SISTEMA RADICULAR DO CAFÉ ARÁBICA CONDUZIDO NA PODA PROGRAMADA DE CICLO

Guilherme Bessa Miranda[1], Sílvio de Jesus Freitas[1], Osvaldo Sebastião de Oliveira Filho[1], Karollyne Silva de Oliveira[2], Paulo Cesar dos Santos, Júlio Cézar da Silva Rosario[2].

[1]Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia – 28013-602 – Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, gbm3009@gmail.com, silvio@uenf.br, osvaldoosof@yahoo.com.br

[2]Universidade Federal do Espírito Santo / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, S/N - 29500-000 - Guararema, Alegre - ES, Brasil. karollyne.oliveira@edu.ufes.br, paulo.santos.43@gmail.com, julio.rosario.agro@gmail.com.

Resumo

Objetivou-se com o desenvolvimento do presente estudo avaliar o sistema radicular de plantas de café arábica (*Coffea arabica* L.) conduzidas sob poda programada de ciclo (PPC), utilizando diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos. O experimento foi conduzido a campo em lavoura comercial com a cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2, acrescido de um tratamento com poda tradicional. Foram avaliados o diâmetro médio, o comprimento, a área superficial e o volume das raízes. Os resultados demonstram que a poda programada de ciclo não compromete o desenvolvimento do sistema radicular quando comparada ao manejo convencional. Apesar da redução no comprimento e na área superficial das raízes finas após a retirada dos ramos plagiotrópicos, observou-se recuperação dessas estruturas em plantas conduzidas com maiores densidades de hastes iguais ou superiores a 12.000 hastes ha^{-1}. Conclui-se que a poda programada de ciclo é uma alternativa eficiente para a renovação de lavouras de café arábica, sem causar danos significativos ao sistema radicular.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Sistema radicular. Manejo da poda. Hastes.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias - Agronomia.

Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo o cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) uma das espécies cultivadas, com grande importância econômica e social (Volsi et al., 2019). Por ser uma cultura perene, o cafeeiro apresenta redução gradual do vigor vegetativo e da produtividade ao longo dos anos, tornando necessária a adoção de práticas de manejo que favoreçam a renovação das plantas (Araújo et al., 2024).

Entre essas práticas, a poda é amplamente utilizada para restaurar o equilíbrio entre crescimento vegetativo e produção. Entretanto, as podas tradicionais do cafeeiro arábica são consideradas drásticas, pois promovem intensa redução da copa e, consequentemente, do sistema radicular, comprometendo temporariamente a absorção de água e nutrientes e retardando a recuperação das plantas (Partelli et al., 2020; Araújo et al., 2024).

Como alternativa, a poda programada de ciclo em café arábica (PPC) tem sido proposta visando a renovação gradual das plantas, preservando sua atividade fisiológica, favorecendo a ciclagem de nutrientes e reduzindo os impactos causados pela poda convencional (Baitelle et al., 2026; Araújo et al., 2024).

O sistema radicular desempenha papel essencial no crescimento e na produtividade do cafeeiro, sendo responsável pela absorção de água e nutrientes, armazenamento de reservas e sustentação das plantas (Partelli et al., 2020). Alterações em sua arquitetura podem influenciar diretamente a recuperação das plantas após a poda e, consequentemente, o desempenho produtivo da cultura (Araújo et al., 2024).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o sistema radicular do cafeeiro arábica conduzido sob poda programada de ciclo, em diferentes densidades de hastes e manejos de retirada de ramos plagiotrópicos.

Metodologia

O experimento foi conduzido a campo no distrito de Alto Mutum Preto, município de Baixo Guandu, região nordeste do estado do Espírito Santo, a 634 m de altitude, nas coordenadas 19º21'44,32"S e 40º50'31,95"W. Utilizou-se uma lavoura de café arábica (*Coffea arabica* L.) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, com 12 anos de idade, espaçamento de 2,5 x 1,0 m e conduzida em condições de sequeiro.

Em 2013, após a colheita, foi implantada a poda programada de ciclo, com retirada de 75% das hastes velhas. Posteriormente, foi realizada a desbrota para a seleção do número de brotos correspondente às densidades estabelecidas nos tratamentos.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2 x 4, sendo quatro densidades de hastes (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes ha^{-1}), dois manejos de limpeza de ramos plagiotrópicos, com retirada anual ou bianual daqueles que apresentam 70% ou mais da produção total, e quatro épocas de avaliação. Como tratamento adicional, foi utilizada a poda tradicional, caracterizada pela condução de uma haste por planta, sem limpeza de ramos plagiotrópicos e posterior recepa após a perda de vigor das plantas.

As avaliações do sistema radicular foram realizadas em 2016 e 2017, mediante coleta de amostras com trado de aço de 100 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento. As amostras foram retiradas a 30 cm do caule, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, nos quatro quadrantes da planta, totalizando oito amostras por planta.

Em cada ano foram realizadas avaliações antes da poda e 90 dias após a poda. As raízes foram lavadas em peneira de 20 *mesh*, acondicionadas em solução de álcool 70% e armazenadas a -6ºC até o processamento.

Posteriormente, as amostras foram digitalizadas em scanner Epson 11000 XL, com resolução de 400 dpi, e as imagens foram processadas pelo software WinRhizo Pro 2007. Foram determinados o volume (cm^3), o comprimento (mm), a área superficial (cm^2) e o diâmetro das raízes (mm). Com exceção do diâmetro total, as variáveis foram classificadas em quatro categorias de diâmetro, permitindo a avaliação qualitativa do sistema radicular.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homoscedasticidade e, posteriormente, à análise de variância (ANOVA). As médias dos fatores de limpeza dos ramos plagiotrópicos e época de avaliação foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), enquanto o efeito das densidades de hastes foi avaliado por análise de regressão. O tratamento adicional foi comparado aos demais tratamentos por meio de contrastes ortogonais. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAEG 9.1.

Resultados

Na tabela 1 é apresentado o resumo da análise de variância (ANOVA) para o volume das raízes de plantas de café arábica, distribuídas em quatro categorias de acordo com o diâmetro: < 1 mm; ≥ 1 e < 2 mm; ≥ 2 e < 3 mm; e ≥ 3 mm.

Tabela 1 - Resumo do Quadro de ANOVA para a variável volume do sistema radicular.

		Quadrado Médio (QM) Volume (cm^3)			
	GL	V<1	1<V<2	2<V<3	V>3
Bloco	3	0,056	0,065	0,012	1,861
Época (E)	3	4,254**	3,701**	3,440**	33,918**
Densidade de hastes (DH)	3	1,471**	1,535**	0,569**	6,266**
Limpeza de Ramos (LR)	1	0,310	0,195	0,106	0,025
E * DH	9	0,420	0,304	0,100	1,155
E * LR	3	0,499	0,744**	0,338**	1,805
DH*LR	3	0,020	0,023	0,037	1,638
E * DH * LR	9	0,525*	0,288	0,116	0,699
Fatorial*Testemunha	1	0,670	0,537	0,193	0,834
Resíduo	93	0,250	0,178	0,068	1,270
Média Geral	-	1,16	1,05	0,66	1,59
CV (%)	-	42,81	39,94	39,56	70,80

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

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância (ANOVA) para o comprimento das raízes nas diferentes classes de diâmetros.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio (QM)				
		Comprimento (cm)				
		Diâmentro (mm)	C<1	1<C<2	2<C<3	C>3
Bloco	3	0,027	41560,524	146,907	10,725	23,974
Época (E)	3	0,474**	924655,309	16268,465**	1621,699**	3320,156**
Densidade de hastes (DH)	3	0,005	867970,984	5536,183**	275,832**	104,265
Limpeza de Ramos (LR)	1	0,011	1967,213	434,387	26,371	144,499
E * DH	9	0,015	238047,790	1573,033**	36,697	203,002
E * LR	3	0,015	158502,621	2430,059**	135,702**	284,121
DH*LR	3	0,003	83051,317	191,522	21,948	567,001**
E * DH * LR	9	0,004	100832,268**	895,017*	48,201	389,922**
Fatorial*Testemunha	1	0,002	420722,8**	3027,614**	110,275	0,073
Resíduo	93	0,015	29815,805	413,087	27,774	109,608
Média Geral	-	1,171	785,60	66,934	14,058	12,985
CV (%)	-	10,67	21,98	30,36	37,48	80,62

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

Figura 1 - Comprimento (cm) das raízes de cafeeiro com diâmetro inferior a 1 mm, em função da condução com a poda programada com quatro densidades de hastes de ramos ortotrópicos (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes por hectare), submetida à limpeza anual e bianual, avaliadas em quatro épocas: Época 1, antes da poda em 2017; Época 2, 90 dias após a poda em 2017; Época 3, antes da poda em 2018; e Época 4, 90 dias após a poda em 2018.

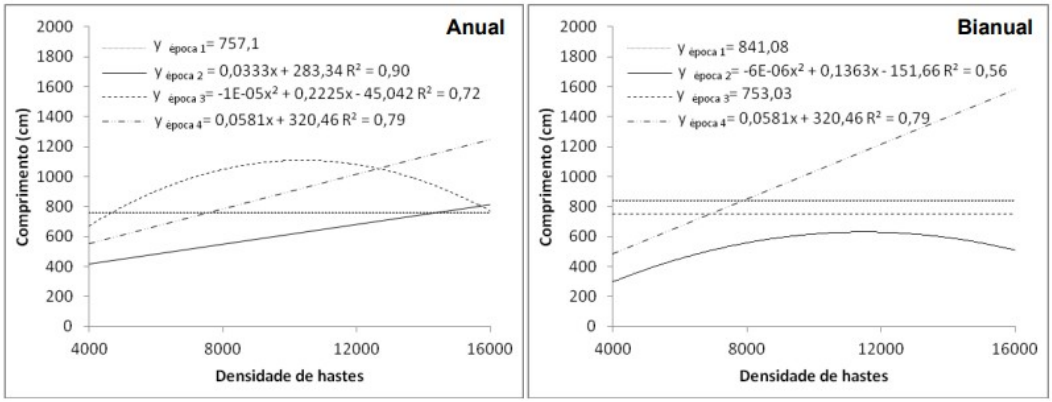


Figura 2 - Comprimento (cm) das raízes de cafeeiro com diâmetro maior e igual a 1 mm e menor que 2 mm, em função da condução com a poda programada com quatro densidades de hastes de ramos ortotrópicos (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes por hectare), submetida à limpeza anual e bianual, avaliadas em quatro épocas: Época 1, antes da poda em 2017; Época 2, 90 dias após a poda em 2017; Época 3, antes da poda em 2018; e Época 4, 90 dias após a poda em 2018.

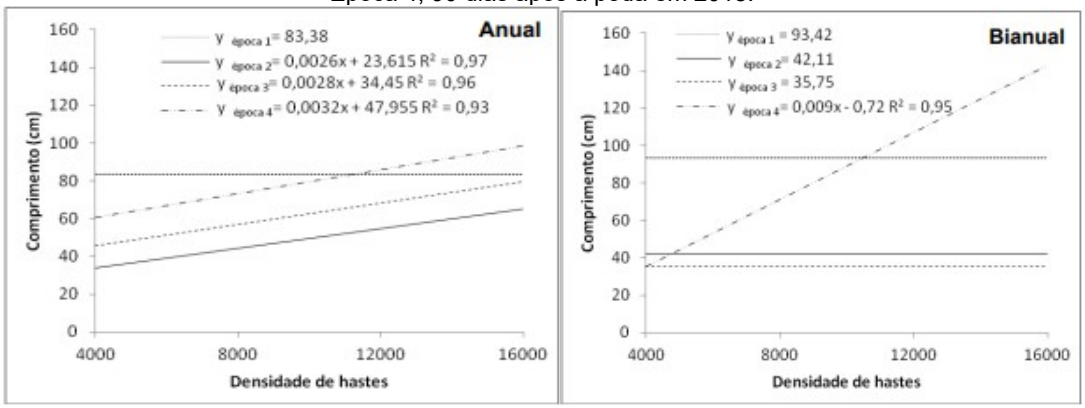


Tabela 3 - Resumo do Quadro de ANOVA para a variável área superficial do sistema radicular.

	GL	Quadrado Médio (QM) Área Superficial (cm^2)			
		AS<1	1<AS<2	2<AS<3	AS>3
Bloco	3	65,379	10,475	4,402	88,979
Época (E)	3	17542,788**	2563,555**	917,035**	2835,730**
Densidade de hastes (DH)	3	10170,909**	1084,025**	144,948**	294,987**
Limpeza de Ramos (LR)	1	1449,911	132,641	29,741	0,037
E * DH	9	2264,647*	307,765**	22,586	40,038
E * LR	3	3183,404*	617,785**	75,588**	53,259
DH*LR	3	572,911	15,209	11,453	59,487
E * DH * LR	9	1325,979	205,729	23,377	61,594
Fatorial*Testemunha	1	6146,569**	379,020	52,180	24,835
Resíduo	93	1325,979	116,491	15,827	50,477
Média Geral	-	84,04	30,07	10,82	13,03
CV (%)	-	35,19	35,88	36,73	54,48

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

Figura 3 - Área superficial (cm^2) das raízes de cafeeiro com diâmetro menor que 1 mm em função da condução com a poda programada com quatro densidades de hastes de ramos ortotrópicos (4.000, 8.000, 12.000 e 16.000 hastes por hectare), submetida à limpeza anual e bianual, avaliadas em quatro épocas: Época 1, antes da poda em 2017; Época 2, 90 dias após a poda em 2017; Época 3, antes da poda em 2018; e Época 4, 90 dias após a poda em 2018.

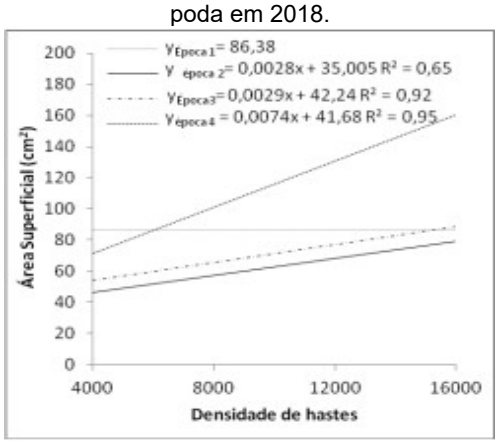


Tabela 4 - Área superficial das raízes de *Coffea arabica* L. 'Catuaí Vermelho IAC 81' com diâmetro <1 mm submetido a diferentes remoções dos ramos plagiotrópicos na poda programada de ciclo, em quatro épocas: Época 1, antes da poda em 2017; Época 2, 90 dias após a poda em 2017; Época 3, antes da poda em 2018; e Época 4, 90 dias após a poda em 2018.

	Época			
Limpeza	1	2	3	4
Anual	82,06 B a	69,15 B a	87,35 B a	111,10 A a
Bianual	90,70 A a	56,11 B a	55,15 B b	120,77 A a
Testemunha	71,81	72,60	69,38	213,17
Média	86,38	62,63	71,25	115,94
CV (%)		35,19		

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

Os resultados das Tabelas 1 e 2 demonstraram que a poda programada de ciclo, associada às diferentes densidades de hastes e manejos de limpeza, não alterou o volume e o diâmetro médio das raízes em relação à testemunha. Entretanto, o comprimento das raízes finas apresentou maior sensibilidade aos tratamentos, enquanto as raízes de maior diâmetro permaneceram mais estáveis.

A Figura 1 mostrou redução inicial no comprimento das raízes com menos de 1 mm após a retirada dos ramos, seguida de recuperação nas avaliações posteriores, principalmente nas densidades de 12.000 e 16.000 hastes por hectare. Esse comportamento indica capacidade de recomposição das raízes finas após a recuperação da parte aérea.

Na Figura 2, observou-se comportamento semelhante nas raízes de 1 a 2 mm, com redução após a poda e posterior recuperação. A Figura 3 também evidenciou redução inicial da área superficial das raízes finas, seguida de recuperação nas avaliações seguintes, especialmente nas maiores densidades de hastes.

A Tabela 3 confirmou que as alterações na área superficial ocorreram principalmente nas raízes com menos de 1 mm, enquanto a Tabela 4 evidenciou a influência das épocas e densidades sobre essa característica. A maior resposta das raízes finas indica que essas estruturas foram as mais

sensíveis aos manejos de poda, apresentando, contudo, capacidade de recuperação ao longo do ciclo. De modo geral, os resultados indicam que a poda programada de ciclo provoca alterações temporárias nas raízes finas, sem comprometer significativamente a estrutura geral do sistema radicular, caracterizando-se como uma poda não drástica.

Discussão

A ausência de alterações significativas no volume, diâmetro médio e nas raízes de maior diâmetro indica que a retirada anual ou bianual dos ramos plagiotrópicos não comprometeu estruturalmente o sistema radicular. Partelli et al. (2020) destacam a importância do comprimento, volume e área superficial na caracterização do sistema radicular do cafeeiro, enquanto Sáenz et al. (2023), observaram redução inicial da biomassa radicular após a poda, seguida de recuperação.

A redução observada no comprimento das raízes com menos de 2mm e na área superficial das raízes com menos de 1mm após a retirada dos ramos pode ser explicada pela alteração temporária na relação entre a parte aérea e o sistema radicular. Esse comportamento é coerente com a importância das raízes para a absorção de água e nutrientes; em café arábica, estudos recentes demonstram que alterações na disponibilidade hídrica e nutricional afetam diretamente processos relacionados à absorção e ao metabolismo da planta (Rocha et al., 2023; Chialva et al., 2023). A posterior recuperação das raízes, principalmente nas densidades de 12.000 e 16.000 hastes ha^{-1}, demonstra capacidade de recomposição do sistema radicular após a poda, conforme observado por Sáenz et al. (2023).

A recuperação das raízes finas, principalmente a partir da terceira colheita e nas maiores densidades de hastes, está associada à recuperação e ao aumento da copa, evidenciando a integração entre o crescimento da parte aérea e do sistema radicular (Chiava et al., 2023). Além disso, a poda programada pode contribuir para a ciclagem de nutrientes por meio da decomposição da biomassa removida (Araújo et al., 2024).

De modo geral, a poda programada de ciclo promoveu alterações temporárias principalmente nas raízes finas, sem comprometer significativamente a estrutura geral do sistema radicular. A recuperação observada nas avaliações, especialmente nas maiores densidades de hastes, indica adaptação do cafeeiro à prática de manejo. Assim, os resultados caracterizam a poda programada de ciclo como uma prática não drástica para o sistema radicular do café.

Conclusão

Não há alteração no diâmetro médio, volume radicular, comprimento das raízes ≥ 2 mm e área superficial das raízes ≥ 1 mm em relação à testemunha. A retirada dos ramos plagiotrópicos reduziu o comprimento das raízes < 2 mm e a área superficial das raízes < 1 mm, consideradas finas e absorventes. Densidades ≥ 12.000 hastes por hectare favorecem a recuperação das raízes finas e absorventes a partir da terceira colheita, indicando que a poda programada de ciclo não é considerada drástica.

Referências

ARAÚJO, D. R.; COLODETTI, T. V.; SOUZA, M. F.; CALDEIRA, M. V. W.; OLIVEIRA, F. L.; AMARAL, J. F. T.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Programmed pruning cycle for arabica coffee as enhancer of nutrient cycling to maintain soil fertility. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.03668.

BAITELLE, D. C.; FREITAS, S. J.; VIEIRA, H. D.; FILHO, A. C. V.; BERILLI. S. S.; FREITAS, I. L. J.; RODRIGUES, W. P.; BARONI, D. F.; FREITAS, S. P.; MIRANDA, G. B.; ARNDT, S.; TAVARES, O. C. H.; DALVI, L. P.; SANTOS, P. C. Agronomic and physiological aspects of programmed cycle pruning in *Coffea arabica*. **Plants,** v. 15, n. 11, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/plants15111597.

CHIALVA, M.; PATONO, D. L.; SOUZA, L. P.; NOVERO, M.; VERCELLINO, S.; MAGHREBI, M.; MORGANTE, M.; LOVISOLO, C.; VIGANI, G.; FERNIE, A.; FIORILLI, V.; LANFRANCO, L.; BONFANTE, P. The mycorrhizal root-shoot axis elicits *Coffea arabica* growth under low phosphate conditions. **New phytologist**, v. 239, p. 271-285, 2023. DOI: https://doi.org/10.1111/nph.18946.

PARTELLI, F. L.; CAVALCANTI, A. C.; MENEGARDO, C.; COVRE, A. M.; GONTIJO, I.; BRAUN, H. Spatial distribution of the root system of Conilon and Arabica coffee plants. **Soil Science**, v. 55, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01333.

ROCHA, B. C. P.; MARTINEZ, H. E. P.; BRITO, D. S. Nitrogen metabolism in Coffee plants subjected to water deficit and nitrate doses. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 66, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023210060.

SAÉNZ, J. R. R.; GRAJALES, A M.; ECHEVERRY, H. M. S. Efecto de la renovación por zoca y podas en la biomassa de raíces de café. **Revista cenicafé**, n. 74, 2023. DOI: https://doi.org/10.38141/10778/74105.

VOLSI, B.; TELLES, T. S.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. The dynamics of coffee production in Brazil. **PLOS ONE**, v. 14, v. 7, 2019. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219742.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal do Espírito Santo e da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.