

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA PUPUNHEIRA EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Adriana Ramos; Marcos Vinícius Folegatti; Marilene Leão Alves Bovi; Adriano Valentim Diotto

Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, aramosmendes@gmail.com

1 RESUMO

O conhecimento da distribuição estática ou dinâmica do sistema radicular de uma cultura constitui-se em elemento essencial para o manejo correto da irrigação, por estar diretamente relacionado à área potencial de absorção de água. Estudos têm mostrado que os padrões de absorção pelas raízes são resultantes da interação entre as características do sistema radicular e outros fatores do solo, tais como água, nutrientes e aeração. O presente trabalho foi desenvolvido no campo experimental de Irrigação e Drenagem, da Fazenda Areão da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba - S.P, no período entre abril/2000 a fevereiro/2002 e teve por objetivo avaliar a distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), cultivada em solo Argissolo Vermelho Eutrófico típico, sob diferentes lâminas de irrigação, por meio da utilização de imagens digitalizadas de perfis. Os tratamentos corresponderam a quatro diferentes regimes hídricos, sendo eles 0, 50, 100 e 120% da evapotranspiração de referência obtida pelo Tanque Classe “A”. A distribuição espacial do sistema radicular foi determinada pelo método do perfil do solo auxiliado pela análise de imagens digitais. O sistema radicular da pupunheira apresentou-se bem distribuído lateralmente e concentrado até a profundidade de 0,4 m sendo que a irrigação contribuiu para aumentar a sua distribuição nas camadas mais profundas do solo. Acima de 65% do sistema radicular da pupunheira se concentra na camada de 0-0,2 m de profundidade, podendo ser essa a profundidade considerada para manejo correto da aplicação de água e fertilizantes.

UNITERMOS: *Bactris gasipaes*, água, palmeira pupunha, raiz.

RAMOS, A.; FOLEGATTI, M. V.; BOVI, M. L. A.; DIOTTO, A. V. SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ROOT SYSTEM OF PEACH PALM AS FUNCTION OF IRRIGATION DEPTHS

2 ABSTRACT

The knowledge of the stable or dynamic distribution of the root system is essential for adequate irrigation management, because it is directly related to the area soil volume potentially used for water absorption. There are reports showing that the water absorption patterns are result of an interaction of the proper root system with some soil factors, like water, nutrient and aeration. The objective of this research was to study the spatial distribution of the root system of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) cultivated in a typical Eutrophic Red Podzolic soil, under different irrigation levels. Plants were subjected to four different

irrigation treatments correspondent to 0, 50, 100 and 120% of the reference crop evapotranspiration, estimated from class A pan evaporation. The development and the spatial distribution of the root system were evaluated by the soil profile method aided by digital image analysis. The root system of peach palm was laterally distributed, concentrated until 0,4 m depth, and that the irrigation contributed to increase it and to make it deeper. The root system in all treatments concentrated in the shallow layers of the soil, with 65% of roots distributed until 0,20 m depth. Therefore, this soil depth should be considered for adequate irrigation management in peach palm crop.

KEYWORDS: *Bactris gasipaes*, water, palm, pejobaye, root.

3 INTRODUÇÃO

O estudo do desenvolvimento das raízes, sua distribuição, extensão e atividade são de extrema importância para o entendimento científico da produção agrícola, bem como das alterações provocadas no solo e na planta por condições naturais e pelo manejo químico e físico do solo (Pearson, 1974). Existem diferentes métodos para analisar a distribuição do sistema radicular. Bohm (1979) relacionou alguns deles utilizando escavações, monólitos, perfurações com trado, trincheiras, parede de vidro, plantas em vasos, elemento marcado, entre outros.

O sistema radicular de plantas perenes, especialmente palmeiras, é pouco estudado devido às dificuldades logísticas inerentes (Marschner, 1995; Tomlinson, 1990), entretanto, alguns trabalhos têm sido realizados. Cintra et al. (1993) avaliaram a distribuição do sistema radicular de seis cultivares de coqueiro em Areia Quartzosa distrófica e para isso retiraram amostras no perfil do solo após período chuvoso e após estação seca. Os autores verificaram que, independentemente do cultivar, em torno de 70% das raízes situavam-se a 0,40 m de profundidade e num raio de 1 m em torno do estipe. Após o período chuvoso, 80% das raízes se concentravam na camada de 0,1 m a 0,5 m. Já após o período seco, este percentual caiu para 60%, com 20% a mais de raízes situadas abaixo de 0,5 m. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, entre eles Pomier & Bonneau (1987), em cujo trabalho foi detectada a natureza dinâmica da distribuição do sistema radicular controlada, na maioria das vezes, pelo tipo de solo, condições de umidade, práticas culturais e pelas diferenças varietais.

Estudos realizados por Ferreira et al. (1980) e Morales & Vargas (1990) com pupunheiras adultas, em Latossolo Amarelo, indicaram que a maior concentração das raízes (75% a 80%) se encontrava na profundidade de 0,2 m. Por sua vez, Bassoi et al. (1998) analisaram a distribuição da massa radicular de pupunheiras cultivadas para produção de palmito, em Latossolo Vermelho-Amarelo, irrigadas por sulcos, visando determinar a profundidade efetiva do sistema radicular. Os autores verificaram que a maior concentração de raízes ocorreu até a profundidade de 0,2 m, sendo que, na opinião deles, a presença de lençol freático a 0,8 m de profundidade contribuiu para essa distribuição bastante superficial (0-0,2 m). No entanto, esses autores utilizaram métodos tradicionais de estudo que são muito trabalhosos e demorados, envolvendo contagens manuais do número de raízes presentes em um perfil de solo ou em amostras retiradas com trados ou anéis, além da realização de medidas de massa, comprimento e superfície, entre outras.

O desenvolvimento de métodos que facilitem e tornem mais rápido o processo de obtenção de dados do sistema radicular é importante no sentido de impulsionar os trabalhos de pesquisa sobre a interação solo-raiz. Com o avanço da informática surgiram novos

métodos para o estudo do sistema radicular, dentre os quais destaca-se a análise de imagens digitais. Crestana et al. (1994) avaliaram a distribuição de raízes de cana-de-açúcar e soja, com o emprego do método do perfil de solo (convencional) e com o auxílio de processamento de imagens digitais e concluíram que esse último permite a quantificação de raízes em perfis de solo de trincheiras de forma muito menos trabalhosa, mais rápida e detalhada do que o método convencional. Estudo recente, utilizando o método do perfil do solo, efetuado por Vega et al. (2005) em pupunheiras com um ano de campo e sob diferentes doses de lodo de esgoto aplicadas durante o plantio, mostram a factibilidade do método para o estudo da distribuição horizontal e vertical das raízes dessa palmeira.

Devido à natureza dinâmica da distribuição do sistema radicular, reconhece-se que sua caracterização é de extrema importância para a determinação dos parâmetros de manejo da aplicação de água, como a profundidade efetiva das raízes, que define a camada de solo a ser umedecida, bem como a profundidade de instalação dos tensiômetros e de aplicação de fertilizantes. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição do sistema radicular da pupunheira para diferentes lâminas de irrigação, baseando-se na hipótese de que a lâmina de irrigação aplicada, entre outros fatores, pode influenciar na expansão das raízes lateralmente e em profundidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizadas plantas de um experimento a campo conduzido de abril de 2000 a fevereiro de 2002, quando as mesmas encontravam-se com 22 meses, em Piracicaba - SP, a uma altitude de 576 metros e coordenadas geográficas de 22° 42'30" de latitude sul e 47° 30'00" de longitude oeste. O solo classifica-se como Argissolo Vermelho Eutrófico típico, apresentando declividade média de 5%. As características físicas e químicas do solo encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características físicas solo para as camadas de 0,0-0,2 m, 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m. Piracicaba, SP, 2000.

Profundidade (m)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Densidade do solo (g.cm ⁻³)
0,0-0,2	40,87	27,64	31,49	1,60
0,2-0,4	47,62	23,16	29,23	1,42
0,4-0,6	50,30	23,53	26,17	1,44

Tabela 2. Características químicas do solo para as camadas de 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m. Piracicaba, SP, 2000.

Camada (m)	pH CaCl ₂	M.O. g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	S-SO ₄ mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V (%)
0,0-0,2	4,7	30	40	46	4,0	40	16	2,0	42	59	101	58
0,2-0,4	4,8	23	40	42	2,0	40	15	1,0	38	60	98	61

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo CWA, isto é, subtropical úmido, verão chuvoso e inverno seco. A precipitação média anual é 1247 mm, com temperatura média de 21,1°C, umidade relativa média de 74% e velocidade do vento de 2,2 ms⁻¹, com direção E/SE predominante (Ometto, 1981). O delineamento do experimento

foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e duas repetições, utilizando mudas de pupunheira inermes (raça Putumayo). Os tratamentos referentes às lâminas de irrigação foram L1, L2, L3 e L4, equivalentes a 0, 50, 100 e 120% da evapotranspiração de referência, respectivamente, estimada a partir da determinação da evapotranspiração em tanque classe A. Para a irrigação utilizou-se o método de irrigação localizada, com gotejadores autocompensantes espaçados entre si em 0,4m e com vazão de 2,7 L.h⁻¹. Foram realizadas fertirrigações semanais, de abril de 2000 a fevereiro de 2002, com a aplicação de 0,784 g de N planta⁻¹, sob a forma de nitrato de potássio, nitrato de cálcio e uréia, empregando-se bomba injetora de diafragma. Bovi et al. (1999) recomendam até 400 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ para aplicação convencional. Entretanto, optou-se por fixar a dose de nitrogênio em 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹, pois alguns estudos têm demonstrado que em fertirrigação as doses devem ser reduzidas devido à maior eficiência desse método.

Em fevereiro de 2002, quando as plantas estavam em condições de corte para palmito, foram abertas oito trincheiras para estudo da distribuição do sistema radicular no perfil do solo em função da lâmina de irrigação aplicada, em duas plantas de cada tratamento (duas repetições). Como o espaçamento entre as plantas era de 2,0 x 1,0 m, as trincheiras tinham dimensões de 1,4 m de largura abrangendo uma área de 0,70 m de cada lado do estipe da planta, 1,0 m na entrelinha de planta e 1,0 m de profundidade. O perfil de solo foi lavado para exposição das raízes, sendo esta completada com auxílio de canivete. Após a completa exposição das raízes, o solo foi escarificado para uma melhor exposição das raízes. Foi realizado o corte das raízes que ficaram horizontalmente para fora do perfil do solo, deixando-as com 1 cm de comprimento. Em seguida, as raízes foram coloridas com esmalte branco com a utilização de pincéis finos, para proporcionar uma melhor contraste com o solo

Foi utilizada uma malha reticulada (0,2 x 0,2 m) para facilitar o registro das imagens. As fotografias digitais foram tratadas, com o auxílio do programa Coral Draw 8.0, para regular o contraste e brilho, convertendo-as para 256 cores (8 bits). Posteriormente, empregou-se o programa SIARCS 3.0 para o processamento e análise das imagens e quantificação da área de raiz.

Os dados foram submetidos à análise de variância onde foram estudados os efeitos das lâminas de irrigação na área de raízes em profundidade (até 1 m) e lateralmente (na distância de até 0,7 m do estipe da planta).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias para a área de raízes em função da área de solo estão apresentadas na Tabela 3. Pela análise de regressão, procedimento adequado pela natureza quantitativa dos tratamentos e fatores analisados (profundidade e distância lateral), verifica-se que não houve diferença estatística entre as lâminas de irrigação, para uma mesma camada do solo. A ausência de significância estatística se deve, dentre outros fatores, ao alto coeficiente de variação do experimento (CV entre 23,62 e 225,68%, quando avaliando a variação dentro de cada camada de solo). Coeficientes de variação elevados são correntemente detectados em trabalhos envolvendo análise do sistema radicular. Embora se reconheça as implicações logísticas desse tipo de pesquisa, maior número de repetições seria aconselhado para propiciar aumento da precisão do experimento quando do estudo do sistema radicular da pupunheira. Não obstante, quando se considera o perfil como um todo (1,4 m²), os acréscimos em área de raízes por área de solo foram significativos, com 22,7, 28,8 e 44,4% mais raízes para os tratamentos L2, L3 e L4, respectivamente, quando comparados à testemunha (L1).

Tabela 3. Resumo da análise de regressão dos dados da distribuição vertical da área do sistema radicular da pupunheira (cm^2 raiz/ 400 cm^2 solo) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Piracicaba, SP, 2000.

Camadas em profundidade (m)	Lâminas de irrigação				Resumo da análise de regressão		
	L1 0	L2 50	L3 100	L4 120	F reg L	R ² (%)	CV (%)
0,0 - 0,2	78,75	91,40	93,94	103,06	1,21 ^{ns}	16,81	23,62
0,2 - 0,4	27,76	31,44	26,18	45,60	1,18 ^{ns}	16,39	35,54
0,4 - 0,6	1,75	6,74	10,92	8,29	4,03 ^{ns}	40,19	72,40
0,6 - 0,8	0,66	3,85	6,78	0,06	0,10 ^{ns}	1,68	174,32
0,8 - 1,0	0,00	0,23	2,43	0,33	0,66 ^{ns}	9,88	225,68
F reg L	22,04**	19,65**	12,98**	26,29**			
R ² (%)	73,37	71,06	61,88	76,67			
CV (%)	147,47	138,90	136,78	135,81			

** - Significativo a 1% de probabilidade; ns - não significativo.

Tabela 4. Resumo da análise de regressão da distribuição lateral da área do sistema radicular da pupunheira (cm^2 raiz/ 400 cm^2 solo) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Piracicaba, SP, 2000.

Distância lateral em relação ao estipe (m)	Lâminas de irrigação				Resumo da análise de regressão		
	L1 0	L2 50	L3 100	L4 120	F reg L	R ² (%)	CV (%)
0,0 - 0,1	3,06	3,54	5,21	4,50	0,78 ^{ns}	2,02	128,62
0,1 - 0,3	3,33	3,99	4,41	4,44	0,47 ^{ns}	0,60	141,61
0,3 - 0,5	3,62	3,43	4,25	3,39	0,01 ^{ns}	0,01	146,66
0,5 - 0,7	2,41	4,18	2,76	5,66	1,47 ^{ns}	1,85	159,58
F reg L	0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,19 ^{ns}			
R ² (%)	0,25	0,06	1,88	0,28			
CV (%)	153,11	139,90	144,81	143,31			

ns - não significativo.

Mesmo com coeficientes de variação elevados (entre 135,81 e 147,47%), detectou-se, para todas as lâminas, diferença estatística ($P < 0,01$) para área de raiz em função da camada do solo (Tabela 3). Na análise de regressão foi significativo o termo linear para a variável área de raízes por área de solo, a 1% de probabilidade para todas as lâminas de irrigação em estudo. Verificou-se que acima de 65% do sistema radicular da pupunheira estava distribuído nos primeiros 0,20 m de solo. Abaixo de 0,2 m observa-se uma redução acentuada nos percentuais de área de raízes. Estes resultados, que evidenciam a característica de desenvolvimento superficial do sistema radicular da pupunheira, estão de acordo com os observados anteriormente por vários autores, em diversos tipos de solo, utilizando plantas de diferentes idades e material genético, e conduzidas sob sistemas de cultivo distintos (Morales & Vargas, 1990; Bassoi et al., 1998; Bovi et al., 1999; Vega et al., 2005). Já Ferreira et al. (1980) relataram menores porcentagens de raízes na camada superficial e maior profundidade de alcance das raízes (até 2,0 m). Contudo, esse estudo foi realizado com pupunheiras adultas de 13 anos, cultivadas em espaçamento irregular, variando de 3 a 4 metros entre plantas, e as amostras foram retiradas a partir dos 0,5 m do centro da planta. Diferenças na distribuição do sistema radicular são atribuídas por Pomier & Bonneau (1987) à natureza dinâmica do

mesmo, podendo ser afetada pelo tipo de solo, condições de umidade, práticas culturais e pelas diferenças varietais.

Verificou-se também uma tendência linear positiva de acréscimo na área ocupada por raízes em função da lâmina de irrigação imposta, para a profundidade de 0 a 0,20 m. Dessa forma, os tratamentos L2, L3 e L4 apresentaram, respectivamente, uma quantidade de raízes 16,1, 19,3 e 30,9%, maior na primeira camada do solo (0-0,20 m) que o tratamento sem irrigação (L1) (Tabela 3). Comparando-se a distribuição das raízes em profundidade, observa-se que quanto menores foram as lâminas de irrigação aplicadas, menores áreas superficiais de raízes, para a camada de 0 a 0,2 m. Assim, detectou-se que no tratamento 4 (L4) 72,3% da área compreendida por raízes estavam nos primeiros 0,20 m de solo, contra 65,5, 67,0 e 68,4 % para os tratamentos L1, L2 e L3, respectivamente (Figura 2).

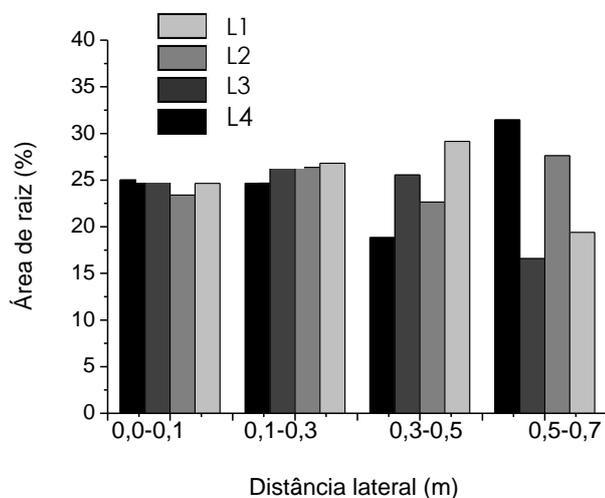


Figura 1. Distribuição porcentual da área de raiz (%) da pupunheira em relação à distância lateral (m) amostrada.

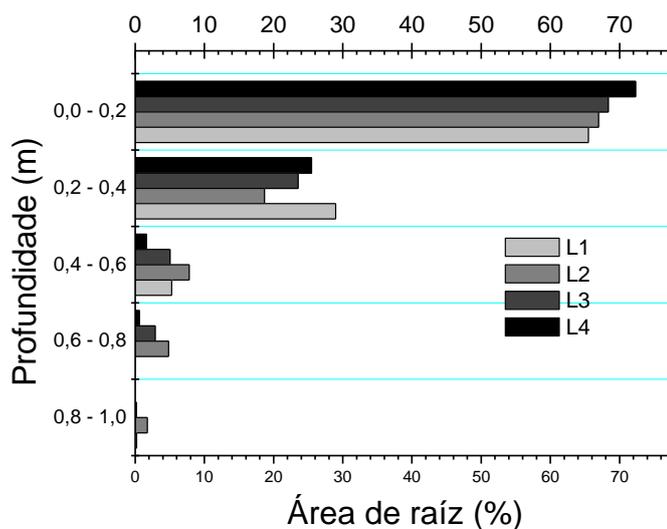


Figura 2. Distribuição porcentual da área de raiz (%) de pupunheira em relação à profundidade (m) do solo amostrada.

Verifica-se pela Figura 2 que na camada de solo a 0,2–0,4 m, observa-se uma concentração também elevada, com valores de 29,0, 18,7, 23,5 e 25,5% e para as lâminas L1, L2, L3 e L4, respectivamente, quando comparada com as demais profundidades do solo. Sendo assim, em média, 94,6, 85,7, 91,9 e 97,7% das raízes estavam distribuídas até a profundidade de 0,4 m, para L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Abaixo de 0,4 m de profundidade ocorreu redução drástica na concentração das raízes. Assim, para as condições locais de estudo, a maior concentração das raízes da pupunheira encontra-se numa profundidade de 0,4 m a partir da superfície do solo. Com exceção do tratamento L1 (Figura 3), menores áreas de raízes foram ainda observadas até maiores profundidades (Figuras 4, 5 e 6), sendo que para os tratamentos T2 e T3 (Figuras 4 e 5), chegou até a profundidade de aproximadamente, 0,9 m.

Distância lateral (m) a partir do estipe da planta localizado no centro da figura

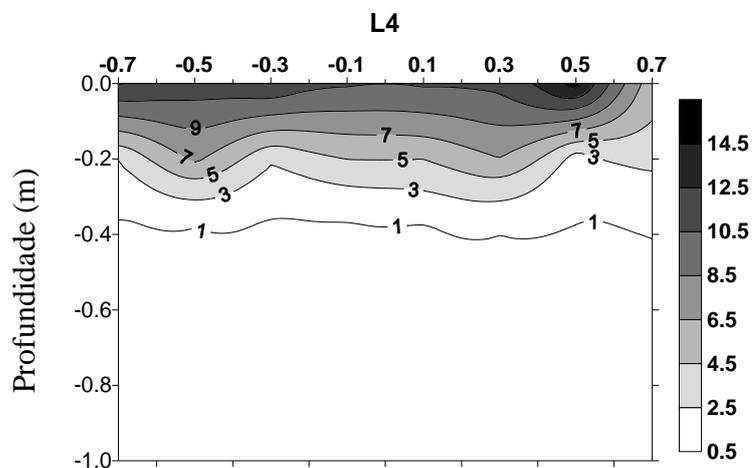


Figura 3. distribuição espacial da área de raízes (cm^2 de raiz/ 400 cm^2 de solo) da pupunheira para a lâmina de irrigação correspondente a testemunha (L1).

Distância lateral (m) a partir do estipe da planta localizado no centro da figura

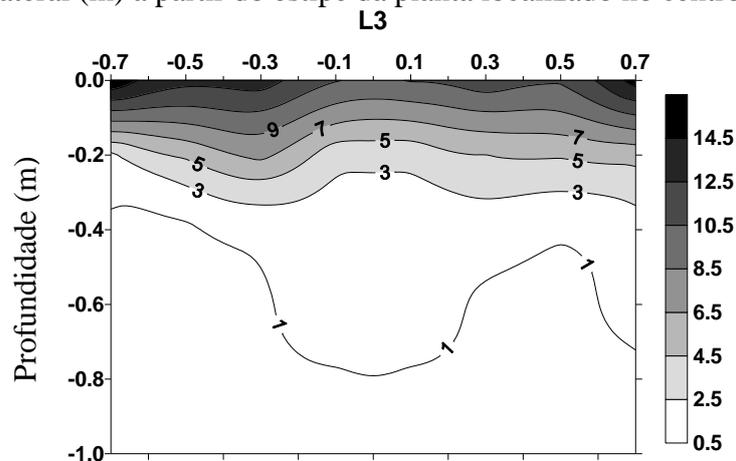


Figura 4. distribuição espacial da área de raízes (cm^2 de raiz/ 400 cm^2 de solo) da pupunheira para a lâmina de irrigação correspondente a 50% ETo (L2).

Distância lateral (m) a partir do estipe da planta localizado no centro da figura
L2

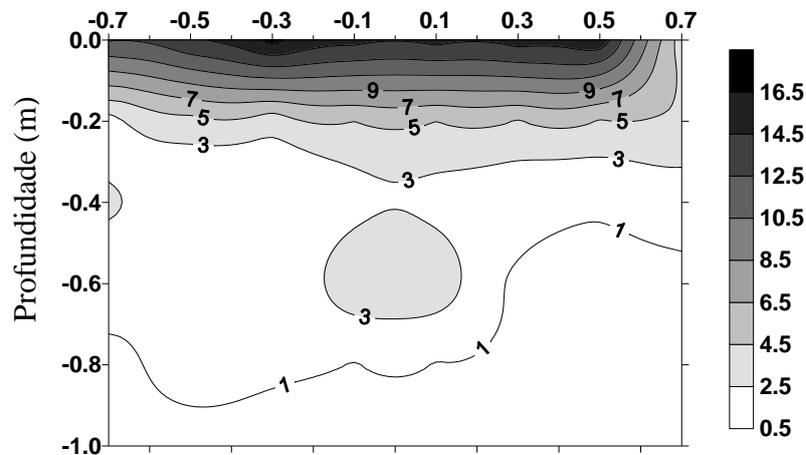


Figura 5. Distribuição espacial da área de raízes (cm^2 de raiz/ 400 cm^2 de solo) da pupunheira para a lâmina de irrigação correspondente a 100% ETo (L3).

Distância lateral (m) a partir do estipe da planta localizado no centro da figura
L1

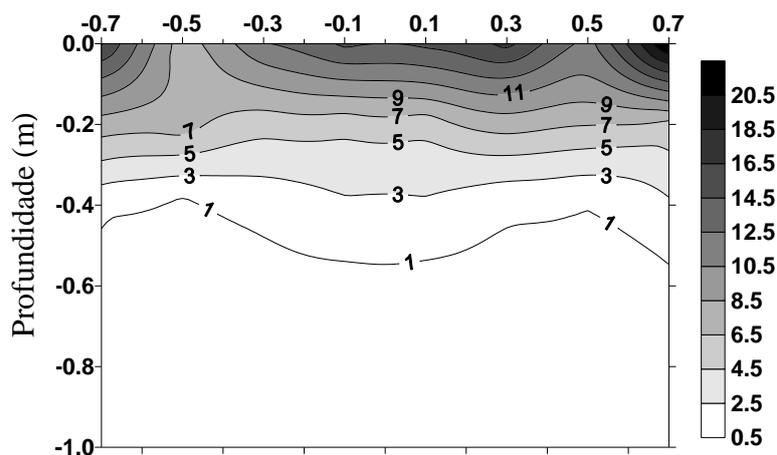


Figura 6. Distribuição espacial da área de raízes (cm^2 de raiz/ 400 cm^2 de solo) da pupunheira para a lâmina de irrigação correspondente a 120% ETo (L4).

Quando se considera a distribuição lateral, a partir do estipe da pupunheira, verifica-se que não houve diferença estatística para área de raiz dentro de cada lâmina, em função da distância do estipe principal (Tabela 4). Não houve também diferenças entre lâminas dentro de cada distância. A ocupação do sistema radicular da pupunheira variou de 16 a 31% para as diferentes distâncias consideradas (a partir do estipe), nas diferentes lâminas em estudo (Figura 1). Conclui-se, portanto, que o sistema radicular da pupunheira, na linha, é bem distribuído, detectando-se ligeiro adensamento na distância de 0,5 a 0,7 m do estipe, nos tratamentos L2 e L4, devido provavelmente contribuição do sistema radicular da planta vizinha.

6 CONCLUSÕES

Levando-se em consideração as características culturais e edafo-climáticas da área experimental pode-se chegar as seguintes conclusões:

Em torno de 65% do sistema radicular da pupunheira se concentra nos primeiros 0,20 m de profundidade, podendo ser essa a profundidade considerada para um manejo correto da aplicação de água e fertilizantes.

A irrigação proporcionou um maior desenvolvimento em profundidade do sistema radicular da pupunha.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSOI, L. H.; ALENCAR, C. M.; FLORI, J. E. Distribuição de raízes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) irrigada em latossolo vermelho amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. Poços de Caldas, 1998. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA;UFLA, 1998. v. 1, p. 58-59.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 527 p.

BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; BARBOSA, A. M. M. Densidade radicular de progênies de pupunheira em função de adubação de NPK. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 186-258, nov. 1999.

CINTRA, F. L. D.; PASSOS, E. E. de M. ; LEAL, M. de L. da S. Evaluation de la distribution du système racinaire de cultivars de cocotier Grand. **Oléagineux**, Paris, v. 48, p. 453-461, 1993.

CRESTANA, S. et al. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 365-371, 1994.

FERREIRA, S. A. N.; CLEMENT, C. R.; RANZANI, G. Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.- *Guilielma gasipaes* (H.B.K.) Bailey) I: solo latossolo amarelo, textura média. **Acta amazônica**, Manaus, v. 10. p. 245-249, 1980.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. Berlin: Academic Press, 1995. 674 p.

MORALES, A. L.; VARGAS, H. S. Observaciones sobre la distribución radical del Pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK) para palmito en un Andosol. **Revista de la Corporación Bananera Nacional**, San José, v. 14, p. 9-15, 1990.

PEARSON, R. W. Significance of rooting pattern to crop production and some problems of root research. In: CARSON, E. W. **The plant root and its environment**. Charlottesville; University Press Virginia, 1974. p. 247-267.

POMIER, M.; BONNEAU X. Développement du système racinaire du cocotier en fonction du milieu em Cote-d'ivoire. **Oléagineux**, Paris, v. 42, p. 409-421, 1987.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

TOMLINSON, P. B. **The structural biology of palms**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 463 p.

VEGA, F. V. A.; BOVI, M. L. A. et al. Lodo de esgoto e sistema radicular da pupunheira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 259-268, 2005.