

COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS RADICULARES DE MUDAS DE *Coffea arabica* L. OBTIDAS POR ESTAQUIA E POR SEMENTES

Adriana Madeira Santos Jesus¹, Samuel Pereira de Carvalho², Ângela Maria Soares³

(recebido: 5 outubro de 2005; aceito: 27 outubro de 2005)

RESUMO: A clonagem de híbridos F₁ de *Coffea arabica* L., pode representar uma diminuição significativa de tempo e recursos despendidos nos programas de melhoramento. Entretanto, pouco se sabe sobre o sistema radicular de plantas de café propagadas vegetativamente. Objetivando avaliar o sistema radicular de mudas de *C. arabica*, obtidas por meio de estaquia e por sementeira, foi conduzido um experimento no qual estacas previamente enraizadas, após 90 dias sem o uso de regulador de crescimento, com raízes entorno de 3 cm, das cultivares Acaia e Rubi, foram transplantadas para sacolas plásticas. Na mesma ocasião foi feita a sementeira das duas cultivares no mesmo tipo de sacola e colocadas em viveiro do tipo comercial, de cobertura, com sombreamento de aproximadamente 50%. Durante o desenvolvimento das mudas foram feitos os tratamentos culturais conforme o sistema convencional de produção de mudas. Como substrato foi utilizado o Bioplant® e como suprimento foi utilizado o fertilizante Osmocote. As mudas atingiram o padrão de muda de ano. As medições dos comprimentos e diâmetros das raízes foram feitas utilizando-se o programa computacional QUANTRAIZ. Observou-se que mudas obtidas por meio de estacas possuem maior comprimento total das raízes e maior peso da matéria seca que mudas formadas por sementes. A maior parte do sistema radicular de todas as mudas, mais de 98%, constituiu de raízes finas por meio das quais as plantas absorvem água e os sais minerais.

Palavras-chave: clonagem do cafeeiro, propagação vegetativa, raízes, imagens digitalizadas, melhoramento do cafeeiro, *Coffea arabica*.

COMPARISON AMONG ROOTING SYSTEMS OF *Coffea arabica* L. PLANTS OBTAINED BY CUTTINGS AND SEEDS

ABSTRACT: Vegetative propagation or cloning of F₁ hybrids represents an economy of time and resources for *Coffea arabica* L. breeding programs. Nevertheless, not much is known about the rooting system of coffee plants propagated by cuttings. An essay was carried out aiming to evaluate *Coffea arabica* rooting system of plants obtained by vegetative and seedling propagation. Cuttings of the Acaia and Rubi cultivar with previously developed roots, about 3cm long, that have been free for 90 days of any contact with plant growth regulators were transplanted to plastic bags. At the same time, seeds from the same cultivars were planted on the same plastic bags and stored on a covered commercial nursery with 50% shading. Common cultivation methods were used during seedling development. Bioplant was used as substratum and Osmocote as fertilizer supplier. Root length and diameter were evaluated by using the computational program QUANTRAIZ. It was observed that young coffee plants originated by cuttings produced fine root system longer and heavier than the root system of plants formed by seeds. Most part of the roots developed by the seedlings, more than 98%, was composed by fine roots by which the plant is able to absorb water and mineral salts.

Key words: coffee cloning, vegetative propagation, roots, scanned images, coffee breeding, *Coffea arabica*.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande importância do agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o maior produtor mundial de café há pelo menos 150 anos.

A maior parte dos caracteres de interesse econômico no cafeeiro tem fenótipo favorável condicionado pelo(s) alelo(s) dominante(s), como o

caso do porte baixo, resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome), uniformidade de maturação de frutos entre outros. Dessa forma, uma boa cultivar comercial de café deve ser portadora de alelos dominantes para esses genes, seja na condição homocigota ou heterocigota. Essa condição seria facilitada se fosse possível a utilização de híbridos F₁ comercialmente.

¹Professora substituta do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG.

²Professor adjunto do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG.

³Professora adjunta do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG.

A propagação por meio de estacas caulinares é viável, comercialmente, para várias espécies frutíferas, ornamentais e florestais inclusive para o cafeeiro da espécie *coffea canephora* Pierre ex Froehn . Para *coffea arabica* L. no entanto os estudos para a clonagem, por meio de estaquia, ainda são restritos a fase de enraizamento, não sendo encontrado na literatura consultada nenhuma informação sobre mudas aptas ao plantio no campo.

A propagação vegetativa de cafeeiros (*C. arabica*) com alta produtividade, resistentes a enfermidades e pragas, obtidos nas primeiras seleções, e de híbridos F_1 de um programa de melhoramento pode representar uma diminuição significativa de tempo e recursos despendidos nesses programas para o lançamento de uma nova cultivar.

Estudos dos sistemas radiculares, em suas estruturas e funções, são de grande importância para o entendimento do desempenho das plantas cultivadas. No entanto, medir comprimento, volume, área e diâmetro das raízes requer muito trabalho e tempo. Além disso, os métodos utilizados estão sujeitos a erros que podem limitar a precisão dos resultados obtidos (CALDWELL & VIRGINIA, 1989; HIMMELBAUER et al., 2002; ZON & TIENDEREN, 1990).

A massa seca total das raízes é freqüentemente usada, por ser mais fácil de medir, para comparar sistemas radiculares (CARLEY & WATSON, 1966; MURPHY & SMUCKER, 1995), mas não é suficientemente adequada para estudos mais completos, por não fornecer informações sobre a relação solo-planta envolvida na maior parte das funções das raízes. O peso da matéria seca espelha apenas a estrutura radicular, não dando boa ou mesmo qualquer idéia sobre as raízes absorventes, aquelas fisiologicamente mais ativas, pois algumas centenas de gramas podem representar apenas uma raiz grossa, próxima à pivotante, enquanto poucos gramas de radículas podem conter muitos metros quadrados de superfície, absorvente, de água e minerais (RENA & GUIMARÃES, 2000).

Tem-se observado que o comprimento e a superfície totais das raízes estão intimamente associados ao comportamento das mesmas em relação à absorção de nutrientes. Assim, essas características são importantes indicadores da capacidade de absorção dos sistemas radiculares

(HIMMELBAUER et al., 2002). Box & Ransour (1993) encontraram maiores diferenças significativas entre tratamentos quando raízes de trigo foram comparadas pelo comprimento do que pela massa total. Finer et al. (1997) observaram que, em coníferas, mais de 90% do comprimento total das raízes eram de diâmetro inferior a 1,00 mm, assim classificadas como finas, enquanto a massa seca foi igualmente distribuída entre os diferentes diâmetros.

Sistemas de análise de imagens digitalizadas oferecem maior facilidade nos estudos do sistema radicular, com medições mais rápidas e precisas, para avaliação das características de raízes, como comprimento, área superficial, diâmetro e tamanho (ARSENAULT et al., 1995; COSTA et al., 2000; HIMMELBAUER et al., 2002; TAGLIAVINI et al., 1993).

Berntson (1992) encontrou correlação linear alta entre os dados obtidos com medição manual, pelo método do mapeamento em acetato, do comprimento de raízes de *Senecio vulgaris* L. e os dados calculados por um programa de computador por meio de imagem digitalizada, desenvolvido pelo autor na Universidade de Harvard.

Raízes finas, com diâmetros menores que 0,3 mm, aparecem em quase 80% do total do comprimento de muitas espécies e são de difícil mensuração pelos métodos convencionais. Porém, o sistema de análise de imagem possibilita medir o comprimento até de raízes mais finas que estas. Costa et al. (2000) mediram as raízes de seis espécies herbáceas (cevada, milho, aveia, soja, trigo e morango), coletadas com três ou cinco semanas após a emergência, e relataram que a medição dos sistemas radiculares com base nas imagens digitalizadas foi efetiva, especialmente para espécies com grande porção do sistema radicular constituído de raízes finas.

As técnicas de preparo do material para digitalização, como processos para clareamento e coloração das raízes, são variáveis, bem como produtos para lavagem, (HARRIS & CAMPBELL, 1980; KASPAR & EWING, 1997; MURPHY & SMUCKER, 1995; PAN & BOLTON, 1991; SMIT et al., 1975; ZON & TIENDEREN, 1990). Resultados obtidos por diversas análises de imagens digitalizadas em *scanner* mostram influências dessas técnicas.

Mesmo com avanços no estudo de raízes, tornados possíveis por meio da análise de imagens assistida por computador, a medição do comprimento do sistema radicular ainda consome muito tempo, principalmente devido à magnitude do comprimento total de raízes que pode ser encontrado em um único sistema radicular ou em um pequeno volume de solo (COSTA et al., 2000).

Com este estudo, objetivou-se verificar e quantificar as diferenças entre sistemas radiculares de mudas obtidas por semeadura e por estaquia caulinar de *Coffea arabica* L.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os sistemas radiculares totais de mudas provenientes de estaquia caulinar e de semeadura, das cultivares Acaia e Rubi. Estacas previamente enraizadas, após 90 dias sem o uso de regulador de crescimento, com raízes de aproximadamente 3 cm, das cultivares Acaia e Rubi foram transplantadas para sacolas plásticas. Na mesma ocasião foi feita a semeadura das duas cultivares no mesmo tipo de sacola e colocadas em viveiro do tipo comercial, de cobertura, com sombreamento de aproximadamente 50%. Durante o desenvolvimento das mudas foram feitos os tratos culturais conforme o sistema convencional de produção de mudas. Como substrato foi utilizado o Bioplant® e como suprimento foi utilizado o fertilizante Osmocote. As mudas atingiram o padrão de muda de ano. As mudas foram formadas em sacolinhas de polietileno com 10 cm x 20 cm, contendo substrato comercial Bioplant®. As mudas de estaquia foram formadas de estacas já enraizadas sem o uso de regulador de crescimento para o enraizamento. Cada parcela experimental foi constituída por uma planta. Foram utilizadas três repetições.

Após coletadas, as raízes foram lavadas manualmente, utilizando peneiras (24 mesh) para evitar a perda de material. Após esse procedimento, as raízes obtidas foram colocadas em frascos de vidro contendo uma solução de água destilada e formaldeído P.A, na concentração de 5 ml.L⁻¹. As amostras ficaram armazenadas em geladeira durante o período de medição.

Determinou-se o comprimento e o diâmetro das raízes no Laboratório de Ecofisiologia e Relações Hídricas de Plantas do Setor de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Utilizou-se o programa computacional

QUANTRAÍZ, desenvolvido no Setor de Geoprocessamento do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Viçosa. Esse programa analisa imagens digitalizadas, obtidas de raízes dispostas criteriosamente sobre uma lâmina de vidro, sem sobreposições. Foi utilizado um *scanner* HP4C, acoplado a um PC. A resolução das imagens foi de 300 dpi. Os resultados foram obtidos em planilha padrão Excel.

Após a digitalização, as raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, durante 72 horas, para determinação da massa seca total.

Os dados obtidos foram analisados por meio do procedimento Box Plot (BUSSAB & MORETTIN, 1987), no qual a distribuição dos comprimentos de raízes dentro desta classe, em relação à cultivar e tipo de muda, é apresentada graficamente nas figuras nas quais as linhas dentro das barras significam a média do tratamento e os pontos os respectivos desvios. Tratamentos que sobreponham –se não diferem estatisticamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados observados de comprimento das raízes, em metros, considerando três classes de diâmetros, juntamente com os comprimentos totais e a porcentagem do comprimento dos diâmetros de 0-2 mm e >2 mm em relação ao comprimento total, são apresentados na Tabela 1.

A maior parte do sistema radicular (acima de 98%) tanto de mudas de estacas quanto de sementes constituiu-se de raízes finas, com diâmetro menor que 2 mm, correspondentes aos maiores comprimentos. A distribuição dos comprimentos de raízes dentro desta classe, em relação à cultivar e tipo de muda, é apresentada graficamente na Figura 1, na qual as linhas dentro das barras significam a média do tratamento e os pontos os respectivos desvios.

Menos de 2% das raízes tiveram diâmetros maiores do que 2 mm. Resultados semelhantes foram encontrados por Finer et al. (1997) em coníferas, em que mais de 90% do comprimento total das raízes foram classificadas como finas (<1,0 mm). Raízes finas de plantas adultas de macieira também apresentam diâmetros inferiores a 1,0 mm (SILVA et al., 1999). Para o comprimento das raízes maiores que 2 mm, apenas as mudas de ‘Acaia’, obtidas por semeadura (‘Acaia’ semente) apresentaram menor comprimento (Figura 2).

Tabela 1 – Medidas de comprimento de raiz, em metros, para raízes com diâmetros de 0 a 2 mm, de 2 mm a 4 mm e acima de 4 mm; comprimento total do sistema radicular; porcentagens do comprimento total raízes com diâmetro de 0 a 2 mm e com diâmetro maior do que 2 mm, observadas em mudas de cafeeiros ‘Acaiá’ e ‘Rubi’. UFLA, Lavras, MG, 2005.

| Cultivar / Tipo de muda | Comprimento de raiz (m) para diversos diâmetros de raiz | | | Comprimento total (m) | Porcentagem do comprimento total / diâmetro da raiz | |
|-------------------------|---|----------|---------|-----------------------|---|-------|
| | Ø 0-2 mm | Ø 2-4 mm | Ø >4 mm | | 0-2 mm | >2 mm |
| Acaiá semente | 24,67 | 0,14 | 0 | 24,81 | 99,44 | 0,57 |
| Acaiá semente | 21,79 | 0,23 | 0 | 22,03 | 98,93 | 1,07 |
| Acaiá semente | 25,61 | 0,14 | 0 | 25,75 | 99,46 | 0,54 |
| Acaiá estaca | 51,04 | 0,28 | 0,17 | 51,49 | 99,13 | 0,87 |
| Acaiá estaca | 51,04 | 0,12 | 0,11 | 51,26 | 99,55 | 0,44 |
| Acaiá estaca | 49,08 | 0,58 | 0 | 49,65 | 98,84 | 1,16 |
| Rubi semente | 34,28 | 0,10 | 0,11 | 34,49 | 99,39 | 0,62 |
| Rubi semente | 35,56 | 0,10 | 0,05 | 35,71 | 99,58 | 0,42 |
| Rubi semente | 38,13 | 0 | 0,10 | 38,23 | 99,73 | 0,27 |
| Rubi estaca | 53,05 | 0,15 | 0 | 53,20 | 99,72 | 0,28 |
| Rubi estaca | 45,79 | 0,69 | 0,09 | 46,57 | 98,31 | 1,69 |
| Rubi estaca | 49,86 | 0,40 | 0,12 | 50,38 | 98,95 | 1,05 |

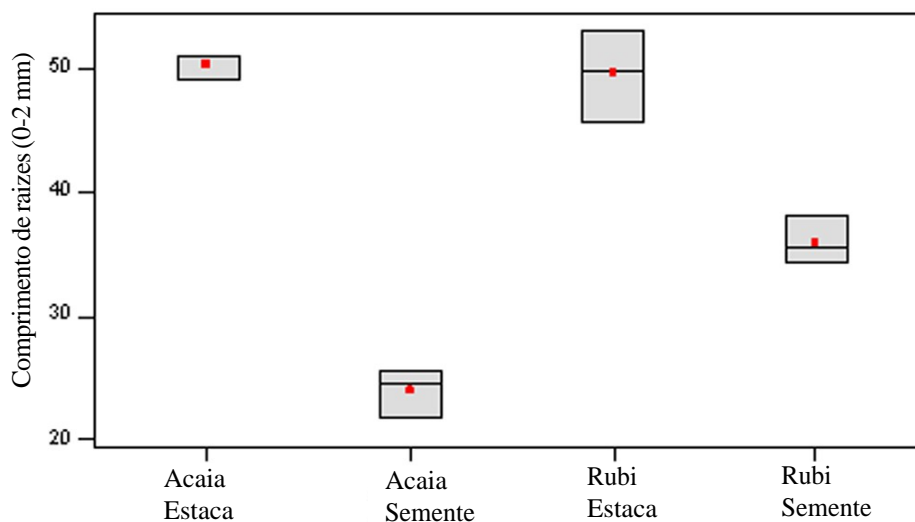


Figura 1 – Comprimentos de raízes com diâmetros menores que 2 mm, em metros, de mudas de cafeeiro ‘Acaiá’ e ‘Rubi’ obtidas por meio de enraizamento de estacas e por semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Para as características comprimento total das raízes e comprimento de raízes com diâmetro entre 0 e 2 mm, as mudas provenientes de estacas tiveram maiores comprimentos do que as mudas obtidas por semente para as duas cultivares (Figura 3).

Isto pode estar relacionado ao fato de que as mudas obtidas por sementes apresentaram apenas uma raiz pivotante, enquanto que as obtidas por meio de estaquia apresentaram de 5 a 7 raízes principais. Pode-se observar

também que o sistema radicular da ‘Rubi’ obtida por semente apresentou-se mais vigoroso que o da ‘Acaia’, também obtido por semente. O peso da matéria seca do sistema radicular teve o mesmo comportamento do comprimento total de raízes (Figura 4). O peso da matéria seca foi correlacionado com comprimento embora, como já citado na introdução, não ofereça qualquer idéia sobre as raízes absorventes, aquelas fisiologicamente mais ativas.

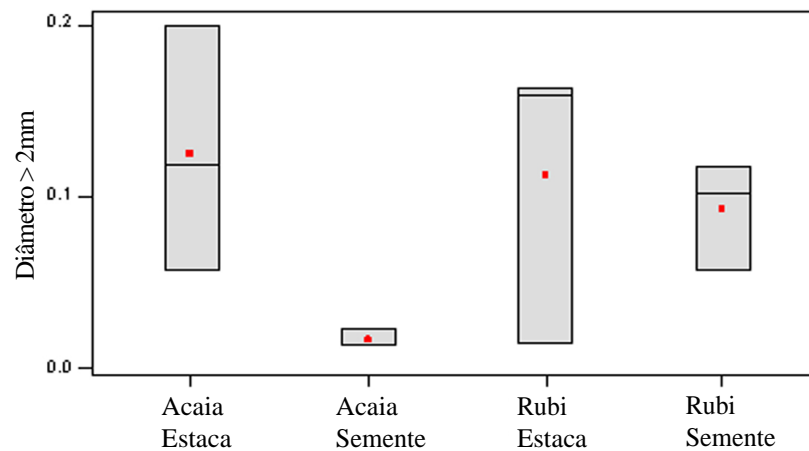


Figura 2 – Comprimento de raízes com diâmetros maiores que 2 mm, em metros, de mudas de cafeeiro ‘Acaia’ e ‘Rubi’ obtidas por meio de enraizamento de estacas e por semente. UFLA, Lavras, MG, 2005.

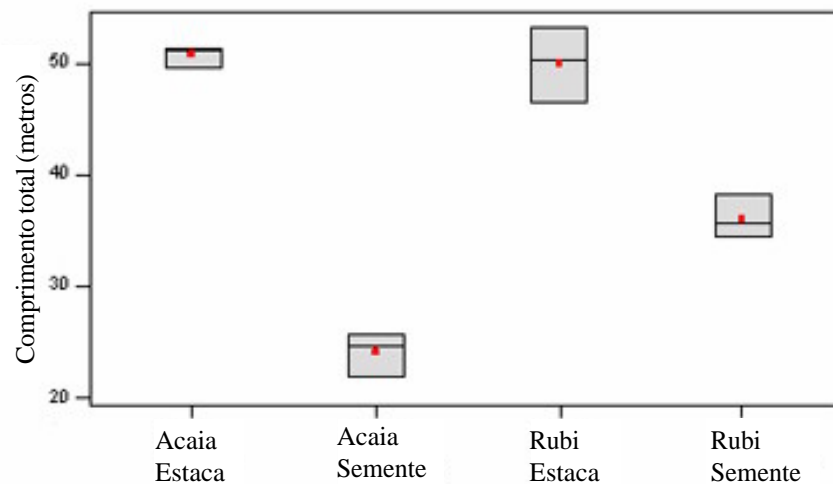


Figura 3 – Comprimentos totais das raízes de mudas de cafeeiro ‘Acaia’ e ‘Rubi’ obtidos por meio de enraizamento de estacas e por semente. UFLA, Lavras, MG, 2005.

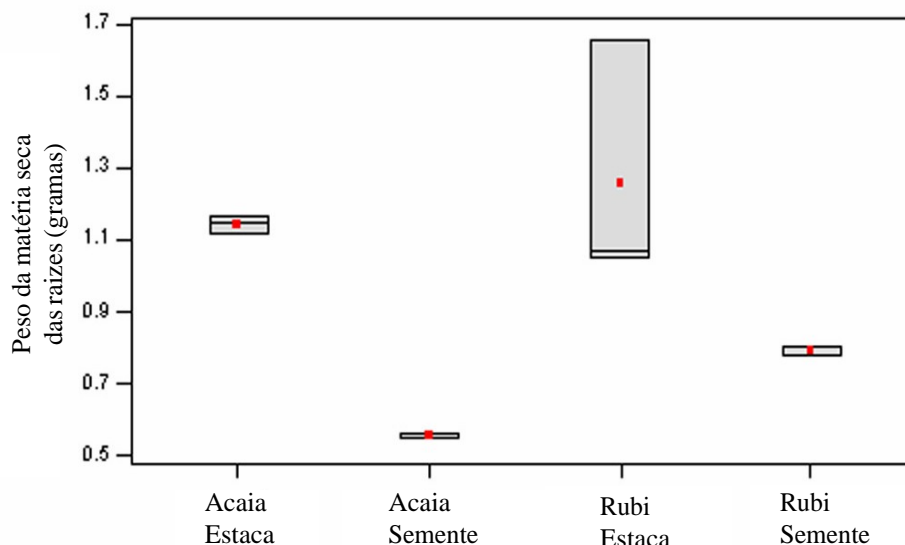


Figura 4 – Pesos da matéria seca das raízes de mudas de cafeeiro ‘Acaia’ e ‘Rubi’, obtidos por meio de enraizamento de estacas e por sementeira. UFLA, Lavras, MG, 2005.

As raízes finas são a parte jovem e o mais importante componente do sistema radicular. Por meio delas as plantas absorvem água e nutrientes. Essas raízes finas não são suberizadas e têm alta permeabilidade em comparação às mais velhas (SILVA et al., 1999). Essas raízes estão muito associadas aos processos de absorção, biossínteses diversas e transporte de substâncias. Para cafeeiros adultos, Rena & Guimarães (2000) definem como raízes finas, ou absorventes, as raízes com diâmetro menor que 3 mm.

Bull (1963), citado por Rena & Guimarães (2000), afirma que o sistema radicular de plantas, obtidas por enraizamento de estacas caulinares, após 20 anos de idade de *Coffea arabica*, apresentam uma estrutura geral do sistema radicular que não difere significativamente do modelo apresentado por Nutman (1933), também citado por Rena & Guimarães (2000), para plantas de *Coffea arabica* obtidas por sementeira.

4 CONCLUSÕES

Sistemas radiculares de mudas, de ano, de cafeeiros provenientes de estacas caulinares são mais desenvolvidos que sistemas radiculares de cafeeiros obtidos por sementes.

As mudas apresentam a maior parte do seu sistema radicular (acima de 98%) constituído de raízes finas com diâmetro menor que 2 mm.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARSENAULT, J. L.; POULEUR, S.; MESSIER, C.; GUAY, R. WinRizho, a root measuring system with a unique overlap correction method. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 906, 1995.
- BERNTSON, G. M. A computer program for characterizing root system branching patterns. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 140, n. 1, p. 145-149, Feb. 1992.
- BOX, J. E.; RAMSEUR, R. D. Minirhizotron wheat root data: comparisons to soil core root data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 5, p. 1058-1060, Sept./Oct. 1993.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo: Atual, 1987.
- CALDWELL, M. M.; VIRGINIA, R. A. Root systems. In: CHAPMAN, H. **Plant physiological ecology field methods and instrumentations**. Saint Ives: Great Britain, 1989.

- CARLEY, H. E.; WATSON, R. D. A new gravimetric method for estimating root-surface areas. **Soil Science**, Baltimore, v. 102, n. 5, p. 289-291, 1966.
- COSTA, C.; DWYER, L. M.; HAMILTON, R. I.; NANTAIS, L.; SMITH, D. A sampling method for measurement of large root systems with scanner-based image analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 4, p. 621-627, July/Aug. 2000.
- FINER, L.; MESSIER, C.; GRANDPRÉ, L. de. Fine-root dynamics in mixed boreal conifer-broad-leafed forest stands at different successional stages after fire. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 27, n. 3, p. 304-314, Mar. 1997.
- HARRIS, G.; CAMPBELL, G. Automated quantification of roots using sample image analyzer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 6, p. 935-938, Nov./Dec. 1989.
- HIMMELBAUER, M.; LOISKANDL, W.; KASTANEK, F. Estimation of root morphological characteristics using Images analyses systems. In: WCSS, 17., 2002, Thailand. **Proceedings...** Thailand: [s.n.], 2002. p. 14-21.
- KASPAR, T. C.; EWING, R. P. ROOTEDGE: software for measuring root length from desktop scanner images. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 6, p. 932-940, Nov./Dec. 1997.
- MURPHY, S. L.; SMUCKER, A. J. M. Evaluation of video image analysis and line intercept methods for measuring root systems of alfalfa and ryegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 5, p. 865-868, Sept./Oct. 1995.
- PAN, W. L.; BOLTON, R. P. Root quantification by edge discrimination using a desktop scanner. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 6, p. 1043-1052, Nov./Dec. 1991.
- RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80 p. (Série documentos, 37).
- SILVA, H. N. de; HALL, A. J.; TUSTIN, D. S.; GANDAR, P. W. Analysis of distribution of root length density of apple trees on different dwarfing rootstocks. **Annals of Botany**, London, v. 83, n. 4, p. 335-345, Apr. 1999.
- SMIT, A. L.; SPRANGERS, J. F.; SABLİK, P. W.; GROENWOLD, J. Automated measurement of root length with a three-dimensional high-resolution scanner and image analysis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 200, n. 1, p. 95-105, 1975.
- TAGLIAVINI, M.; VETO, L. J.; LOONEY, N. E. Measuring root surface area and mean root diameter of peach seedlings by digital image analysis. **HortScience**, Alexandria, v. 28, n. 10, p. 1129-1130, Oct. 1993.
- ZOON, F. C.; TIENDEREN, P. H. van. A rapid quantitative measurement of root length and root branching by microcomputer image analysis. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 126, n. 2, p. 301-308, Aug. 1990.