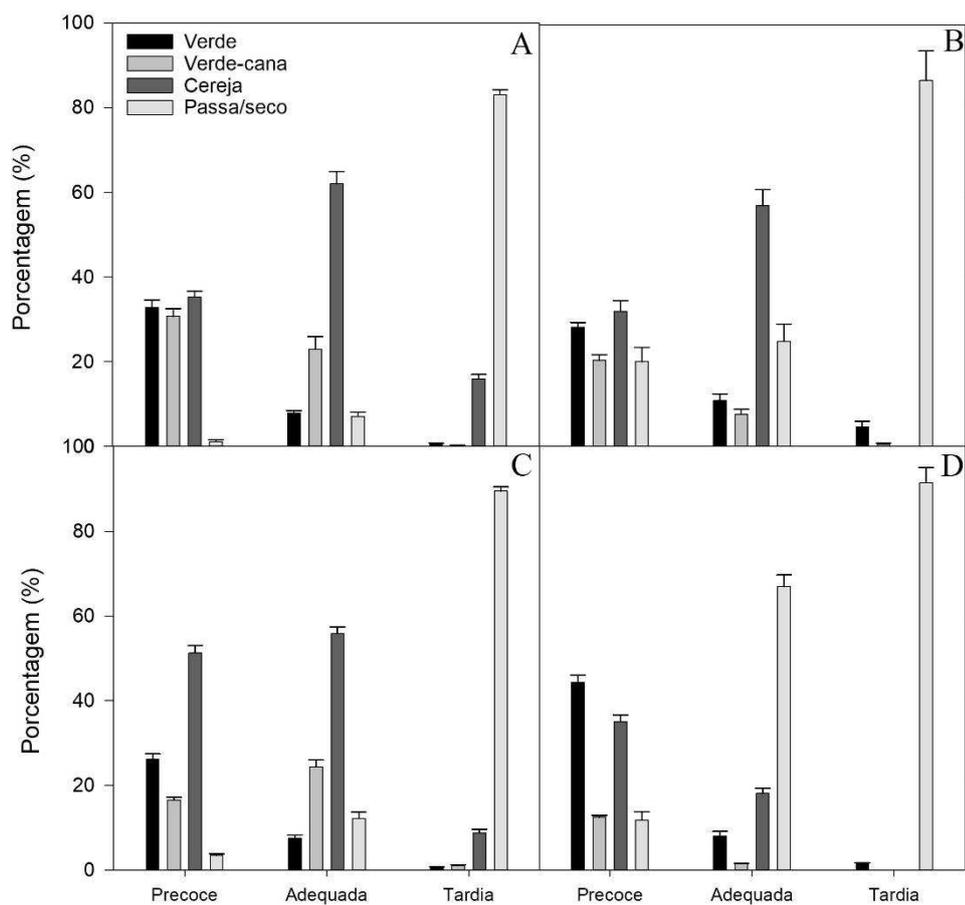


Figura 4: Porcentagem dos estádios de maturação dos frutos em cada época de colheita (precoce, adequada e tardia) em 2018 (esquerda) e em 2019 (direita), na lavoura-2013 (A e B) e na lavoura-2015 (C e D). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n = oito repetições).

4.4 Produção e produtividade

4.4.1. Lavoura-2013

4.4.1.1 Café de árvore

Na lavoura-2013, em 2018 e em 2019, houve efeito significativo ($p < 0,05$) das épocas de colheita sobre o volume de café da roça (Figura 5-A e B). Em 2018, o volume de café por planta foi menor na colheita tardia ($p < 0,05$; 7,4 L/planta) em comparação às outras duas épocas de colheita, entre as quais não houve diferenças ($p > 0,05$; 9,7 L/planta; Figura 5-A). Em 2019, enquanto a colheita precoce apresentou 2,5 L de café por planta a mais que a colheita adequada, a colheita tardia produziu 3,0 L/planta a menos que a colheita adequada ($p < 0,05$; Figura 5-B).

Em 2018, não houve diferença entre os rendimentos das colheitas precoce e adequada ($p > 0,05$; 628 L/saca), no entanto, houve uma queda de 26,6% na colheita tardia em relação às outras épocas ($p < 0,05$; 461,7 L/saca; Figura 5-C). Em 2019, a colheita precoce apresentou o maior rendimento, ocorrendo uma queda de aproximadamente 185 L/saca desta para a colheita adequada e de 179 L/saca entre a colheita adequada para a tardia (Figura 5-D). Em 2018, a colheita precoce apresentou menor renda ($p < 0,05$; 1,4 kg kg⁻¹), porém somente em relação à colheita adequada (Figura 5-E). Em 2019, a colheita precoce apresentou a maior renda (2,7 kg kg⁻¹), seguida da adequada (1,8 kg kg⁻¹) e da tardia (1,3 kg kg⁻¹) (Figura 5-F).

Não houve influência ($p > 0,05$) das épocas de colheita na produtividade da safra 2018 (Figura 5-G), que foi de aproximadamente 88,5 sacas ha⁻¹. Entretanto, em 2019, a produtividade com a colheita tardia foi de apenas 5,94 sacas ha⁻¹ (Figura 5-H), o que representa uma queda de 87,5% ($p < 0,05$) em relação à média das produtividades das colheitas precoce e adequada, entre as quais não houve diferença ($p > 0,05$; 42,5 sacas ha⁻¹).

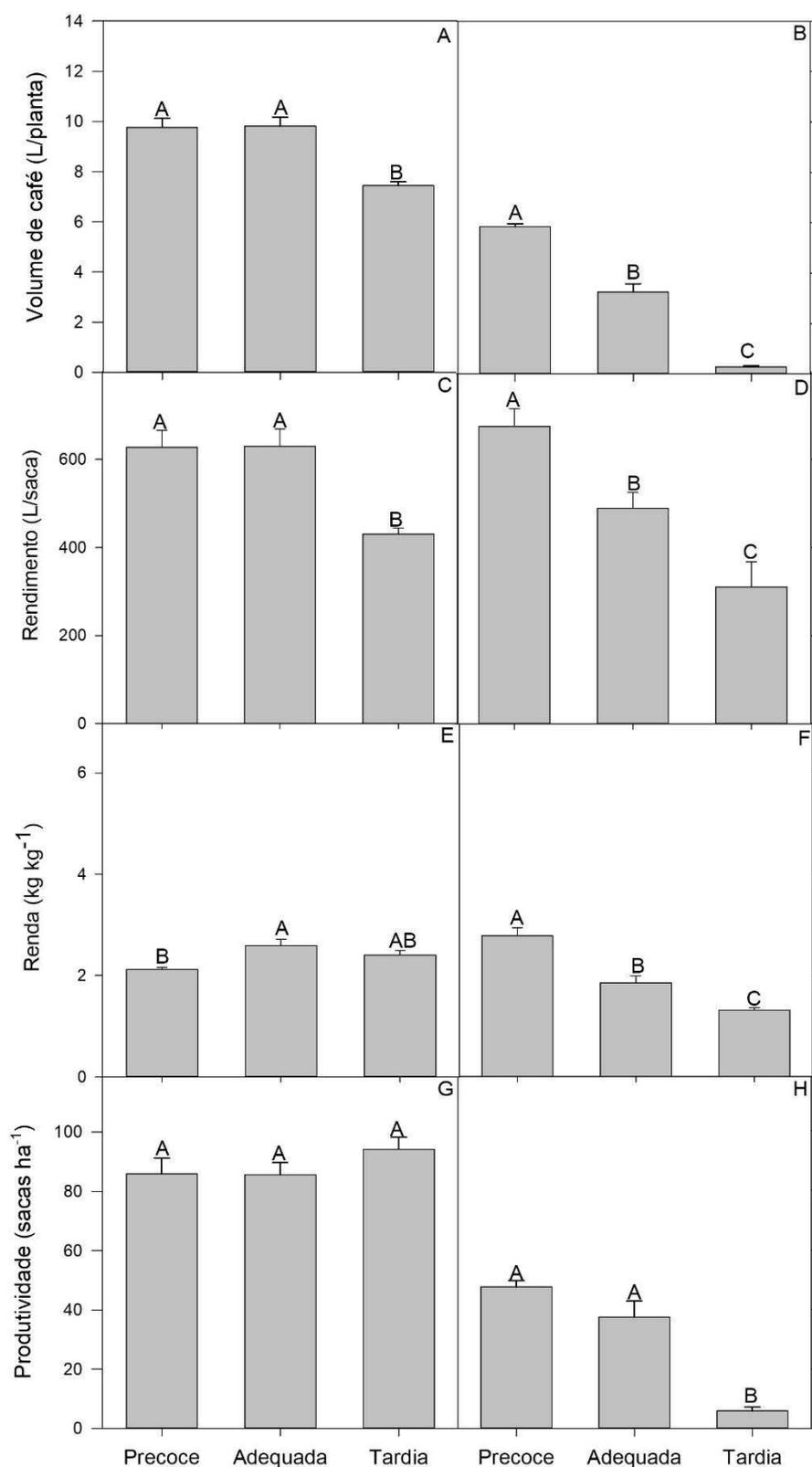


Figura 5: Café de árvore - Volume de café da “roça” por planta (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) da lavoura-2013 nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita), em função de três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

4.4.1.2 Café de varrição

Na lavoura-2013, em 2018, a época de colheita tardia proporcionou o maior volume de café por planta (0,43 L/planta; $p < 0,05$; Figura 6-A), em comparação às demais épocas, entre as quais não houve diferença (0,18 L/planta). Não houve influência das épocas de colheita no rendimento (Figura 6-C) e na renda (Figura 6-E) do café de varrição. No entanto, a produtividade foi maior na colheita tardia (4,1 sc ha⁻¹), se comparada às demais épocas de colheita, entre as quais não houve diferença ($p > 0,05$; 1,76 sacas ha⁻¹; Figura 6-G).

Em 2019, a época de colheita tardia também apresentou o maior volume de café (0,4 L/planta) em comparação às demais épocas, entre as quais também não houve diferença (1,18 L/planta; Figura 6-B). Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os rendimentos e as rendas das colheitas adequada e tardia (média de 480,5 L/saca e 2,7 kg kg⁻¹, respectivamente), mas estes foram 27,7% e 22,3% superiores aos da colheita precoce (347 L/saca e 2,1 kg kg⁻¹, respectivamente; Figura 6-D e F). A época de colheita tardia apresentou a maior produtividade de café de varrição (4,3 sacas ha⁻¹) em comparação às demais épocas, entre as quais não houve diferença (2,5 sacas ha⁻¹; Figura 6-H).

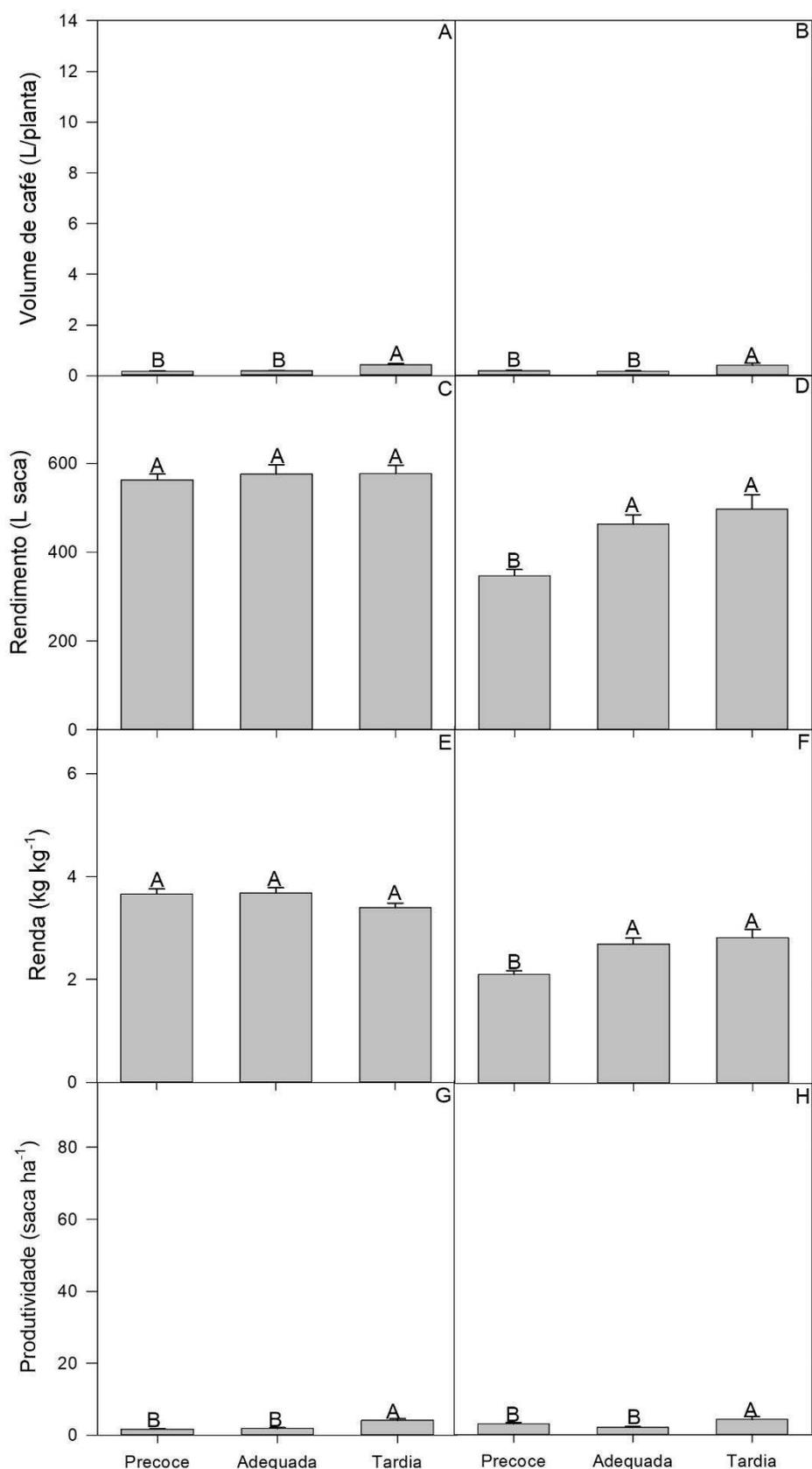


Figura 6: Café de varrição - Volume de café da “roça” (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) da lavoura-2013 nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita), em função de três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

4.4.1.3. Produtividade (árvore + varrição)

Não houve influência das épocas de colheita na produtividade total (café de árvore + café de varrição) na colheita realizada em 2018 (Figura 7-A), momento de aplicação dos tratamentos e início do experimento. Todavia, em 2019, a produtividade foi de apenas 14,19 sacas ha^{-1} devida à colheita tardia, portanto 68% inferior à média das produtividades obtidas com as colheitas precoce e adequada, entre as quais não houve diferença ($p>0,05$; 44,2 sacas ha^{-1} ; Figura 7-B).

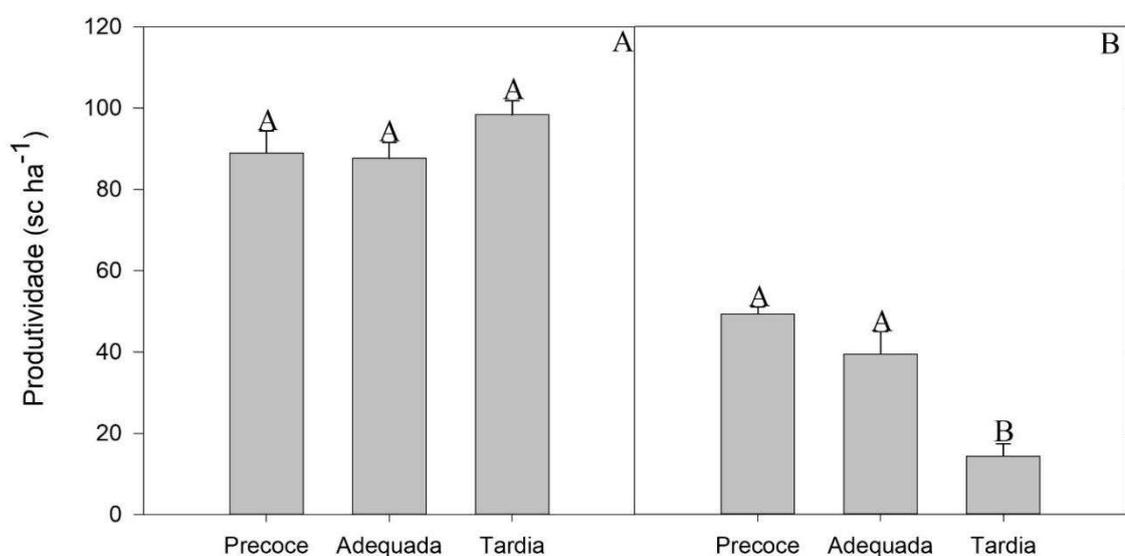


Figura 7: Produtividade total (árvore + varrição) da lavoura-2013 nas safras 2018 (A) e 2019 (B) em função de três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

4.4.2. Lavoura-2015

4.4.2.1 Café de árvore

Na lavoura-2015, em 2018 e em 2019, não houve interação significativa entre as épocas e os métodos de colheita para o volume de café da roça por planta. Assim, independentemente dos métodos de colheita, verificou-se que o volume de café foi menor na colheita tardia (4,7 L/planta) em relação àquele das épocas precoce e adequada, entre as quais não houve diferença (6,8 L/planta; Figura 8-A). Ainda nesta safra, verificou-se que a colheita manual proporcionou maior volume de café que a mecanizada (Figura 8-A). Em 2019, a colheita precoce apresentou a maior média (4,1 L/planta), seguida da adequada (2,1 L/planta) e da tardia (0,3 L/planta). Entretanto, não houve efeito do fator método de colheita isoladamente ($p>0,05$; Figura 8-B).

Em 2018 e em 2019 houve interação ($p<0,05$) entre épocas e métodos de colheita para o rendimento, de forma que em 2018, quando mecanizada, a colheita adequada apresentou o maior rendimento (669,9 L/saca), seguida da precoce (519,5 L/saca) e, por fim, com menor rendimento, a tardia (421,2 L/saca). Todavia, no método manual não houve diferença entre as épocas de colheita precoce e adequada (566,9 L/saca), mas houve um decréscimo significativo ($p<0,05$) do rendimento na colheita tardia (473,6 L/saca; Figura 8-C).

Em 2019, no método mecanizado, a colheita precoce apresentou maior rendimento (562,2 L/saca) que as demais, entre as quais não houve diferenças (371,1 L/saca; $p>0,05$). No método manual, a colheita precoce também apresentou maior rendimento, seguido da adequada, e, por fim, da tardia (Figura 8-D). Comparando os métodos de colheita, verificou-se que na colheita adequada o método manual apresentou maior rendimento, no entanto, na colheita tardia, o sistema mecanizado apresentou maior rendimento (Figura 8-D).

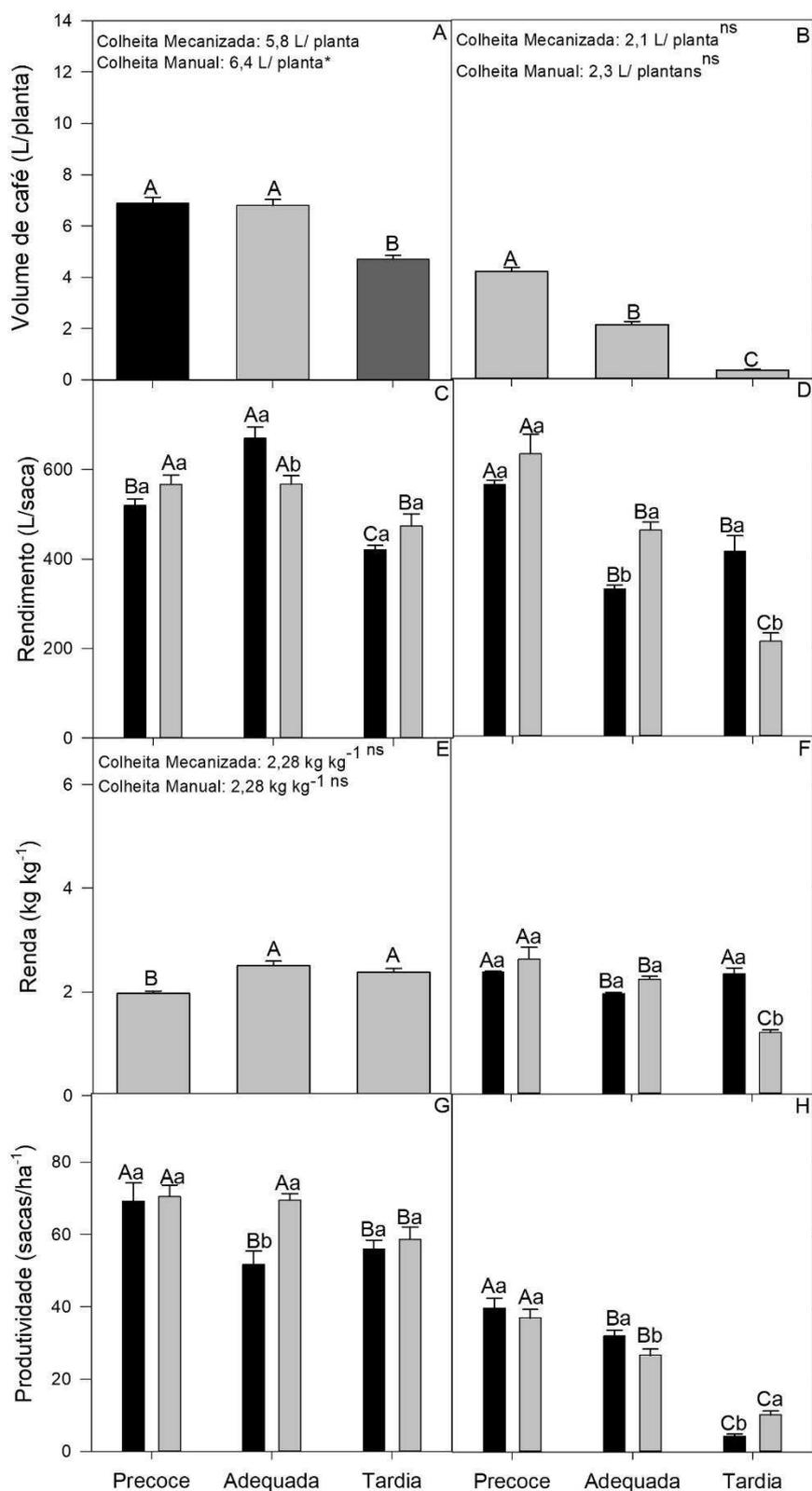


Figura 8: Volume de café da “roça” por planta (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) do café de árvore na lavoura-2015 mecanizada (coluna preta) e 2015 manual (coluna cinza), em função de três épocas de colheita, nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Em 2018, não houve interação entre as épocas e os métodos de colheita para a renda ($p > 0,05$; Figura 8-E). No entanto, independentemente do método de colheita, verificou-se que a renda foi menor na colheita precoce ($1,97 \text{ kg kg}^{-1}$), comparada às colheitas adequada e tardia, entre as quais não houve diferença ($2,44 \text{ kg kg}^{-1}$; Figura 8-E). Em 2019, houve interação entre época e métodos de colheita para a renda ($p < 0,05$; Figura 8-F), de forma que no método mecanizado a renda foi menor na colheita adequada ($1,92 \text{ kg kg}^{-1}$) se comparada às colheitas precoce e tardia, entre as quais não houve diferença ($2,31 \text{ kg kg}^{-1}$; Figura 8-F). No método manual, a colheita precoce apresentou a maior renda ($2,58 \text{ kg kg}^{-1}$), seguido da colheita adequada ($2,20 \text{ kg kg}^{-1}$) e tardia ($1,17 \text{ kg kg}^{-1}$). A colheita mecanizada proporcionou maior renda quando feita tardiamente ($p < 0,05$; Figura 8-F).

Em 2018 e em 2019 houve interação entre as épocas e os métodos de colheita sobre a produtividade da lavoura ($p < 0,05$; Figura 8-G). No método mecanizado, em 2018, a produtividade foi maior na colheita precoce ($69,2 \text{ sacas ha}^{-1}$), em comparação as colheitas adequada e tardia, que não apresentaram diferença significativa entre si ($53,8 \text{ sacas ha}^{-1}$; Figura 8-G). Na colheita manual, as produtividades entre as colheitas precoce e adequada não divergiram entre si (70 sacas ha^{-1}), no entanto, na colheita tardia houve queda de aproximadamente $11,2 \text{ sacas ha}^{-1}$ em comparação as outras épocas ($p < 0,05$; Figura 8-G). Ainda em 2018, a colheita mecanizada proporcionou maior produtividade que a manual, mas apenas na época adequada ($p < 0,05$; Figura 8-G). Em 2019, a colheita precoce apresentou maior produtividade, seguida da colheita adequada e da tardia em ambos os métodos (Figura 8-H). Comparando os métodos de colheita, verificou-se que na colheita adequada o método mecanizado apresentou maior produtividade, no entanto, na colheita tardia, o sistema manual que obteve maior produtividade (Figura 8-H).

4.4.2.2 Café de varrição

Na lavoura-2015, em 2018, houve interação significativa entre as épocas e os métodos de colheita para o volume de café de varrição ($p < 0,05$; Figura 9-B). No método mecanizado, a colheita tardia apresentou o maior volume (0,4 L/planta; $p < 0,05$), seguida da adequada (0,2 L/planta; $p < 0,05$) e, por fim, com menor volume, a precoce (0,1 L/planta; $p < 0,05$). Todavia, no método manual não houve diferença entre as épocas de colheita precoce e adequada (0,07 L/planta; $p > 0,05$), mas houve um acréscimo do volume de café na colheita tardia (0,2 L/planta; $p < 0,05$; Figura 9-A). Ainda nesta safra, verificou-se que a colheita mecanizada proporcionou maior volume de café de varrição que a manual ($p < 0,05$; Figura 9-A). Em 2019, não houve interação entre as épocas e os métodos de colheita para o volume de café ($p > 0,05$; Figura 9-B). A colheita tardia apresentou a maior média (0,3 L/planta; $p < 0,05$), seguida da adequada (0,2 L/planta; $p < 0,05$) e da precoce (0,09 L/planta). Não houve diferença no volume de café entre os métodos mecanizado e manual (0,2 L/planta; $p > 0,05$; Figura 9-B).

Em 2018 não houve avaliação entre as épocas e os métodos colheita para o rendimento do café de varrição, foi realizada uma média a partir de oito amostras (640 L saca^{-1} ; Figura 9-C). Em 2019, houve interação entre as épocas e os métodos de colheita para o rendimento do café ($p < 0,05$; Figura 9-D). No método mecanizado, a colheita tardia apresentou menor rendimento (221 L saca^{-1} ; $p < 0,05$), não ocorrendo diferença significativa ($P > 0,05$) entre as colheitas precoce e adequada (326 L saca^{-1} ; $p > 0,05$; Figura 9-D). No método manual, no entanto, não ocorreu diferença entre as colheitas adequada e tardia (403 L saca^{-1} ; $p > 0,05$;) e a colheita precoce apresentou o maior rendimento (474 L saca^{-1} ; $p < 0,05$; Figura 9-D). Comparando os métodos de colheita, a manual apresentou maior rendimento em relação a colheita mecanizada ($p < 0,05$, Figura 9-D).

Em 2018 e 2019, houve interação entre as épocas e os métodos de colheita para a renda do café de varrição ($p < 0,05$; Figura 9-E e F). Em 2018, no método mecanizado, não ocorreu efeito das épocas de colheita sobre a renda (3,8 kg kg^{-1} ; $p > 0,05$). No método manual, a colheita precoce apresentou maior renda (5,1 kg kg^{-1} ; $p < 0,05$), seguido da colheita adequada (4,5 kg kg^{-1} ; $p < 0,05$) e com menor renda a tardia (3,7 kg kg^{-1} ; $p < 0,05$; Figura 9-E). Comparando os métodos de colheita, verificou-se que nas colheitas precoce e adequada, o método manual apresentou maior renda ($p < 0,05$), no entanto, na colheita tardia, não ocorreu diferença na renda entre os métodos mecanizado e manual ($p > 0,05$; Figura 8-E). Em 2019, na colheita mecanizada, a colheita tardia apresentou a menor renda (1,1 kg kg^{-1} ; $p < 0,05$), em comparação as colheitas precoce e adequada, que não

apresentaram diferença significativa entre si ($2,1 \text{ kg kg}^{-1}$; $p > 0,05$; Figura 9-F). Na colheita manual, as rendas entre as colheitas adequada e tardia não divergiram entre si ($2,4 \text{ kg kg}^{-1}$; $p > 0,05$), no entanto, a colheita precoce apresentou maior renda em comparação as outras épocas ($3,0 \text{ kg kg}^{-1}$; $p < 0,05$; Figura 9-F). Comparando os métodos de colheita, a manual apresentou maior renda em relação a colheita mecanizada ($p < 0,05$, Figura 9-F).

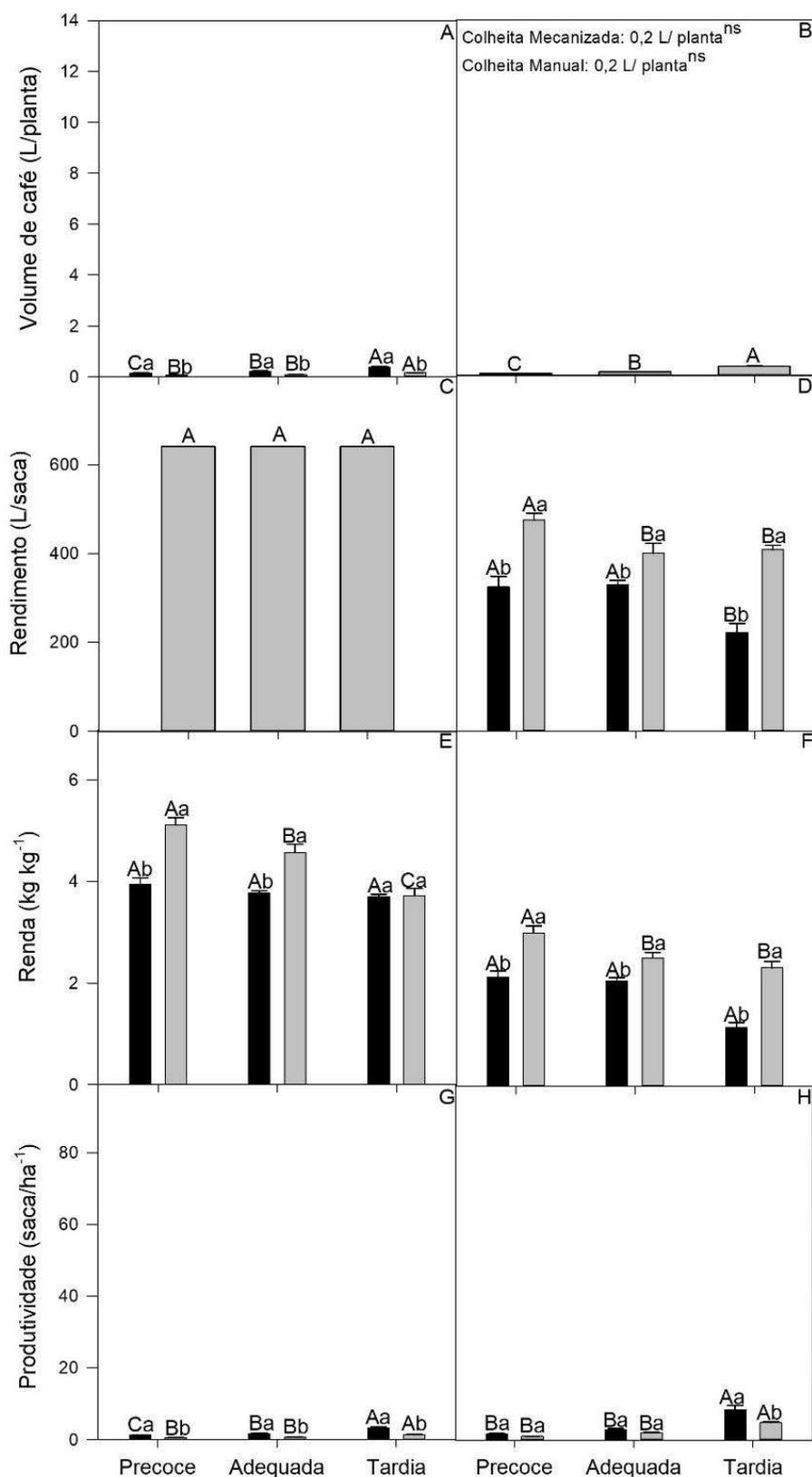


Figura 9: Volume de café da “roça” por planta (A e B), rendimento (C e D), renda (E e F) e produtividade (G e H) do café de varrição na lavoura-2015 mecanizada (coluna preta) e 2015 manual (coluna cinza), em função de três épocas de colheita, nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Em 2018 e 2019 houve interação entre as épocas e os métodos de colheita na produtividade do café de varrição ($p < 0,05$; Figura 9-G e H). Em 2018, no método mecanizado, a produtividade foi maior na colheita tardia (3,28 sacas ha^{-1} ; $p < 0,05$), seguido da colheita adequada (1,75 saca ha^{-1} ; $p < 0,05$) e com menor produtividade a colheita precoce (1,28 saca ha^{-1} ; $p < 0,05$; Figura 9-G). No método manual, a colheita tardia também apresentou maior média produtiva (1,37 saca ha^{-1} ; $p < 0,05$), seguida das colheitas precoce e adequada, que não diferiram entre si (0,7 saca ha^{-1} ; $p < 0,05$; Figura 9-G). Comparando-se os métodos de colheita, a mecanizada apresentou maior produtividade de café de varrição em relação à colheita manual ($p < 0,05$, Figura 9-G).

Em 2019, no método mecânico, a colheita tardia apresentou maior produtividade (8,5 sacas ha^{-1} ; $p < 0,05$), entretanto, não houve diferença entre as produtividades nas épocas precoce e adequada (2,3 sacas ha^{-1} ; $p > 0,05$). Na colheita manual, a colheita tardia também apresentou a maior produtividade (4,75 sacas ha^{-1} ; $p < 0,05$), e não houve diferença significativa entre as colheitas precoce e adequada (1,5 saca ha^{-1} ; $p > 0,05$). Comparando-se os métodos de colheita, o mecanizado apresentou maior produtividade no café de varrição em relação ao manual na época tardia ($p < 0,05$), mas nas outras épocas não houve diferença significativa ($p > 0,05$; Figura 9-H).

4.4.2.3. Produtividade (árvore + varrição)

Em 2018, mas não em 2019, houve interação entre as épocas e os métodos de colheita ($p < 0,05$) para a produtividade total do café (café da planta + café do chão). Na lavoura colhida mecanicamente, a produtividade foi maior na colheita precoce (70,5 sacas ha^{-1}), seguida das colheitas adequada e tardia, entre as quais não houve diferença (56,4 sacas ha^{-1} ; Figura 10-A). Na colheita manual, a produtividade foi maior quando feita precocemente, em comparação à tardia ($p < 0,05$; Figura 10-A). Além disso, diferenças entre métodos de colheita ocorreram apenas na época adequada, onde a produtividade foi maior no método manual. Em 2019, independentemente dos métodos de colheita, a colheita precoce proporcionou maior produtividade (39,6 sacas ha^{-1}), seguida da adequada (31,8 sacas ha^{-1}) e, ambas comparadas à colheita tardia (13,8 sacas ha^{-1} ; Figura 10-B). Entre os métodos de colheita isoladamente não houve diferença (28,4 sacas ha^{-1} ; $p > 0,05$; Figura 10-B).

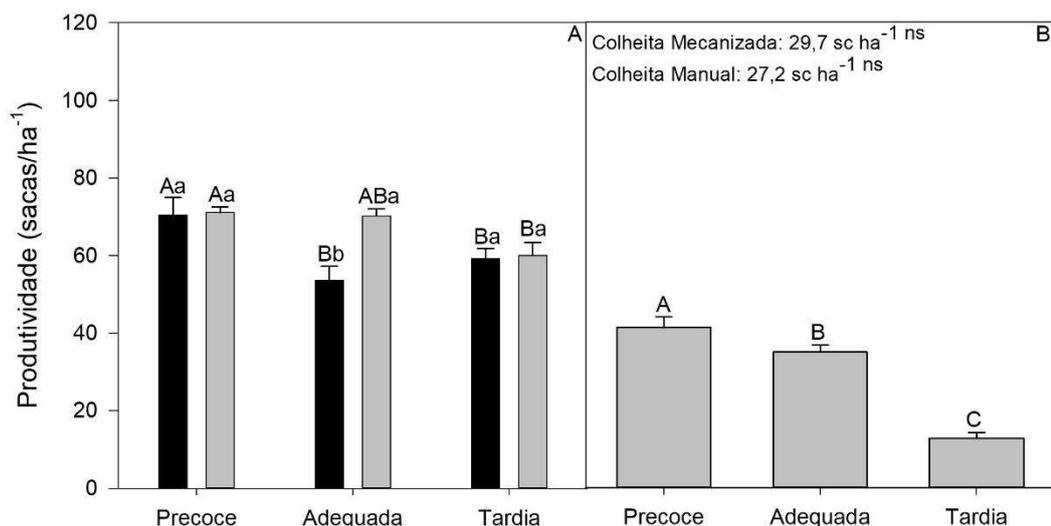


Figura 10: Produtividade total (café da planta + café do chão) na lavoura-2015 colhida de forma mecanizada (coluna preta) ou manual (coluna cinza), em função de três épocas de colheita, nas safras 2018 (A) e 2019 (B). As barras representam as médias \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4.3. Análise física

4.3.1 Café de árvore

Na lavoura-2013, em 2018, a colheita tardia apresentou maior percentual de grãos na peneira 18/17 em comparação à colheita precoce (Figura 11-A); em 2019 ocorreu o inverso (Figura 11-B). Ainda em 2019, a porcentagem de peneira 11 (moca) foi maior na colheita precoce em relação à colheita tardia. Para as peneiras 16/15 não se verificou efeito ($p>0,05$) dos tratamentos, em nenhuma das safras (Figura 11-A e B).

Na lavoura-2015 não houve interação significativa entre as épocas e os métodos de colheita tanto em 2018 como em 2019 ($p>0,05$; Figura 11). Em 2018 não houve efeito isolado das épocas de colheita sobre as peneiras 18/17, 11 (moca) e 16/15 ($p>0,05$; Figura 11-C). Em 2019, não houve diferença na porcentagem de peneira 18/17 entre as colheitas precoce e adequada, mas em relação a essas a colheita tardia apresentou uma queda de 23% ($p<0,05$).

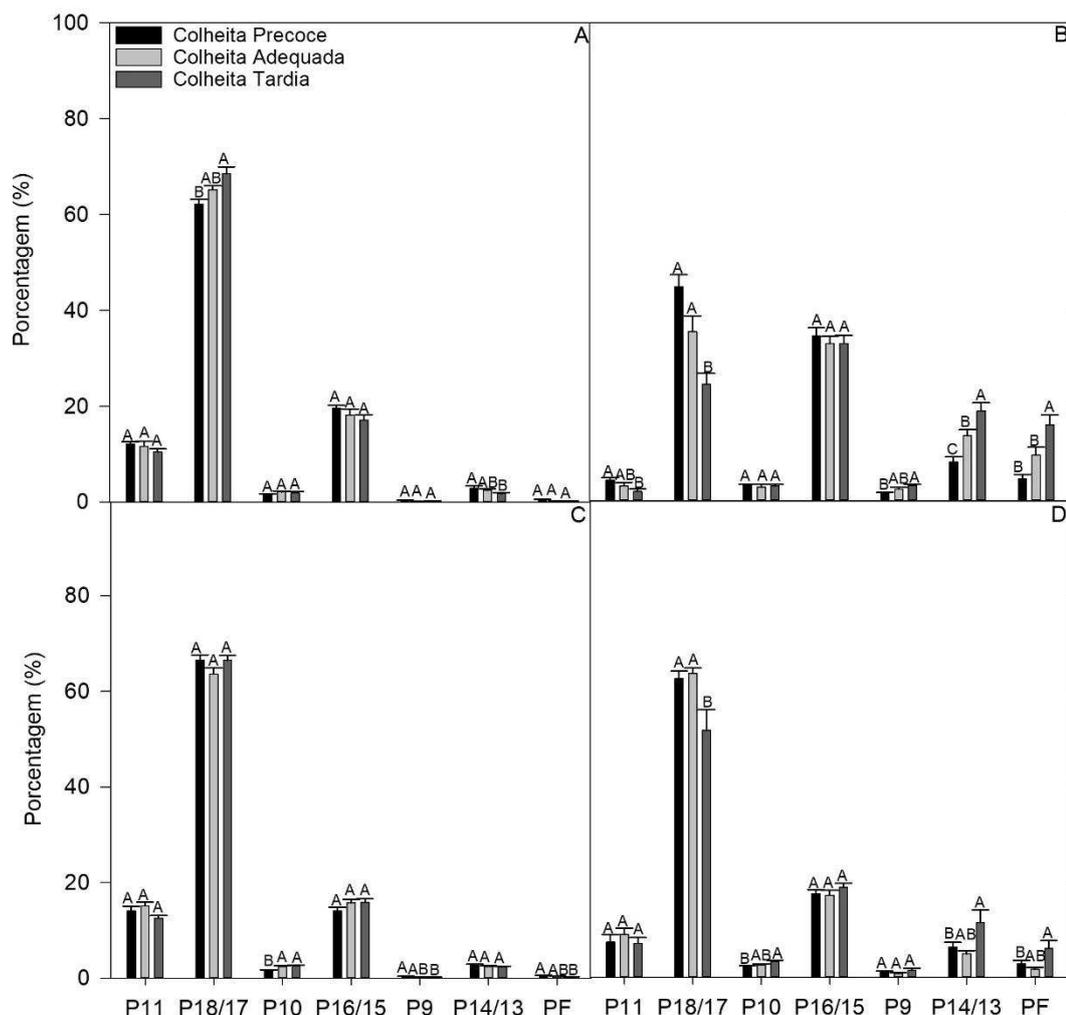


Figura 11: Porcentagem dos grãos de café categorizados por peneiras em função das épocas de colheita na lavoura-2013 (A e B) e na lavoura-2015 (C e D), nas safras 2018 (esquerda) e 2019 (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Para cada variável (peneira), barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

4.3.1 Café de varrição

Na lavoura-2013 não houve influência das épocas de colheita sobre o percentual de peneiras 18/17, 11 e 16/15 do café de varrição, tanto em 2018 como em 2019 ($p>0,05$; Figura 12–A e B). Na lavoura-2015 houve interação significativa entre as épocas e os métodos de colheita sobre o percentual de grãos na maioria das peneiras avaliadas na safra 2019. Para a peneira 18/17, na colheita mecanizada, não houve diferença significativa entre as épocas precoce e adequada (36,2%), no entanto, na colheita tardia houve uma queda de aproximadamente 36,5% (Figura 13). Na colheita manual, não houve influência das épocas de colheita sobre o percentual de grãos P18/17 ($p>0,05$). Além disso, diferenças entre os métodos de colheita nesta peneira ocorreram apenas na época tardia, onde a colheita manual apresentou maior percentual ($p<0,05$). Para a peneira 11, maior percentual de grãos ocorreu na colheita adequada, em comparação às colheitas

precoce e tardia, que não diferiram entre si. A colheita manual proporcionou maior percentual de grãos na peneira 11, nas três épocas avaliadas. O percentual de grãos na peneira 15/16 não foi afetado pelas épocas e nem pelos métodos de colheita ($p>0,05$; Figura 13).

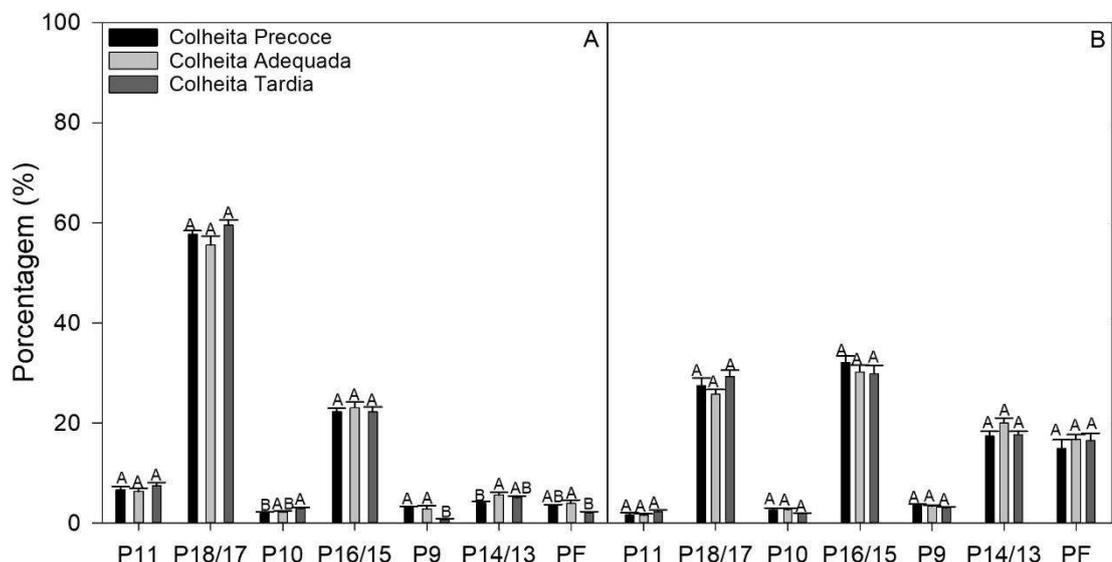


Figura 12: Porcentagem dos grãos de café categorizados por peneiras em função das épocas de colheita na lavoura-2013, nas safras 2018 (A) e 2019 (B). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável (peneira), barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

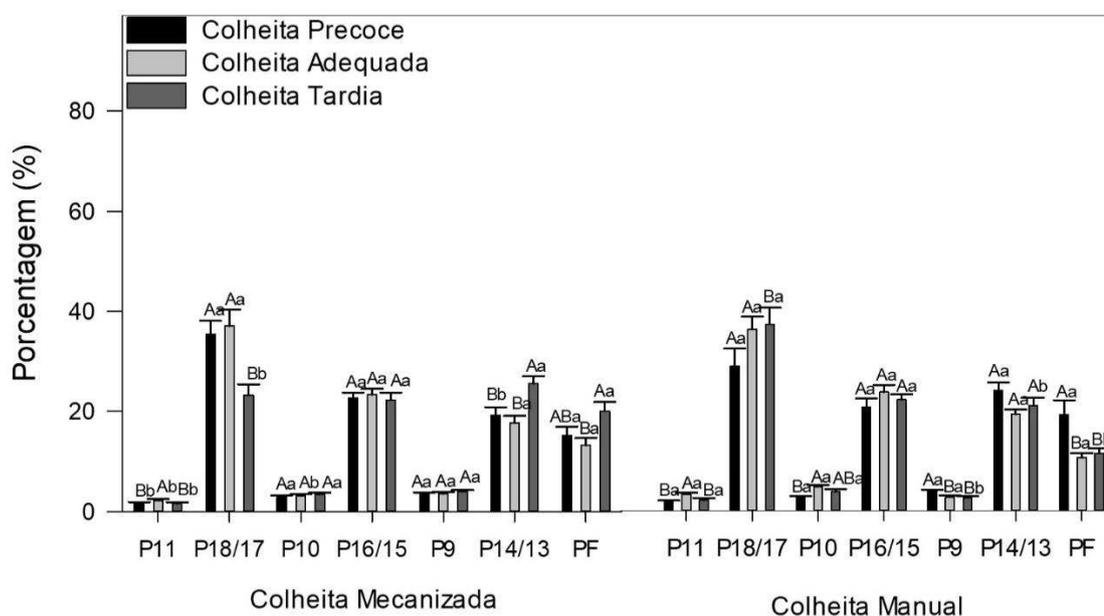


Figura 13: Porcentagem de grãos de café de varrição categorizados por peneiras em função das épocas de colheita na lavoura-2015 mecanizada (esquerda) e manual (direita), na safra de 2019. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n= oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra maiúscula para as épocas de colheita e minúscula para métodos de colheita não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4.4 Danos na colheita

Em 2018, quando os tratamentos foram aplicados na lavoura-2013, não se verificaram diferenças significativas ($p>0,05$) na quantidade de folhas e ramos recolhidos após as operações de colheita nas épocas precoce e adequada, todavia, em relação a essas épocas, na colheita tardia as perdas desses órgãos foram 50,6% e 87,2% menores, respectivamente (Tabela 3). Em 2019, a colheita tardia também foi a que causou menor perda de folhas (15,5%) em comparação às demais épocas; para os ramos, houve um decréscimo na perda com o atraso nas colheitas ($p<0,05$; Tabela 3).

Tabela 3: Danos causados pela colheita mecanizada realizada nas épocas precoce, adequada e tardia, em 2018 e 2019, na lavoura-2013.

Épocas de colheita	Safras			
	2018		2019	
	Folhas (kg/planta)	Ramos (kg/planta)	Folhas (kg/planta)	Ramos (kg/planta)
Precoce	0,693 A	0,163 A	0,551 A	0,241 A
Adequada	0,594 A	0,143 A	0,535 A	0,180 B
Tardia	0,317 B	0,08 B	0,464 B	0,111 C
C.V.	19,93%	17,83%	10,57%	17,89%

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C.V.: Coeficiente de variação.

Na lavoura-2015, em 2018, não houve interação entre as épocas e os métodos de colheita para a massa de folhas, mas ocorreu interação para os ramos. Para a massa de folhas, tanto a colheita manual quanto a mecanizada apresentaram maior massa de folhas desprendidas na colheita precoce, seguida da adequada e, com menor massa, da tardia. Para os ramos, a quantidade que caiu (com base na massa de ramos) foi menor na colheita tardia em relação às épocas precoce e adequada, entre as quais não houve diferença, mas somente quando a colheita foi mecanizada. A colheita mecanizada quebrou significativamente mais ramos que a manual, mas somente nas épocas precoce e adequada, na tardia não ocorreu diferença entre os métodos (Tabela 4).

Em 2019, menor queda de folhas ocorreu na época tardia em relação às demais, tanto quando a colheita foi mecanizada ou manual. A colheita mecanizada desprendeu maior massa de folhas em relação à manual nas épocas adequada e tardia, mas na precoce ocorreu o contrário (Tabela 4). No método mecanizado, a quebra de ramos foi menor ($p<0,05$) quando realizada tardiamente em relação às outras épocas, entre as quais não houve diferença significativa. No método manual, a quebra de ramos foi maior na colheita precoce, seguida das épocas adequada e tardia ($p<0,05$). O método mecanizado

desprende ramos (com base na massa) nas três épocas avaliadas ($p < 0,05$; Tabela 4).

Tabela 4: Danos (desfolha e quebra de ramos) causados pelas colheitas mecanizada e manual, realizadas nas épocas precoce, adequada e tardia, em 2018 e 2019, na lavoura-2015.

Épocas de colheita	Tipos de colheita			
	Manual		Mecanizada	
	Folhas (kg/planta)	Ramos (kg/planta)	Folhas (kg/planta)	Ramos (kg/planta)
2018				
Precoce	0,589 Aa	0,056 Ab	0,589 Aa	0,099 Aa
Adequada	0,434 Ba	0,049 Ab	0,434 Ba	0,080 ABa
Tardia	0,293 Ca	0,0695 Aa	0,293 Ca	0,057 Ba
(C.V)	17,22%	38,65%	17,22%	38,65%
2019				
Precoce	0,2795 Aa	0,0625 Ab	0,272 Bb	0,101 Aa
Adequada	0,1559 Bb	0,0348 Bb	0,314 Aa	0,098 Aa
Tardia	0,0717 Cb	0,0152 Cb	0,216 Ca	0,057 Ba
C.V.	12,34%	23,00%	12,34%	23,00%

* Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem de si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade C.V.: Coeficiente de variação.

4.5 Crescimento vegetativo

Apenas na avaliação de crescimento realizada em maio de 2019 foram encontradas diferenças entre as épocas de colheita na lavoura-2013 para o crescimento dos ramos ortotrópico e plagiotrópico ($p < 0,05$; Figura 14 A e B). As plantas colhidas tardiamente apresentaram maior número de nós no ramo ortotrópico (14,8 nós/ramo; $p < 0,05$), mas somente em comparação às plantas colhidas precocemente (13,7 nós/ramo) (Figura A). Não houve diferença no número de nós por ramo plagiotrópico entre as plantas colhidas nas épocas adequada e tardia (13,4 nós/ramo), entretanto, o crescimento foi menor em função da colheita precoce (12,0 nós/ramo; $p < 0,05$; Figura 14-B). O diâmetro médio da copa não sofreu influência das épocas de colheita, em nenhuma das épocas das avaliações ($p > 0,05$; Figura 14-C). Não houve efeito das épocas de colheita sobre a área foliar na avaliação realizada em agosto de 2018, mas em fevereiro e setembro de 2019 as plantas colhidas precocemente apresentaram menor área foliar ($p < 0,05$) que aquelas colhidas tardiamente (Figura 14-D).

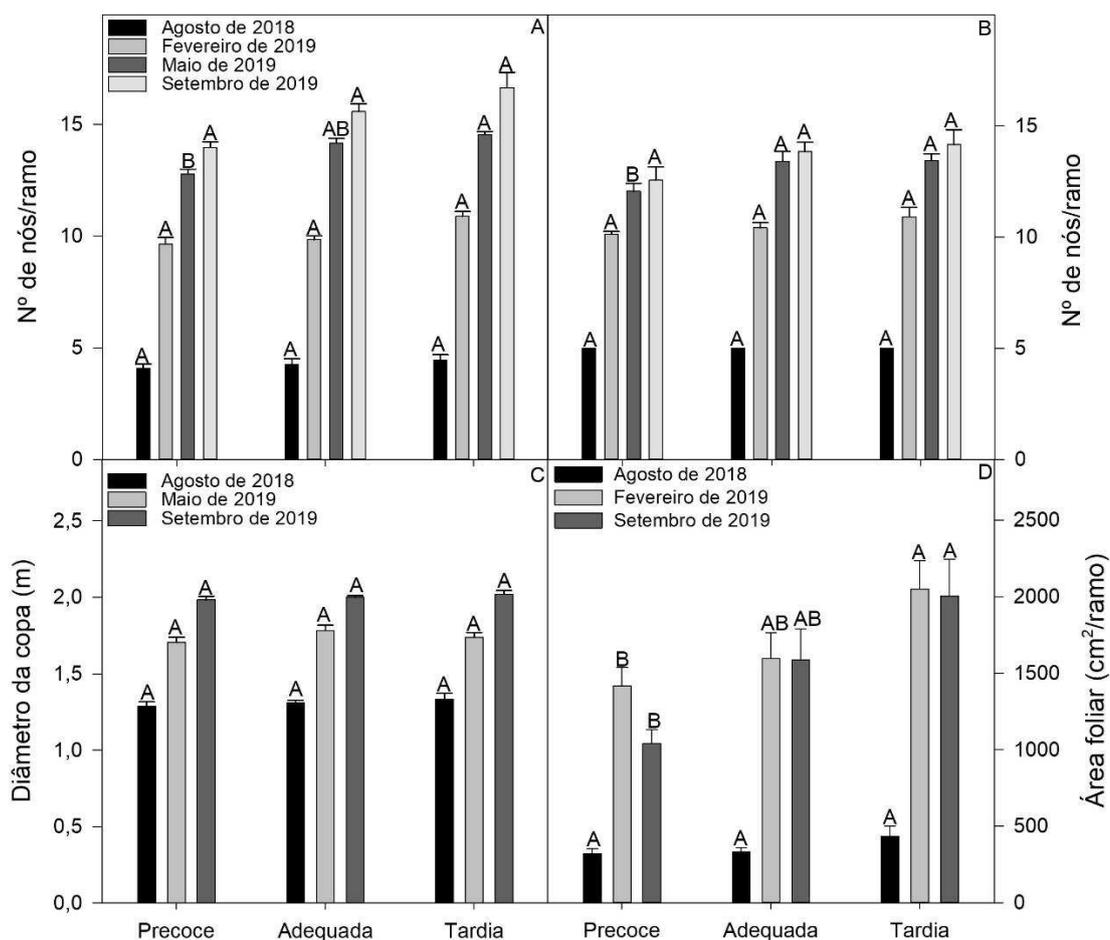


Figura 14: Número de nós nos ramos ortotrópico (A) e plagiotrópico (B), diâmetro médio da copa (C) e área foliar por ramo (D) em plantas da lavoura-2013, avaliados em diversas épocas durante o período experimental, em função das três épocas de colheita. As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n=oitto repetições). Para cada variável e época de avaliação, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

Não houve interação ($p > 0,05$) entre as épocas e métodos de colheita, em nenhuma época de avaliação, para as variáveis referentes ao crescimento vegetativo, na lavoura-2015 (Figura 15). Quanto ao crescimento do ramo ortotrópico, houve influência das épocas de colheita apenas na avaliação realizada em fevereiro-2019 ($p < 0,05$; Figura 15-A). Verificou-se maior número de nós no ramo ortotrópico (15,0 nós/ramo) em decorrência da colheita tardia, em comparação à colheita precoce (14,2 nós/ramo). A lavoura colhida manualmente apresentou maior número de nós em comparação à colheita mecanizada, nas três últimas avaliações ($p < 0,05$; Figura 15-B).

Nas avaliações feitas em maio e setembro de 2019, plantas colhidas tardiamente apresentaram maior número de nós nos ramos plagiotrópicos em comparação às demais épocas (Figura 15-C). Independentemente das épocas, houve diferença entre os métodos de colheita para o crescimento avaliado em fevereiro e em maio de 2019, onde a colheita manual proporcionou maior número de nós nos ramos plagiotrópicos ($p < 0,05$; Figura 15-

D).

Houve influência das épocas de colheita nos diâmetros médios da copa medidos em fevereiro e em setembro de 2019 ($p < 0,05$; Figura 15-E), de forma que a colheita tardia proporcionou maior diâmetro médio da copa em relação às outras épocas. Independentemente das épocas, o método de colheita mecanizada apresentou maior diâmetro médio da copa na última avaliação (Figura 15-F).

Independentemente do método, houve efeito das épocas de colheita sobre a área foliar do ramo plagiotrópico, mas somente nas avaliações realizadas em 2019: em fevereiro, a área foliar era 35,0% maior nas plantas colhidas na época adequada ou tardia, em comparação à colheita precoce; em setembro, a área foliar foi 43,0 e 55,3% maior em função das colheitas adequada e tardia, respectivamente, em comparação à colheita precoce.

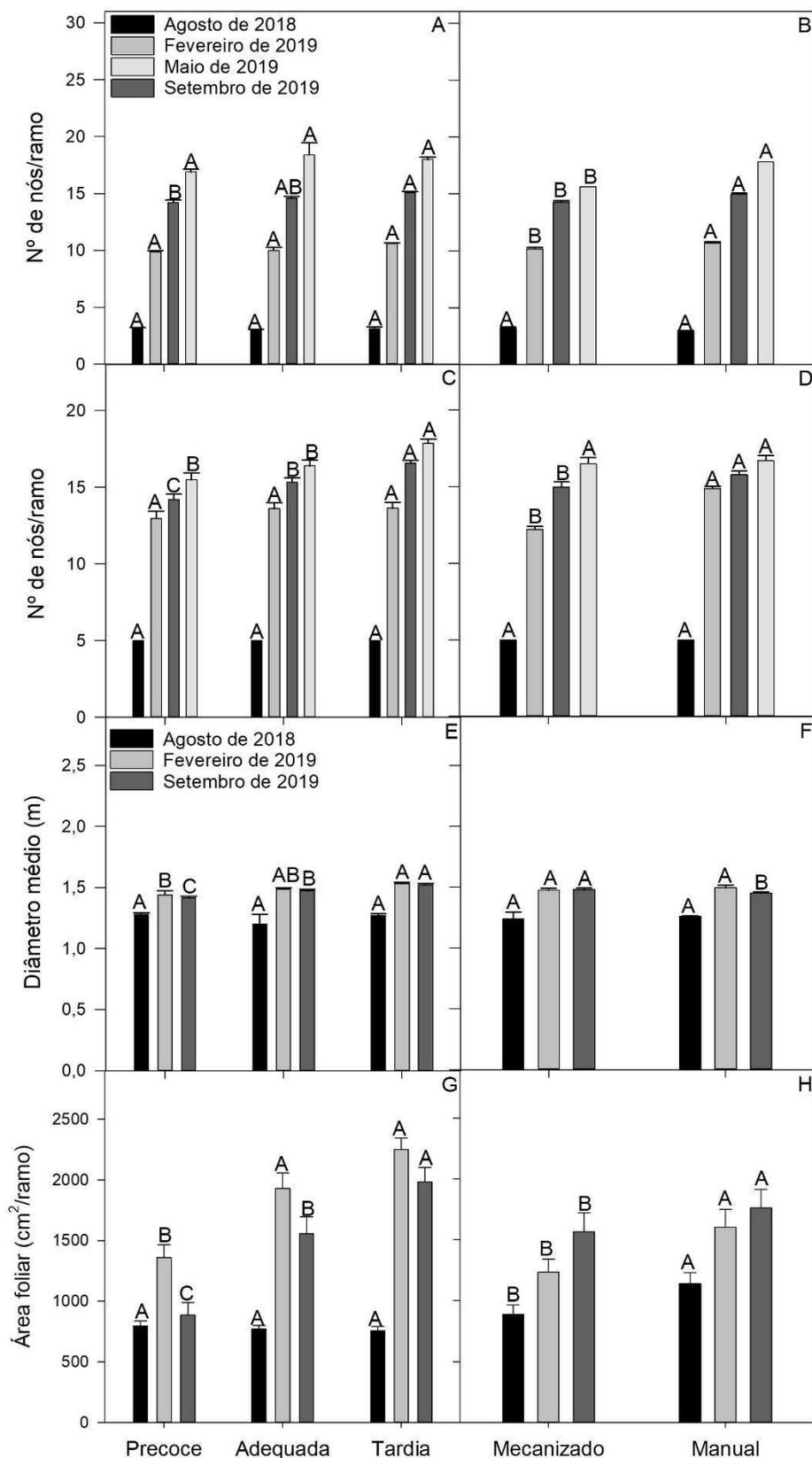


Figura 15: Número de nós nos ramos ortotrópico (A) e plagiotrópico (C), diâmetro médio da copa (E) e área foliar por ramo (G) em plantas da lavoura-2015, avaliados em diversas épocas durante o período experimental, em função das três épocas de colheita (esquerda) e métodos de colheita (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média (n=oitto repetições). Para cada variável e época de avaliação, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

4.6 Intensidade de Floração

Na lavoura-2013, verificou-se maior quantidade de estruturas reprodutivas (gemas) e chumbinhos por roseta em decorrência da antecipação da colheita (Figura 16-A). O pico de estruturas reprodutivas nas plantas colhidas precocemente ocorreu em 08/10 (6,3 estruturas/roseta) e depois declinou até atingir 4,1 chumbinhos por roseta em novembro. Nas plantas colhidas nas épocas adequada e tardia, apesar da menor perda de estruturas e chumbinhos, apenas 1,7 e 1,0 fruto/roseta foram verificados, respectivamente, em 21/11 (Figura 16-A).

No período pré-florada, em 12/09/2018, as rosetas de plantas colhidas precocemente apresentavam menor porcentagem de estruturas no estágio E1 e maior porcentagem de estruturas no estágio E3 em comparação a plantas colhidas nas épocas adequada e tardia ($p < 0,05$; Figura 17-A). Na segunda avaliação, em 08/10, o percentual de estruturas E1 continuou significativamente maior na colheita tardia (49,3%; $p < 0,05$), em comparação às outras épocas de colheita. O percentual de estruturas E4 foi significativamente maior na colheita precoce (44,5%; $p < 0,05$), em comparação às colheitas adequada (8,3%) e tardia (13,1%), entre as quais não houve diferença significativa (Figura 17-B). Em 30/10, o percentual de chumbinhos foi significativamente maior na colheita precoce (49,7%; $p < 0,05$), em comparação à colheita adequada (16,7%); a colheita tardia não diferiu significativamente das demais épocas de colheita (Figura 17-C). Em 21/11, o percentual de chumbinhos foi significativamente maior na colheita precoce (91,7%; $p < 0,05$), seguido da colheita adequada (52,8%) e da tardia (23,3%) (Figura 17-D). Na última avaliação realizada em dezembro, 100% eram chumbinhos nos três tratamentos (dados não apresentados).

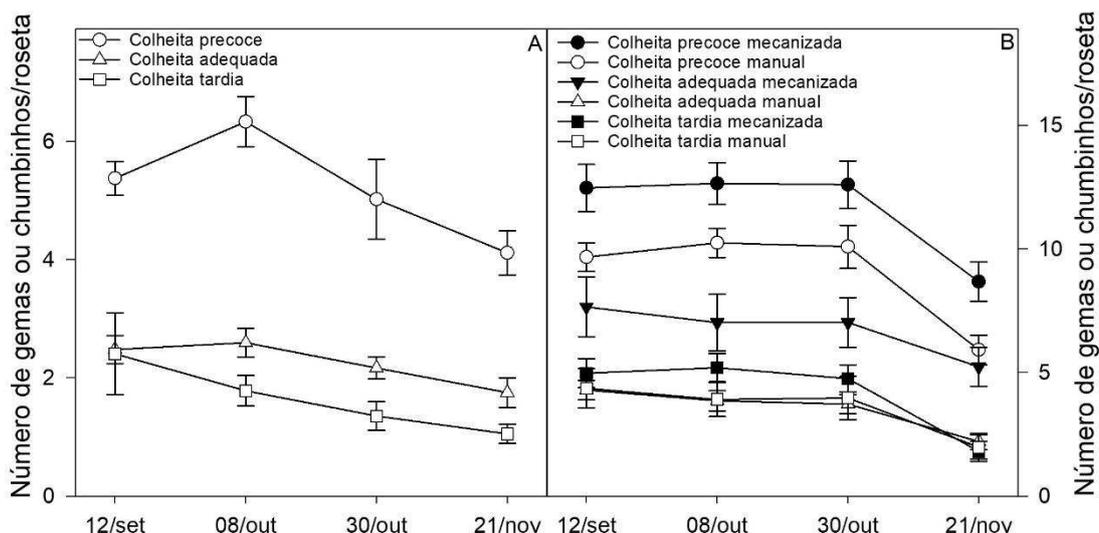


Figura 16: Quantidade total de estruturas reprodutivas (gemmas entre os estádios E1 a E5 e chumbinhos) por roseta entre 12/09/2018 e 21/11/2018 na lavoura-2013 (A) e na lavoura-2015 (B), em função das épocas e, ou, métodos de colheita. Cada ponto no gráfico refere-se à média \pm erro padrão da média ($n =$ oito repetições). A floração principal ocorreu em 13 de outubro na lavoura-2013 e em 25 de setembro na lavoura-2015.

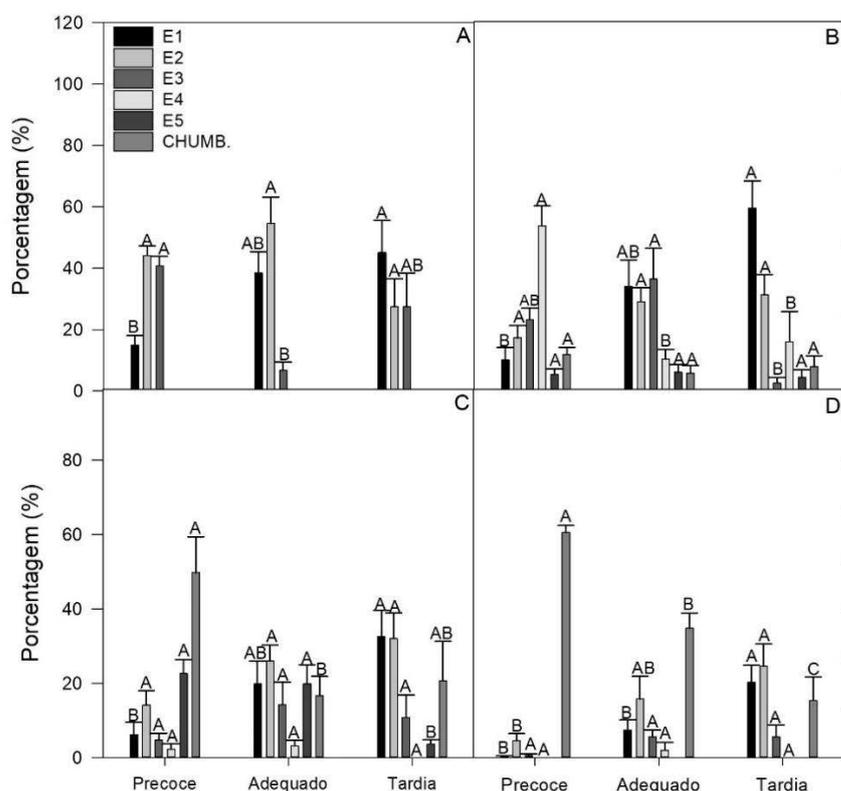


Figura 17: Percentual de estruturas florais (E1, E2, E3, E4 e E5) e de chumbinhos (CHUMB.) por roseta, durante quatro contagens realizadas em 12/09/2018 (A), 08/10/2018 (B), 30/10/2018 (C) e 21/11/2018 (D), na lavoura-2013. As barras representam as médias \pm erro padrão da média. Para cada variável (estádios), barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$). Resultados das contagens posteriores a 21/11 não foram apresentados, pois 100% das estruturas eram chumbinhos, em todos os tratamentos.

Na lavoura-2015, em todas as avaliações, verificou-se maior quantidade de estruturas por roseta em decorrência da colheita precoce, seja ela manual ou mecanizada. No método mecanizado, a média máxima foi de 12,6 estruturas por roseta entre as avaliações realizadas nos dias 08 e 30 de outubro, declinando até estabilizar em 8,6 chumbinhos/roseta em novembro (Figura 16-B). No método manual, constatou-se o máximo de 10 chumbinhos/roseta, com posterior estabilização em 5,9 chumbinhos/roseta. As plantas colhidas na época adequada e mecanicamente atingiram 6,1 gemas/roseta em outubro, declinando para 5,1 chumbinhos/roseta em novembro. Na colheita manual, a média máxima foi de 3,8 e em dezembro caiu para 2 estruturas por roseta. Nas plantas colhidas tardiamente, ambos os métodos (manual e mecanizado) atingiram inicialmente o pico de 4 gemas/roseta, estabilizando em 2 estruturas/roseta em novembro de 2018 (Figura 26-B).

Resultado semelhante à lavoura-2013 foi observado na lavoura-2015. As rosetas de plantas colhidas precocemente apresentavam, em 12/09/2018, menor porcentagem de gemas no estágio E1/E2 e maior porcentagem de gemas no estágio E3 do que aquelas do tratamento com colheita tardia ($p < 0,05$; Figura 18-A). Na segunda avaliação (08/10/2018), o percentual de estruturas E2 estava significativamente maior na colheita adequada e tardia (10,3 e 11,1%; $p < 0,05$), em comparação à precoce, enquanto isso, o percentual de gemas E5 foi significativamente maior na colheita precoce (17,1%; $p > 0,05$), em comparação à colheita adequada (6,9%) e tardia (7,7%), entre as quais não houve diferença significativa (Figura 18-C). Na terceira avaliação (30/10/2018), o percentual de chumbinhos foi significativamente maior na colheita precoce, em comparação a colheita adequada e tardia, entre as quais, não houve diferença significativa (Figura 18-E). No entanto, na quarta avaliação (21/11/2018), não houve diferença no percentual de estruturas em função das épocas ou métodos de colheita ($p > 0,05$; Figura 18-G e H).

Independentemente das épocas de colheita, os percentuais de estruturas, ou, chumbinhos entre os métodos mecanizado e manual variaram nas primeiras épocas de avaliação (Figura 18-B, D e F), entretanto, na última avaliação, não ocorreu diferença significativa entre métodos ($p > 0,05$; Figura 18-H).

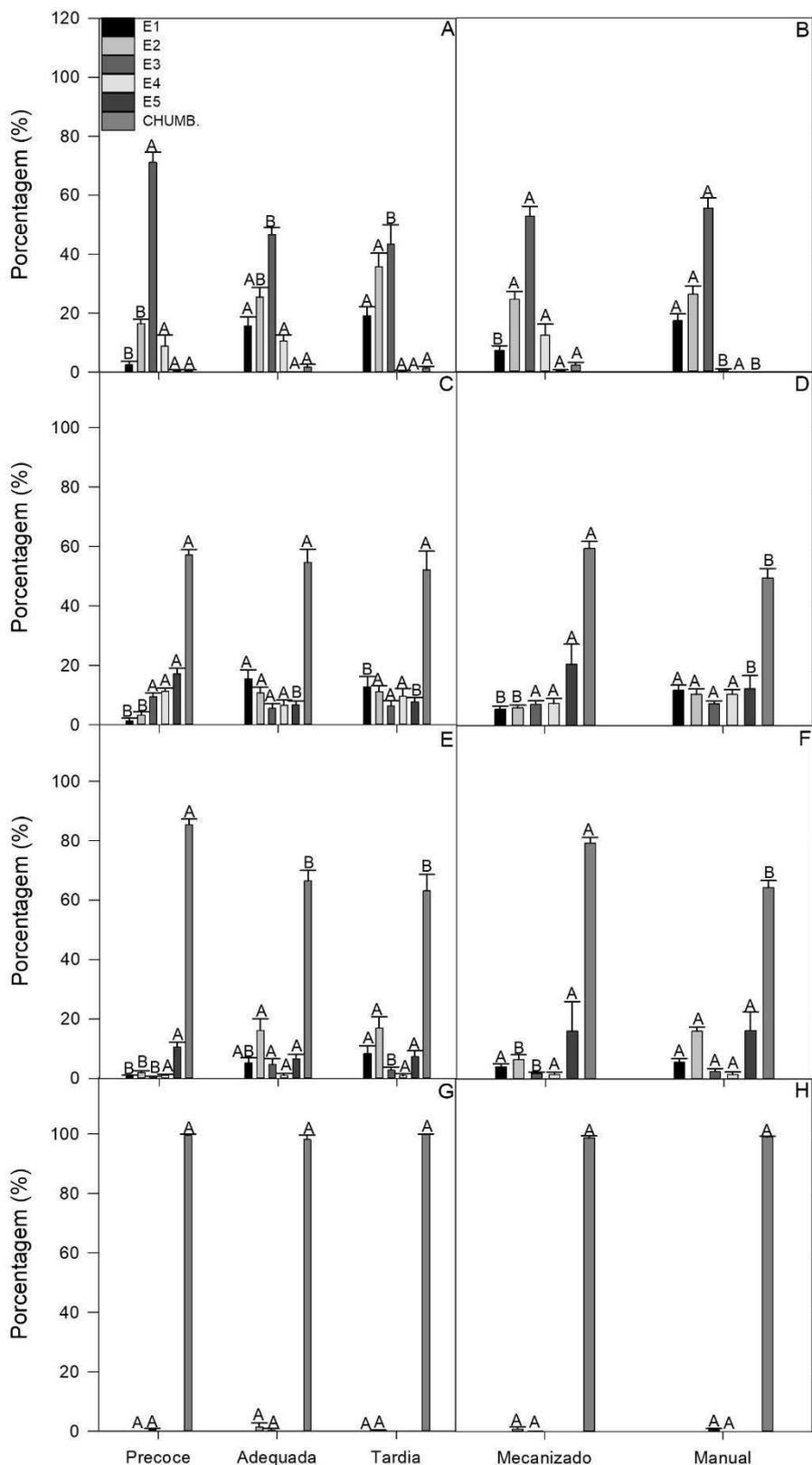


Figura 18: Percentual de estruturas florais (E1, E2, E3, E4, E5) e chumbinhos por roseta em plantas da lavoura-2015, durante quatro contagens realizadas em 12/09/2018 (A), 08/10/2018 (C), 30/10/2018 (E) e 21/11/2018 (G), em função das três épocas de colheita (esquerda) e métodos de colheita (direita). As barras representam as médias \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey para épocas de colheita ($p>0,05$).

Na lavoura-2013 houve efeito ($p < 0,05$) das épocas de colheita realizadas em 2018 sobre o número de frutos por roseta na pré-colheita em 2019. A colheita precoce apresentou o maior número de frutos por roseta (3,3), seguida da colheita adequada (1,5) e com média significativamente inferior, da colheita tardia (0,1) (Figura 19-A). Na lavoura-2015 não houve interação significativa entre as épocas e os métodos de colheita para o número de frutos por roseta ($p > 0,05$; Figura 19-B). A colheita precoce proporcionou maior número de frutos por roseta (5,5), seguida da adequada (3,2) e da tardia (0,6) ($p < 0,05$; Figura 19-B). Entre os métodos de colheita, independentemente das épocas, não houve diferença no número de frutos por roseta ($p > 0,05$; Figura 19-B).

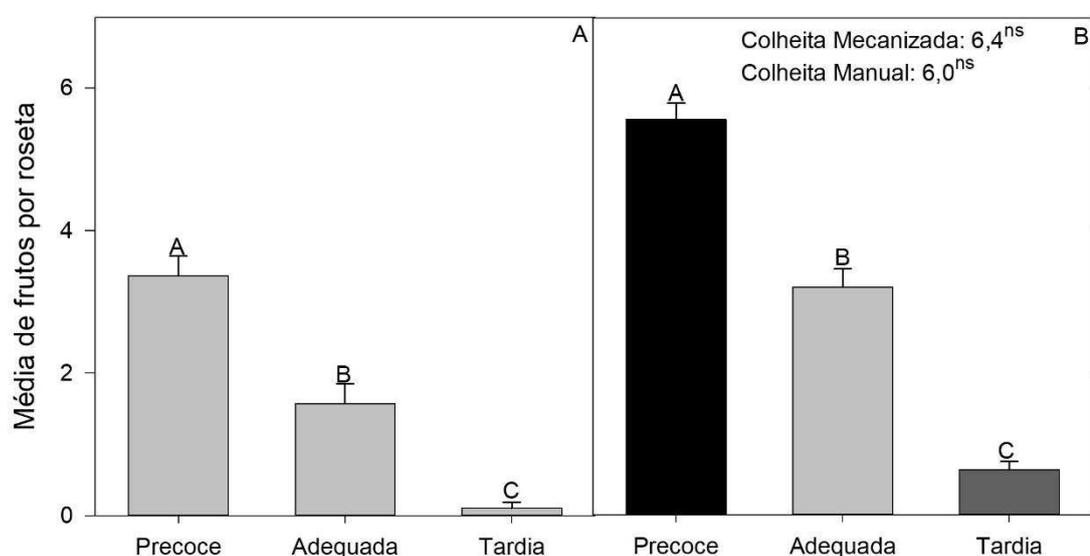


Figura 19: Número de frutos por roseta imediatamente antes da colheita em 2019, em função de três épocas de colheita aplicadas em 2018 na lavoura-2013 (A) e na lavoura-2015 (B). As barras representam as médias \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Para cada variável, barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey para épocas de colheita ($p > 0,05$).

4.7 Curva de crescimento dos frutos

Na lavoura-2013, as plantas colhidas precocemente apresentaram aos 230 dias após a florada principal (última coleta antes da colheita), matéria fresca de 1,2 g/fruto, volume de 1,2 mL/fruto e teor de água em torno de 66,6% (Figura 20-A). Os frutos originados de colheita na época adequada apresentavam, aos 254 dias após a florada, matéria fresca de 1,4 g/fruto, volume de 1,5 mL/fruto e teor de água em torno de 63,4%. E por fim, aqueles de colheita tardia (314 dias após a florada principal), a massa fresca era de 0,7 g/fruto, o volume de 1,1 mL/fruto e o teor de água em torno de 37,4% (Figura 20- C e E).

Na lavoura- 2015, considerando os dados médios dos métodos de colheita, na

última coleta realizada antes da colheita precoce (aos 230 dias após a florada principal), os frutos apresentavam 1,5 g/fruto de matéria fresca, volume de 1,5 mL p/fruto e teor de água em torno de 66,7% (Figura 20-B). Aos 254 dias após a florada principal, foi realizado a última amostragem antes da colheita adequada, onde os frutos apresentavam 1,2 g/fruto de matéria fresca, volume de 1,3 mL/fruto e teor de água em torno de 54,6% (Figura 20- D). A última coleta (289 dias após a florada principal) antes de ser realizado a colheita tardia, os frutos apresentavam 0,9 g/fruto de matéria fresca, volume de 1,1mL/fruto e teor de água em torno de 36,8% (Figura 20-F).

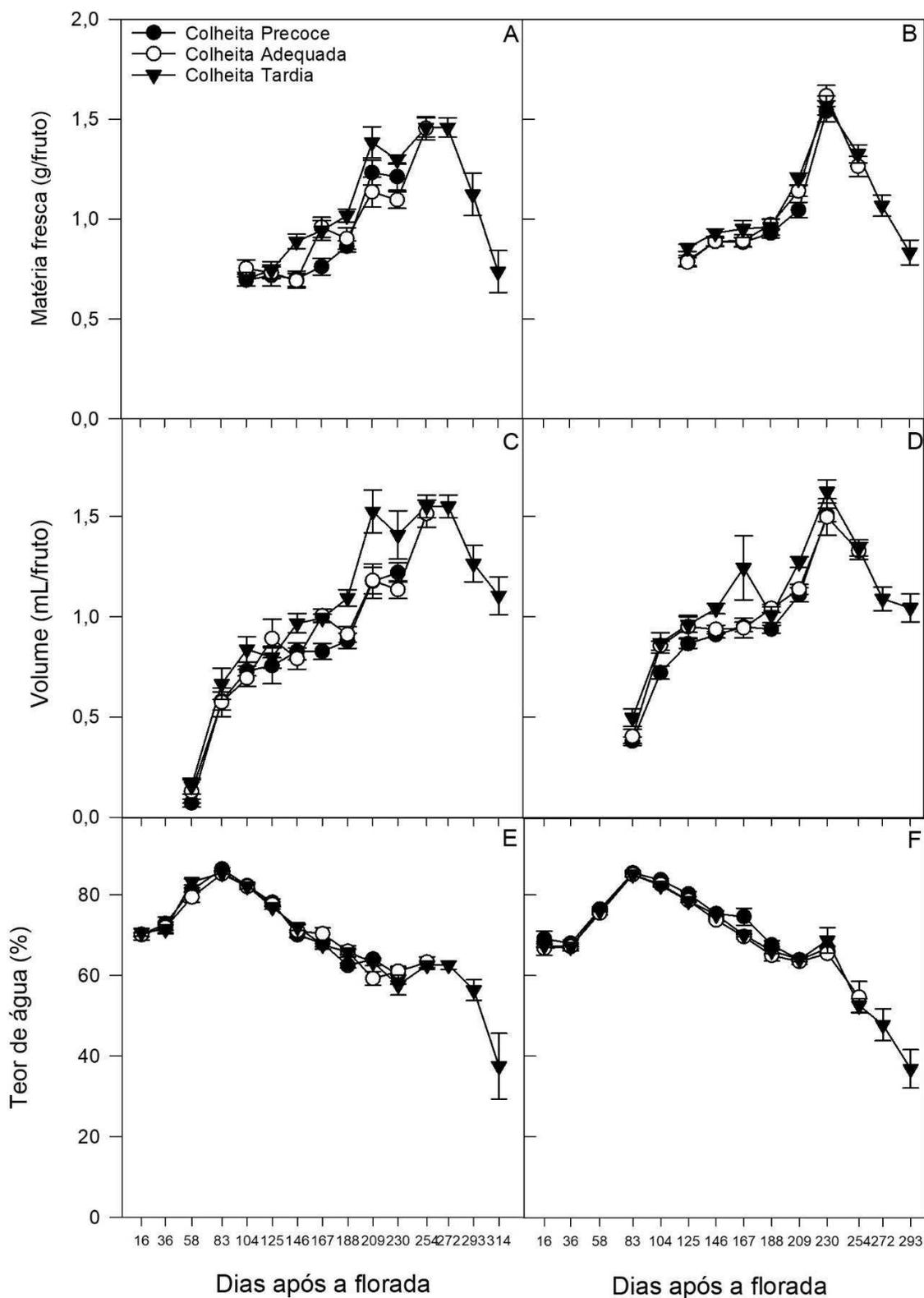


Figura 20: Matéria fresca (A e B), volume (C e D) e teor de água (E e F) dos frutos de café na lavoura-2013 (esquerda) e na lavoura-2015 (direita), em função de três épocas de colheita, avaliados em várias épocas pós a florada principal ocorrida em 2018 (15 de outubro - lavoura-2013 e 25 de setembro - lavoura-2015). A dispersão refere-se à média \pm erro padrão da média (n= oito repetições na lavoura-2013 e 16 repetições na lavoura-2015).

Na lavoura-2013, na última coleta antes de se realizar a colheita precoce (aos 230

DAF), os frutos apresentavam massa de matéria seca em torno de 0,5 g/fruto??, sendo que desse total 30,9% foram particionados para casca, 17,0% para pergaminho e 51,9% para semente (Figura 21-A). Na colheita adequada, o fruto apresentava massa seca igual a 0,5 g/fruto, no entanto, o percentual da casca subiu para 34,8% e o do pergaminho para 17,8%, e o percentual da semente caiu para 47,3% do total de matéria seca do fruto (Figura 21-B). Na colheita tardia, a massa seca do fruto era 0,47 g/fruto, o percentual da casca aumentou para 37,1% e o pergaminho para 18,4%, e o percentual da semente reduziu até atingir 44,3% do total do fruto (Figura 21-C). As matérias secas máximas no fruto e na semente ocorreram aos 254 DAF, 1^a coleta após a colheita precoce e última antes de se realizar a colheita na época adequada.

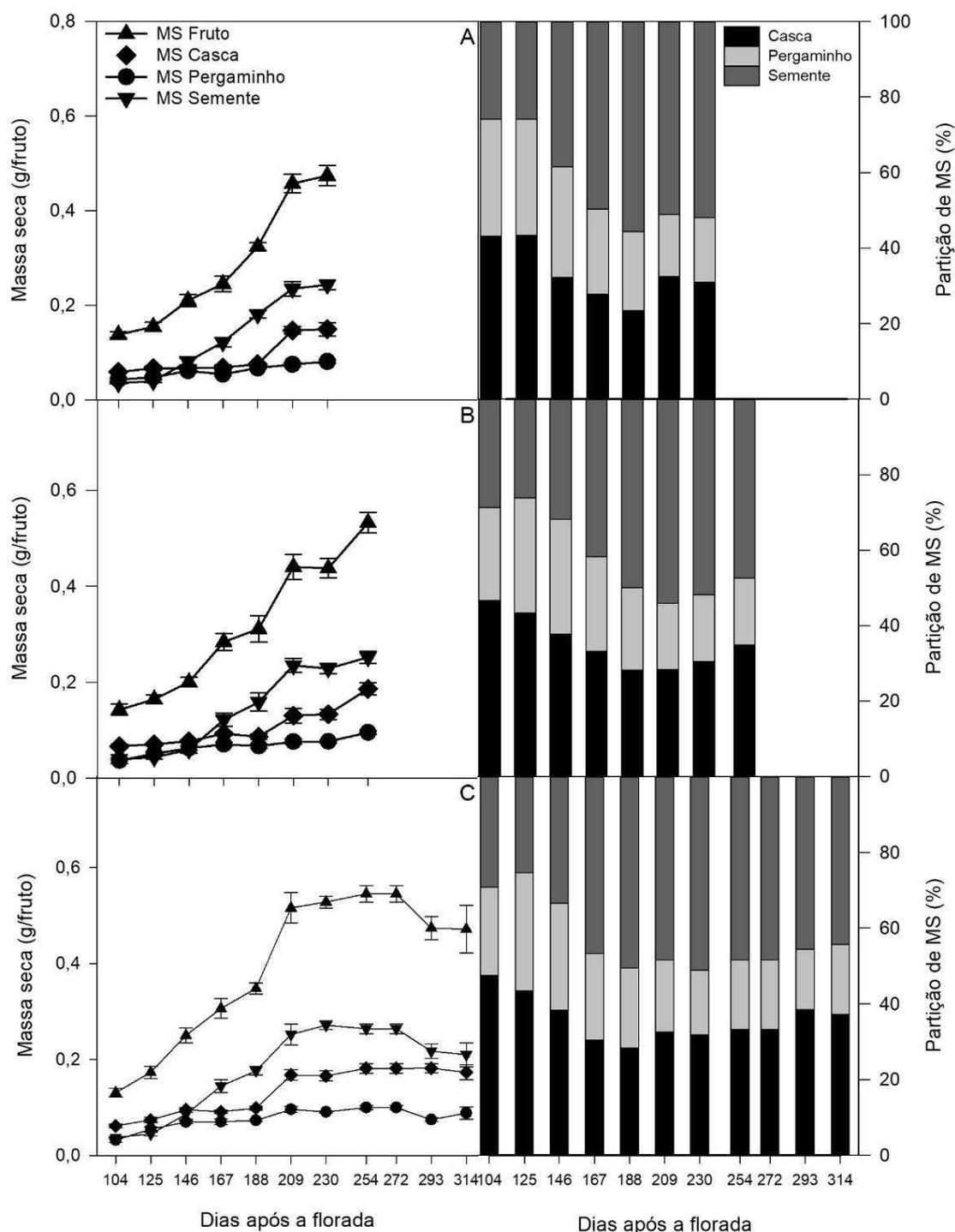


Figura 21: Crescimento absoluto e partição de massa de matéria seca entre as partes constituintes dos frutos coletados na lavoura-2013, a partir de 104 dias após a floração principal até o momento das colheitas precoce (A), adequada (B) e tardia (C). Os pontos no gráfico referem-se à média \pm erro padrão da média ($n=$ oito repetições). Ressalta-se que foram coletados todos os frutos de quatro rosetas aleatórias nos ramos com carga pendente.

Na lavoura-2015, considerando os dados médios dos métodos de colheita, antes de se realizar a colheita precoce (aos 230 DAF) os frutos apresentavam massa seca em torno de 0,5 g/fruto, sendo 36,2% de casca, 17,3% de pergaminho e 46,5% de semente (Figura 22–A). Na colheita adequada, a massa seca era de 0,6 g/fruto, sendo que a partição ocorreu 35,3% para casca, 17,8% para o pergaminho e 46,7% para a semente (Figura 22–

B). Na colheita tardia, a massa seca se manteve em 0,6 g/fruto, e o percentual da casca foi de 34,8%, o de pergaminho de 19,1% e do da semente 45,9% da massa seca total do fruto (Figura 22–C). Assim como na lavoura-2013, a massa seca máxima do fruto e da semente foi alcançada aos 254 DAF.

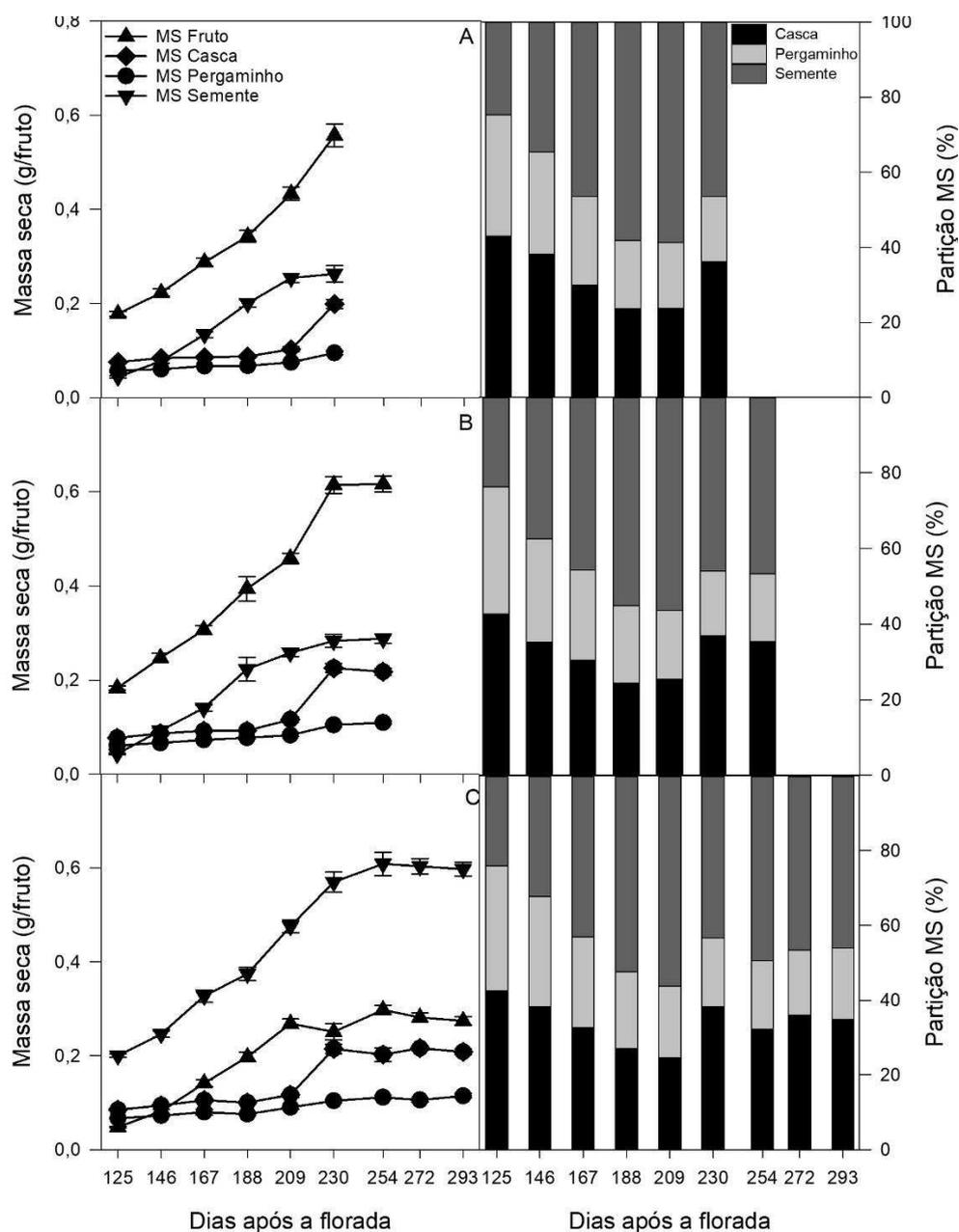


Figura 22: Crescimento absoluto e partição de matéria seca das partes constituintes dos frutos coletados na lavoura-2015, a partir de 125 após a florada até o momento das colheitas precoce (A), adequada (B) e tardia (C). Os pontos no gráfico referem-se à média \pm erro padrão da média ($n= 16$ repetições). Ressalta-se que foram coletados todos os frutos de quatro rosetas aleatórias nos ramos com carga pendente.

5. DISCUSSÃO

As épocas (mas não os métodos) de colheita em 2018 causaram forte influência sobre o desenvolvimento das plantas no mesmo ano e, também, no crescimento das plantas e na produção no ano consecutivo, afetando, sobretudo, o rendimento, a renda e a produtividade das lavouras. Os frutos, mesmo na fase final da granação e durante a maturação continuaram atuando como forte dreno nas plantas, de forma que a colheita precoce, mesmo que tenha penalizado o rendimento do café, permitiu que a planta tivesse maior tempo para se recuperar no período pós colheita. Além disso, colheita precoce ou na época adequada, muito diferentemente da tardia, resultaram em reflexos positivos no florescimento no ano de aplicação dos tratamentos e, conseqüentemente, na produtividade da safra seguinte.

Independentemente do método de colheita ou da idade das lavouras, a época de colheita foi um fator de grande impacto na massa de folhas e ramos desprendidos. Em 2018, ano de aplicação dos tratamentos, a colheita tardia causou menos danos às plantas na colheita manual e, também, na mecanizada, devido a maior facilidade no desprendimento dos frutos na colheita. A abscisão de folhas está ligada, também, à intensidade da frutificação (VASUDEVA & GOPAL, 1975; CASTRO, 2006), assim, como as plantas colhidas tardiamente apresentavam menor volume de café na planta, desprederam menos folhas por ocasião da colheita. Além disso, o período de maior queda de folhas pode estar relacionado também com o período de maturação dos frutos (VASUDEVA & GOPAL, 1975; CASTRO, 2002). Nesta fase, as folhas tornam-se cloróticas e a sua queda estaria associada à exaustão de carboidratos e, também, a períodos de seca e altas temperaturas (JANARDHAN et al, 1971; GOPAL, 1974).

Ressalta-se que a regulagem da colhedora (velocidade, vibração, freios???) foi a mesma para os tratamentos, para não afetar o nível de dano nas plantas. Isso, pois, a regulagem pode ser alterada de acordo com o grau de maturação da lavoura, uma vez que a colheita de frutos verdes necessita de maior esforço na derriça em relação aos maduros (REZENDE et al., 2006). Segundo Oliveira et al. (2007), o aumento da desfolha está diretamente ligado ao aumento da velocidade de vibração das hastes.

A colheita, seja ela mecanizada ou manual, causa danos as plantas e é considerada fator de estresse que pode influenciar no aumento da bienalidade da produção (SANTINATO et al., 2019). Comparando-se os métodos de colheita em 2018, o mecanizado quebrou significativamente mais ramos. Todavia, isso não afetou a produtividade da próxima safra, que foi igual entre os métodos de colheita. Oliveira et al.

(2007), passando a colhedora uma e duas vezes na lavoura, e obtendo danos variando entre 675 e 806 g planta⁻¹, concluiu que a produtividade não foi influenciada ao longo dos anos de avaliação. Analisando a desfolha encontrados nas três épocas de colheita, na lavoura-2013 e na lavoura-2015, sendo manual ou mecanizada, as massas de folhas foram semelhantes àquelas obtidas em outras condições por Silva et al. (2010), de até 0,75 kg/planta, e menores que as encontradas por outros autores (OLIVEIRA et al., 2007; SANTINATO et al., 2014b; SANTINATO et al., 2015).

A colheita realizada em época tardia em 2018 resultou em menor quantidade de estruturas (gemas e chumbinhos) por roseta, além do atraso no desenvolvimento das gemas em relação às plantas que foram colhidas precocemente. É importante registrar que o período de tempo entre a colheita precoce e a florada foi de x dias, mas entre a colheita tardia e florada foi de apenas x dias. Além da influência da colheita em 2018, houve ação de fatores meteorológicos no período pré-florada. Entre os meses de junho a setembro, o período seco se restringiu apenas aos meses de junho e julho, fato que pode estar ligado às floradas desuniformes de 2018. Este período com duração de dois a quatro meses, seguido de chuva ou irrigação em abundância é importante para que ocorra uma florada principal (RONCHI et al., 2015). Cafeeiros que recebem água com maior frequência durante este período têm a floração indefinida (BRAGANTIA, 2001; DaMATTIA et al., 2007; RONCHI et al., 2015; RONCHI & MIRANDA, 2002).

De acordo com os resultados apresentados (Figura 18), pode-se observar maior quantidade de estruturas reprodutivas em plantas colhidas precocemente em comparação àquelas colhidas tardiamente, em ambas as lavouras (2013 e 2015). Resultado semelhante foi encontrado ao se desfrutificar plantas no estágio inicial de crescimento dos frutos, resultando em maior número de estruturas florais no ciclo posterior; quando realizado próximo à maturação dos frutos, ocorreu um menor número de estruturas florais (CASTRO et al., 2002). Produções elevadas podem atrasar e restringir a diferenciação das estruturas florais (WORMER & GITUANJA, 1970; JACKSON & SWEET, 1972; CUNHA, 2002).

Um fato importante observado em ambas as lavouras foi o atraso no desenvolvimento das estruturas florais com o atraso da colheita, pois enquanto as plantas colhidas precocemente apresentavam alto percentual de estruturas no estágio E4, as plantas colhidas tardiamente tinham maior percentual no estágio E1 (Figuras 19 e 20). E isso ocorreu mesmo diante das condições climáticas desfavoráveis à sincronização das estruturas. Avaliando os métodos de colheita na lavoura-2015, os percentuais de

estruturas e, ou, de chumbinhos variaram nas primeiras épocas de avaliação, entretanto, na última avaliação, não ocorreu diferença significativa entre eles. A menor emissão de estruturas florais nas plantas colhidas tardiamente, resultou em menor quantidade de frutos por nó (Figura 18).

Os frutos mobilizam grandes quantidades de carboidratos e recursos minerais, uma vez que são drenos preferenciais (CANNELL, 1985); parte da reserva utilizada vem dos ramos plagiotrópicos (CHAVES FILHO & OLIVEIRA, 2008). O amido é a principal reserva de plantas vasculares (BAHAJI et al., 2014), considerado fonte de energia durante a floração, com isso, plantas colhidas tardiamente em 2018 tiveram menor tempo para repor suas reservas e investir numa florada, resultando em uma carga baixa de frutos em 2019. Com uma baixa carga de frutos, seus recursos foram direcionados para novo crescimento vegetativo, conforme observado no crescimento vegetativo na lavoura-2015 e, também, na área foliar de ambas as lavouras (2013 e 2015). As plantas submetidas aos tratamentos de colheitas precoce e adequada em 2018 investiram seus recursos (fotoassimilados e nutrientes) em uma nova carga de frutos em 2019, que não foi equivalente a uma carga de bienalidade alta, mas nem tão baixa como esperado, sobretudo para a lavoura-2013 (4ª safra).

Na avaliação de crescimento realizada em maio de 2019, portanto na pré-colheita tanto da lavoura-2013 como da lavoura-2015, as plantas colhidas precocemente em 2018 apresentavam significativamente menor número de nós nos ramos plagiotrópico e ortotrópico em relação àquelas colhidas tardiamente. Esse fato está associado à partição dos fotossimilados para os frutos em detrimento ao crescimento vegetativo (VAAST et al., 2005; CHAVES et al., 2012; MOSCARDINI et al., 2020). No entanto, na avaliação pós-colheita realizada na lavoura-2013 em setembro de 2019 não foram encontradas mais diferenças significativas no número de nós (no ramo plagiotrópico e no ortotrópico) entre os tratamentos, mostrando que plantas colhidas precocemente recuperaram a diferença de crescimento no período pós-colheita. Em contrapartida, essa diferença se manteve para o menor número de nós nos ramos plagiotrópicos na lavoura-2015, onde plantas colhidas tardiamente se desenvolveram mais.

A influência da presença dos frutos sobre o crescimento vegetativo foi pesquisada por muitos autores (CANNELL, 1971; CLOWES & WILSON, 1977; AMARAL et al., 2001; CASTRO et al., 2002; DaMATTA et al., 2008; BOTE & JAN, 2016). As variações nas taxas de crescimento de ramos podem ser atribuídas à intensidade de frutificação corrente, sem, contudo, alterar o padrão de sazonalidade do crescimento do cafeeiro

(CASTRO et al., 2002). Os desequilíbrios entre a carga de frutos e o desenvolvimento vegetativo são vistos como a base da bienalidade de produção (CANNELL, 1985). De fato, os frutos são fortes drenos e restringem fortemente o crescimento vegetativo (DaMATTA et al., 2008).

Analisando o efeito do desbaste de frutos nos estádios iniciais da frutificação, Bote & Jan (2016) concluíram que houve redução na queda de folhas e o crescimento dos ramos foi estimulado através do aumento da área foliar e do diâmetro dos ramos plagiotrópicos. Na lavoura-2013 e na lavoura-2015, plantas colhidas precocemente em 2018 conseguiram investir em uma maior carga de frutos em 2019, no entanto apresentaram redução no número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópico e menor área foliar ao se comparar aos outros tratamentos. A área foliar e novos nós são essenciais na produção da safra seguinte, já que flores e frutos são produzidos uma única vez em cada nó do ramo plagiotrópico (BOTE & JAN, 2016; ARCILA-PULGARIN et al., 2002; RENA et al., 1994).

No início do desenvolvimento do fruto (qual fase ou fases??), o teor de água era relativamente alto, atingindo em torno de 85%, aos 83 DAF, em ambas as lavouras e tratamentos, e foi diminuindo com o tempo, concomitantemente ao incremento de matéria seca. Em ambas as lavouras pesquisadas, o teor de água ao final da maturação estava em torno de 62%. Nas colheitas tardia, o teor de água atingiu 37,4% na lavoura-2013 e 36,8% na lavoura-2015.

O crescimento dos frutos ocorre em cinco fases, com base no padrão duplo-sigmóide (WORMER, 1964; CANNELL, 1985). Segundo Castro (2002), entre a 8ª e 12ª semanas após a florada, ocorre pronunciada abscisão de frutos. O mesmo foi observado nas duas lavouras, no entanto, entre ao 16ª e 58ª DAF, sendo mais pronunciado a queda de frutos na lavoura- 2015. Entre a 27ª e 28ª semana, quando há o enchimento dos lóculos, ocorre rápido armazenamento de assimilados para constituir o endosperma e as sementes atingem o conteúdo máximo de matéria seca (CASTRO, 2002). Nas lavouras 2013 e 2015, para todos os tratamentos, o conteúdo máximo da semente foi alcançado entre 209-230 DAF, aproximadamente entre a 30ª e 33ª semana. Segundo DaMATTA et al. (2007), a semente atinge sua massa seca final quando o fruto ainda está verde.

Durante o último estágio, ocorre a maturação do fruto (DaMATTA et al., 2007). As mudanças acontecem principalmente no pericarpo, que aumenta de tamanho, massa fresca e seca (WORMER, 1964; CANNELL 1976, 1985). Neste ponto, aos 230 DAF (33ª semana) ocorreu a colheita precoce em ambas as lavouras. No entanto, foi observado que

boa parte das sementes ainda não estavam totalmente granadas, uma vez que após a colheita precoce houve aumento da massa de matéria seca das sementes nas duas lavouras avaliadas (Figura 21 e 22).

Uma vez que a maturação é alcançada, a semente pode perder massa de matéria seca, enquanto os frutos inteiros podem ainda acumular massa se permanecerem ligados por mais tempo à planta (EIRA et al., 2006), por exemplo em casos de colheitas tardias. No entanto, pode-se observar que na colheita precoce em 2019, em ambas as lavouras, a semente ainda não tinha atingido a maturidade fisiológica, uma vez que houve incremento de massa de matéria seca nas sementes colhidas entre a época precoce e a adequada. Esse incremento de massa seca não persistiu até a colheita tardia, momento em que ocorreu estabilização no acúmulo de matéria seca do fruto, mas com um decréscimo na matéria seca da semente. A perda da massa de matéria seca da semente?? pode ser devido ao consumo de substrato (reservas) pela respiração e deterioração da semente, paralelo à interrupção da translocação dos fotoassimilados do fruto (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) para a semente (EIRA et al., 2006).

Na lavoura-2015, em virtude das condições meteorológicas, ocorreu uma mudança rápida de frutos cereja para passa, o que afetou o desenvolvimento dos frutos nos estágios finais da frutificação. O resultado foi o ganho de massa de matéria seca na casca e no pergaminho até a colheita tardia e perda de matéria seca na semente nas amostragens realizadas após a colheita adequada. Em geral, pode-se observar que os frutos colhidos precocemente não tinham atingido o máximo de ganho de massa de matéria seca, o que pode estar explicar as diferenças de rendimento e renda entre os tratamentos em ambas as lavouras.

Fatores ambientais podem influenciar diretamente na transição do fruto de verde para passa, ocorrendo queda de 18% no rendimento intrínseco do café (proporção grãos/casca) (GASPARI-PEZZOPANE et al., 2005). Os autores acrescentam que esses resultados refletem, provavelmente, modificação dos teores de água nos diferentes tecidos do fruto durante o processo de maturação. Frutos verdes e cerejas apresentam maior umidade e necessitam perder mais água para atingir o ponto ideal de seca e apresentam menor rendimento do que o café passa (TAVARES, 2013). Fatos estes que também foram observados neste trabalho.

A ocorrência de calor intenso e estiagem em janeiro de 2019 pode ter resultado em estimativas de rendimento ainda menores na safra desse ano, pois pode ter afetado a fase de granação dos frutos. Segundo Bragantia (2001), as estiagens severas nessa fase

fenológica podem resultar no chochamento dos frutos. Em abril de 2019, houve alta precipitação, quatro vezes maior que em abril de 2017 e três vezes maior que no mesmo mês de 2018. Nesta época (abril), em 2019, o fruto encontrava-se na fase de maturação, onde deficiências hídricas moderadas beneficiariam a qualidade do fruto (BRAGANTIA, 2001). Além disto, as chuvas no período inicial de colheita acarretaram em uma mudança rápida de frutos verdes-cana para passas/seco, antecipando a colheita precoce em 2019 (que teoricamente deveria ter sido realizada com percentual de frutos verdes entre 30 a 40%, mas que se concretizou com x a y%). Verificou-se que o percentual de frutos cerejas em 2019 decresceu consideravelmente em relação à safra anterior e atingiu o auge do percentual de frutos passas/secos em julho, mês que na safra anterior era considerado ainda uma época ideal de colheita (baixo percentual de frutos verdes e passas/secos e alto percentual de cerejas).

A baixa porcentagem de cerejas em relação a frutos verdes e secos pode levar a uma queda na qualidade da bebida, além do aumento na quantidade de defeitos (PIMENTA & VILELA, 2003; BORÉM, 2005; MESQUITA, 2016). Apesar do seu atual menor valor no mercado de grãos, os grãos verdes possuem compostos de alta atividade antioxidante que podem agregar valor ao produto final com o processamento nutracêutico (BOREM et al., 2019), ainda insipiente no Brasil. Segundo estes autores, é possível produzir cafés especiais colhendo entre 30% a 35% de frutos verdes, aumentando assim a atividade antioxidante de grãos crus, elevando também a doçura, acidez e intensidade do corpo em relação a amostras controle. Ainda, pesquisa que comparou colheita antecipada (com 40% de frutos verdes) com colheita adequada (10% de frutos verdes) não encontrou diferença significativa na qualidade da bebida (BRANDÃO et al., 2019). Em resumo, acredita-se que possíveis perdas em qualidade com colheitas mais precoces podem ser compensadas por maiores produtividades no ano seguinte, o que justificaria antecipar o início da colheita, mas nunca atrasá-la, sobretudo em lavouras novas.

A colheita com maior porcentagem de frutos verdes pode reduzir a presença de grãos de peneiras 16 e acima (FERRONI & TUJA, 1992), o que é uma característica desfavorável à comercialização (DAL MOLIN et al., 2008). Todavia, em alguns trabalhos, a maior presença de frutos verdes na colheita não afetou as peneiras (DAL MOLIN et al., 2008; BRANDÃO et al., 2019). No ano de aplicação dos tratamentos, a colheita precoce (com 30% de frutos verdes) apresentou menor percentual de grãos na peneira 18/17 (lavoura-2013) e na peneira 10 (lavoura-2015). No entanto, as colheitas precoces realizadas em 2018 tiveram efeito positivo sobre as colheitas precoces realizadas

em 2019, onde ocorreu um aumento de 20% e 11% na peneira 18/17 na lavoura-2013 e lavoura-2015, respectivamente, em relação ao que foi encontrado na colheita tardia (Figura 11). Ressalta-se que a colheita precoce pode ter a vantagem de permitir que o produtor organize melhor a logística da colheita, reduzindo consideravelmente o volume de café no chão e aumentando a relação fonte:dreno do cafeeiro no período pós-colheita/pré florada, com reflexos positivos na safra seguinte

A produtividade de uma lavoura, pensando apenas em café colhido na árvore, pode ser afetada com o atraso na colheita, pois ele aumenta a quantidade de frutos caídos no chão (SANTINATO et al., 2014 e 2015). Esse fato foi observado nas colheitas tardias realizadas em 2018 e 2019, em ambas as lavouras e métodos (Figura 6 e 9). A força de desprendimento de frutos secos à planta é menor que a de frutos cerejas, o que pode ter aumentado a proporção de frutos caídos no chão (CUNHA et al., 2016; FERREIRA JÚNIOR et al., 2016; ALVARENGA et al., 2018). Mesmo com o volume e produtividade do café de varrição significativamente maior nas colheitas tardias em ambas as lavouras em 2019, os valores não foram suficientes para alterar a produtividade total das plantas colhidas tardiamente, que foi menor.

Cafeeiros com alta carga de frutos geralmente estão fisiologicamente predispostos à baixa produtividade na próxima safra (BOTE & JAN, 2016). Contudo, colheitas precoces realizadas em 2018, ano de safra alta, possibilitaram maior produtividade na safra seguinte, considerada baixa (2019). Na lavoura-2013, a produtividade da lavoura nas colheitas precoce e adequada, entre as quais não houve diferença em 2019, foi 68% superior à produtividade verificada com a colheita tardia; na lavoura-2015, independentemente do método de colheita, a produtividade foi 65% superior à produtividade obtida na colheita tardia.

Colheitas precoces resultaram em perdas no rendimento e renda de 33,9% e 16,3% respectivamente, na lavoura-2013, e de 27,6% e 33,1% na lavoura-2015. Além disso, após a colheita precoce ocorreu ganho de 10,3% e 11,6% na massa seca das sementes nas lavouras 2013 e 2015 respectivamente (Figuras 23 e 26). Essas perdas quantitativas remetem-se à necessidade de se utilizar mais litros de café para se obter uma saca (BARTHOLO & GUIMARÃES, 1997). No entanto, mesmo com essas diferenças no rendimento e renda, a produtividade na safra seguinte (2019) foi significativamente superior quando as lavouras (sobretudo a 2015 – lavoura de segunda safra) foram colhidas precocemente no ano anterior (2018), em comparação às demais épocas de colheitas, independentemente do método de colheita empregado em 2018.

6. CONCLUSÕES

O fruto de café como um todo (mas não a semente) parece manter a atividade de órgão-dreno nos estágios finais da maturação.

Colheita tardia atrasa o aparecimento das gemas e reduz fortemente o número de frutos por roseta em comparação a colheitas precoces ou adequadas.

Colheitas precoce ou na época adequada, em lavouras jovens de safra alta, resultam em maiores produtividades na safra seguinte se comparadas à colheita tardia.

Os danos às plantas de café foram maiores no método de colheita manual em comparação ao mecanizado.

A produtividade da safra seguinte não foi afetada pelos métodos de colheita empregados no ano anterior em lavouras de primeira safra.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALÈGRE, C. Climats et caféiers d'Arabie. **Agronomie Tropicale**, v. 14, p.23-58, 1959.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.25-32, 1999.
- AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 377-384, 2006.
- ANTUNES, W. C.; POMPELLI, M. F.; CARRETERO, D. M.; DaMATTA, F. M. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). **Annals of Applied Biology**, v. 153, p. 33-40, 2008.
- ARCILA-PULGARÍN, J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; WICKE, H. Aplicação da escala BBCH estendida para a descrição das fases de crescimento do café (*Coffea* spp.). **Annals of Applied Biology**, v. 141, p. 19-27, 2002.
- ASSIS, R. T. de. **Fontes e doses de fósforo na formação de mudas e produção do cafeeiro**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.
- BAHAJI. A.; LI. J.; SÁNCHEZ-LÓPEZ. Á. M.; Baroja-Fernández, E.; Muñoz, F. J.; Ovecka, M.; Pozueta-Romero, J. Biossíntese de amido, sua regulação e abordagens biotecnológicas para melhorar a produtividade das culturas. **Biotechnology Advances**, v. 32, p. 87-106, 2014.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; MOREIRA, R. C. Sources of assimilates for expanding flower buds of coffee. **Turrialba**, v. 32, p. 371-77, 1982.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; RENA, A. B. Physiology of growth and production of the coffee tree - A review. **Journal Coffee Research**, v. 27, p. 1-54, 1999.
- BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, v. 187, p. 33-42, 1997.
- BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R.; FARIA, L. F. 3; SILVA, P. J. Alternativas para processamento do café verde. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL. **Anais**, Embrapa Café, 2005.
- BOTE, A. D.; JAN, V. Dinâmica de crescimento de ramos, fotossíntese, produção e distribuição de tamanho de feijão em resposta à manipulação da carga de frutos em cafeeiros. **Árvores**, v. 30, p. 1275-1285, 2016.
- BORÉM, F. M., CORADI, P. C., SAATH, R; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1609-1615, 2008.

BOREM, F. M., GIMENES, J. D., ALVES, A. P. C., SANTOS, C. M. Novas fronteiras para o processamento do café: A antecipação da colheita sem perdas na qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, **Anais**, 45° CBPC, p. 316, 2019.

BRANDÃO, L. G., SILVA, B. S., CAIXETA, L. F. Antecipação do ponto de colheita do café via secagem estática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, **Anais**, 45° CBPC, p. 337, 2019.

CAMARGO, Â. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, p. 65-68, 2001

CANNELL, M. G. R. Contribution of carbohydrates from vegetative laterals of the growth of fruits on the bearing branches of *Coffea arabica*. **Turrialba**, v. 20, p. 15-19, 1970.

CANNELL, M. G. R. Effects of fruiting, defoliation and ring-barking on the accumulation and distribution of dry matter in branches of *Coffea arabica* L. in Kenya. **Experimental Agriculture**, v. 7, p. 63-74, 1971a.

CANNELL, M. G. R. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. **Annals of Applied Biology**, v. 67, p. 99-120, 1971b.

CANNELL, M. G. R. Physiology of the coffee crop. In: WILSON, K. C (eds), **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**, London, Croom Helm Ltd, p. 108-34, 1985.

CARVALHO, A.; MEDINA-FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M. M. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, p. 135-183, 1991.

CARVALHO, C. H. S.; RENA, A. B.; PEREIRA, A. A.; CORDEIRO, A. T.; Relação entre a produção, teores de N, P, K, Ca, Mg, amido e a seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 665-673, 1993.

CARVALHO, L. G.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; ALVES, H. M. R. A regression model to predict coffee productivity in Southern Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p. 204-211, 2004.

CARVALHO, C. H. S.; ALMEIDA, G. R. R.; MENDONÇA, J. M. A.; GARCIA, A. L. A.; SOUZA, T. Estudo sobre a seca de ramos e o depauperamento precoce do cafeeiro. **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira** 2, p. 14-16, 2005.

CARVALHO, G. R., PEREIRA, D. R., FELICORI, J. P., VILELA, D. M., BOTELHO, C. E., ANDRADE, V. T., FERREIRA, A. D. A importância do rendimento na recomendação de cultivares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, **Anais**, 45° CBPC, p. 219, 2019.

CASTRO, A. M. D. Efeito de desfrutificações seqüenciadas sobre o crescimento e a

produção do cafeeiro arábico, p. 106, Tese de Doutorado. 2002.

CHAVES, A. R. M., MARTINS, S. C. V., BATISTA, K. D., CELIN, E. F., DaMATTA, F. M. Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback, with little to no effect on photosynthesis, carbohydrate or mineral pools, in different canopy positions of field-grown coffee trees. **Environmental and Experimental Botany**, v. 77, p. 207–218, 2012.

CLOWES, M. S. J.; WILSON, J. H. The growth and development of lateral branches of *Coffea arabica* L. in Rhodesia. **Rhodesia Journal of Agricultural Research**, v. 15, p. 171-85, 1977.

COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 27, p. 507-528, 1976.

COOPERATIVA REGIONAL DE CAFEICULTORES EM GUAXUPÉ LTDA. COOXUPÉ, 2020. Disponível em: <<https://www.cooxupe.com.br/>>. Acesso em: 10, janeiro de 2020.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café: V.6 - SAFRA 2019 - N.1 - Primeiro levantamento**, Janeiro de 2019.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café: V.5 - SAFRA 2019 - N.3 – Terceiro levantamento**, Setembro de 2019.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. 2001. 71 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2001.

CUNHA, R. L.; MARTINS, S. C. V.; CELIN, E. F.; WOLFGRAMM, R.; BATISTA, K. D.; CATEN, A. T.; CHAVES, A. R. de M.; DAMATTA, F. M. Variações no crescimento vegetativo e reprodutivo em resposta à manipulação da razão fonte:dreno, em *Coffea arabica* L. sob condições de campo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. **Anais**, EMBRAPA CAFÉ, 2007.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B. A.; LISBOA, C.F.; MACHADO, T. A. Viabilidade técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita do café. **Coffee Science**. v. 11, p. 417-426, 2016.

DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: Zambolim L. (Ed.), **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, p. 93-135, 2002.

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

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, p. 485-510, 2007.

De CAMARGO, Â. P., De CAMARGO, M. B. P.. Definição e Esquematização das Fases Fenológicas do Cafeeiro Arábica nas Condições Tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, p. 65–68, 2001.

- DE CASTRO, R. D.; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 175-199, 2008;
- De OLIVEIRA, E., Da SILVA, F. M., SALVADOR, N., FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 714–721, 2007.
- DAVIES, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 152, p. 465-512, 2006.
- DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M. F. 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**, v. 167, p. 357-377, 2011.
- EIRA, M. T. S.; SILVA, E. A. A. da, CASTRO, R. D de.; DUSSERT, S.; WALTERS, C.; BEWLEY, J. D.; HILHORST, H. W. M. Coffee seed physiology. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 149-163, 2006.
- FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 231-40, 2012.
- FERNANDES, T. J.; PEREIRA, A. A., MUNIZ, J. A., FERNANDES, T. J., PEREIRA, A. A.; MUNIZ, J. A. Double sigmoidal models desacaribing the growth of coffee berries. **Ciência Rural**, v. 8, 47 p, 2017.
- FERREIRA JUNIOR, L. G.; SILVA, F. M.; FERREIRA, D. D.; SALES, R. S. Recomendação para colheita mecânica do café baseado no comportamento de vibração das hastes derriçadoras. **Ciência Rural**, v.46, p. 273-278, 2016.
- FERRONI, J.B.; TUJA, F.P.V. Observações sobre rendimento e tipo do café em várias misturas de frutos verdes e maduros. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 1992.
- GASPARI-PEZZOPANE, C. DE; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; SIQUEIRA, W. J., AMBRÓSIO, L. A.; MAZZAFERA, P. Influências ambientais no rendimento intrínseco do café. **Bragantia**, v. 64, p. 39-50, 2005.
- GOPAL N.H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, v. 38, p. 217-21, 1974.
- JACKSON, D. I.; SWEET, G. B.; Flower initiation in temperate woody plants. **Horticultural Abstracts**, v. 42, p. 9-24, 1972.
- JANARDHAN K. V.; GOPAL N. H.; RAMAIAH P. K. Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth, flower bud formation and crop levels in arabica coffee. **Indian Coffee**, v. 35, p. 145-8, 1971.
- LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de

cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 1451-1462,2007.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1017-1022, 2002.

MARTINS, E.; DE APARECIDO, L. E. O.; SANTO, L. P. S.; DE MENDONÇA, J. M. A.; DE SOUZA, P. S. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do sul de Minas Gerais. **Coffee Sacaience**, v. 10(4), p. 499–506, 2015.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. E. R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações, ed. 2015, São Paulo: Futurama editora, 2016. 585 p.

MESQUITA, C. M. Manual do café: colheita e preparo (*Coffea arabica* L.). EMATER-MG, 2016.

MOLIN, R. N. D.; ANDREOTTI, M.; REIS, A. R. D.; FURLANI JUNIOR, E.; BRAGA, G. C.; SCHOLZ, M. B. D. S. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.353-358, 2008.

MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; KOGUISHI, M. S.; RIBEIRO, A. M. D. A. Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 67, p. 693-699, 2008.

OLIVEIRA, O. de; SILVA, F. M. da., SOUZA, Z. M. S. de.; FIGUEIREDO, C. A. P. de.; Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1466-1470, 2007.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista Economia Sociologia Rural**, v. 49, p. 771-800, 2011.

PICINI, A. G. **Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo**. 1998. 132 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Acta Sacaienciarum Agronomy**, v. 25, p. 131-136, 2003.

RENA, A. B.; BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L., ed. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.101-128, 2001.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. A. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerias, p. 359, 1999.

RONCHI, C. P.; ARAÚJO, F. C. DE; ALMEIDA, W. L. DE; SILVA, M. A. A. DA; MAGALHÃES, C. E. DE O.; OLIVEIRA, L. B. DE; DRUMOND, L. C. D. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 24-32, 2015.

RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L.H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, p. 95-115, 2007.

RONCHI, C. P.; MIRANDA, F. R. A porcentagem de florescência nas culturas de café da arábica depende do nível de déficit de água aplicado durante a fase de pré-florescência 1. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 195-204, 2020.

SANTINATO, F.; RUAS, R. A. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO, R. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, v.10, p. 213-233, 2014.

SANTINATO, F.; SILVA, C. da.; SILVA, R. P. da.; RUAS, R. A. A.; FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R. Colheita mecanizada do café em lavouras de primeira safra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1215-1219, 2015.

SANTINATO, F., RUAS, R. A. A., da SILVA, R. P., PAIXÃO, C. S. S., ORMOND, A. T. S. Morphological and productive influence of harvest on coffee plants. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13 ,p. 144–150, 2019.

SILVA, E. A. da. Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L. relações com a fotossíntese em condições de campo, 2000.

TAVARES, T. O., SANTINATO, R., CRUVINEL, M. S., & SANTINATO, F. Influência da maturação no rendimento e no armazenamento do café (*Coffea arabica* L.) nas condições edafoclimáticas de Araxá-MG. 2013.

VAAST, P.; ANGRAND, J.; FRANCK, N.; DAUZAT, J.; GÉNARD, M. Fruit load and ring-barking affect carbon allocation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffea arabica* in the field. **Tree Physiology**, v. 25, p. 753-760, 2005.

VASUDEVA, N.; GOPAL N. H. Studies on leaf growth V. The life-span of coffee leaves in South India. **Indian Coffee**, v. 39, p. 171-5, 1975.

WORMER, T. M, GITUANJA. Seasonal patterns of growth and development of Arabica coffee in Kenya. **Kenya Coffee**, v. 35, p. 270-7, 1970.