

**UNIVERSIDADE ESTADUAL “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA ACEROLEIRA (*Malpighia* spp),
UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO E DINÂMICA DE NUTRIENTES DO SOLO NA
REGIÃO DA NOVA ALTA PAULISTA**

DANIELI RONDINA GOMES

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração: Sistema de Produção

Ilha Solteira - SP, agosto de 2005.

**DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA
ACEROLEIRA (*Malpighia* spp), UNIFORMIDADE DA
IRRIGAÇÃO E DINÂMICA DE NUTRIENTES DO SOLO NA
REGIÃO DA NOVA ALTA PAULISTA**

Danieli Rondina Gomes

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DO CAMPUS DE
ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Prof. Dr. Salatiér Buzetti

Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho

Ilha Solteira - SP, agosto de 2005

*Aos meus pais **Nelira Rondina Gomes** e **Pedro Gomes Bezerra**, pelo carinho e incentivo durante essa etapa da minha vida, com mais profundo amor, **Dedico** esta conquista.*

*À minha amada irmã **Aline**, ao meu namorado **Douglas** e aos amigos verdadeiros...
Ofereço.*

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me iluminou e deu forças para caminhar e ultrapassar os obstáculos surgidos em meu caminho;

Aos meus familiares que muito influenciaram nesta conquista;

Ao Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, pela oportunidade oferecida para o desenvolvimento do trabalho;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

À FAPESP pelo apoio financeiro do projeto;

Ao professor Fernando Braz Tangerino Hernandez pela oportunidade e orientação;

A equipe do Laboratório de Hidráulica e Irrigação, Vanzela, Ronaldo (Mineiro), Ronaldo, Elton, Celso, Renato, Lílian e também aos colegas Maurício e Eliana, pelo aprendizado, amizade e contribuição na realização deste trabalho;

Às minhas queridas amigas Flávia e Karem pelo companheirismo e muitos momentos de alegria;

Aos professores Walter Veriano Valério Filho e Salatiér Buzetti pelos ensinamentos e auxílios oferecidos;

Ao produtor que cedeu a área para a realização deste trabalho, o Sr. Shiro Tanino;

A todos os colegas e professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia pelos ensinamentos e convivência;

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente participaram da realização deste trabalho.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	xi
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Origem, importância e botânica.....	2
2.2. Fatores climáticos.....	4
2.3. Características químicas do solo e exportação de nutrientes.....	5
2.4. Irrigação na cultura.....	8
2.5. Sistema radicular.....	10
2.6. Bulbo de umedecimento.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Local, clima e solo.....	13
3.2. Descrição do experimento, tratamentos e irrigação.....	17
3.3. Avaliações.....	19
3.3.1. Armazenamento de água no solo.....	19
3.3.2. Análise do sistema radicular.....	20
3.3.3. Características químicas, dinâmica de íons no solo e exportação de nutrientes	
.....	22
3.3.4. Análise do desempenho do sistema de irrigação.....	23
3.3.5. Bulbo de umedecimento.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24

4.1. Análise climática.....	24
4.2.: Potencial matricial do solo.....	28
4.3.: Características químicas do solo.....	30
4.4.: Dinâmica de íons no solo.....	35
4.5. Análise da produção de acerola.....	40
4.6. Exportação de nutrientes.....	42
4.7. Análise do desempenho dos sistemas de irrigação.....	43
4.8.: Análise do sistema radicular.....	45
4.9.: Análise de bulbo de umedecimento.....	58
5. CONCLUSÕES.....	65
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE FIGURAS

1. Teores de areia, argila e silte, mostrados g.kg^{-1} , no solo da área experimental de Junqueirópolis, SP.....14
2. Densidade do solo (g.cm^{-3}) nas camadas de 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,0 m de profundidade no solo da área experimental, julho/03- Junqueirópolis, SP.....15
3. Localização e tamanho das trincheiras no campo.....21
4. Esquema para a obtenção dos dados para análise em profundidade do sistema radicular da aceroleira.....21
5. Esquema para a obtenção dos dados para análise do sistema radicular em relação à distância da planta.....22
6. Variação das médias mensais de temperatura do ar média, máxima e mínima ocorridas de janeiro a novembro de 2003.....25
7. Variação das médias mensais de umidade relativa do ar média, máxima e mínima ocorridas de janeiro a novembro de 2003.....25
8. Variação das médias mensais de radiação global e líquida ocorridas de janeiro a novembro de 2003.....26
9. Variação da evapotranspiração de referência (E_{to}) pela equação de Penman Monteith e pelo método do Tanque Classe A, no período de janeiro a novembro de 2003.....27

10. Variação das médias da velocidade do vento máxima e média, de janeiro a novembro de 2003.....	27
11. Totais mensais de evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith e as chuvas ocorridas de janeiro a novembro de 2003.....	28
12. Variação do potencial matricial de água no solo para o cultivo de sequeiro, nas profundidades de 15, 45 a 60 cm.....	29
13. Variação do potencial matricial de água no solo para o cultivo irrigado pelo sistema de MPL, nas profundidades de 15, 45 a 60 cm.....	29
14. Variação do potencial matricial de água no solo para o cultivo irrigado pelo sistema de gotejamento, nas profundidades de 15, 45 a 60 cm.....	30
15. Teores de MO (a), pH (b), P (c), K (d), Ca (e), Mg (f), H+Al (g), Al (h), V% (i) e Sb (j) no solo, em condições de diferentes sistemas de irrigação localizada e de sequeiro, nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-1,0 m.....	32
16. Concentração de MO na superfície do solo em sistema de SEQ.....	35
17. Teores de sódio (Na) (mmolc.L^{-1}) na solução do solo, em julho de 2003.....	36
18. Teores de potássio (K) (mmolc.L^{-1}) na solução do solo, em julho de 2003.....	38
19. Condutividade elétrica (CE) (dS.m^{-1}) na solução do solo em julho de 2003.....	39
20. Exportação de nutrientes por frutos de acerola em Junqueirópolis.....	42

21. Distribuição de água no sistema MPL com uma P.S. de 76 kPa e precipitação de 5,1 mm.h ⁻¹	44
22. Ramos e folhas da aceroleira atrapalhando a dispersão dos jatos de água.....	45
23. Área de raízes (cm ²) analisada em profundidade na linha da cultura de acerola.....	49
24. Comprimento de raízes (cm) analisado em profundidade na linha da cultura de acerola...49	
25. Diâmetro de raízes (cm) analisado em profundidade e distância na linha da cultura de acerola.....	50
26. Área de raízes (cm ²) analisada em profundidade na entrelinha da cultura de acerola.....	50
27. Comprimento de raízes (cm) analisado em profundidade na entrelinha da cultura de acerola.....	51
28. Diâmetro de raízes (cm) analisado em profundidade na entrelinha da cultura de acerola..	51
29. Porcentagem acumulada de raízes em profundidade na linha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).....	53
30. Porcentagem de raízes acumuladas na entrelinha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).....	54
31. Porcentagem acumulada de raízes em distância na linha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).....	56

32. Porcentagem acumulada de raízes em distância na entrelinha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).....57
33. Perfis de umidade no solo, sob sistema de gotejamento, com leitura inicial (a), 0,5 h (b), 1 h (c), 1,5 h (d), 2,0 h (e), 2,5 h (f), 3,0 h (g), 3,5 h (h), 4,0 h (i), 4,5 h (j), 5,0 h (l), 5,5 h (m), 6,0 h (n) após ter iniciado a irrigação e 0,5 h (o), 1,0 h (p), 1,5 h (q) e 2,0 h (r) após ter cessado a irrigação.....61
34. Perfis de umidade no solo, sob sistema de mangueira perfurada a laser, com leitura inicial (a), 0,5 h (b), 1 h (c), 1,5 h (d), 2,0 h (e), 2,5 h (f) e 3,0 h (g) após ter iniciado a irrigação e 0,5 h (h), 1,0 h (i), 1,5 h (j), 2,0 h (l), 2,5 h (m), 3,0 h (n), 3,5 h (o), 4,0 h (p), 4,5 h (q) e 5,0 h (r) após ter cessado a irrigação.....64

LISTA DE QUADROS

1. Valores de potencial matricial (Ψ) versus umidade volumétrica estimados pelo modelo de Genuchten (1980) e densidade do solo para as diferentes profundidades.....15
2. Resultado da análise química do solo da área experimental em quatro profundidades em maio de 2000 - Junqueirópolis, SP.....17
3. Parâmetros do modelo de Genuchten (1980) estimados, segundo cada profundidade dos tensiômetros.....20
4. Produtividade média mensal e total na cultura da acerola na safra 2002/2003 em Junqueirópolis, SP.....40
5. Dados médios de exportação de nutrientes por frutos de acerola em Junqueirópolis.....42
6. Vazões (l/h), precipitação (mm/h) e o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), em setembro de 2000 e 2001 e julho de 2003.....43
7. Análise de variância para área de raízes da aceroleira na linha da cultura.....45
8. Análise de variância para comprimento de raízes de aceroleira na linha da cultura.....46
9. Análise de variância para diâmetro de raízes de aceroleira na linha da cultura.....46
10. Análise de variância para área de raízes de aceroleira na entrelinha da cultura.....46

11. Análise de variância para comprimento de raízes de aceroleira na entrelinha da cultura...47

12. Análise de variância para diâmetro de raízes de aceroleira na entrelinha da cultura.....47

**DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA ACEROLEIRA (*Malpighia* spp),
UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO E DINÂMICA DE NUTRIENTES DO SOLO NA
REGIÃO DA NOVA ALTA PAULISTA**

Autor: Danieli Rondina Gomes

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

RESUMO

A cultura da acerola é de grande importância econômica para o município de Junqueirópolis, localizado na Região da Nova Alta Paulista, Estado de São Paulo. A partir do ano de 2000 vêm sendo realizados trabalhos relacionados com a irrigação da cultura, a fim de melhorar a produção e a qualidade dos frutos. Foi comparado o cultivo de sequeiro com três sistemas de irrigação (gotejamento, gotejamento em subsuperfície e mangueira perfurada a laser). Com isso, o presente trabalho avaliou os seguintes parâmetros: armazenamento de água no solo, sistema radicular, movimento de nutrientes no perfil do solo, produção da cultura, exportação de nutrientes, desempenho dos sistemas de irrigação e bulbo de umedecimento. Observou-se que a profundidade efetiva do sistema radicular da acerola encontra-se em média a 0,70 m, a água de irrigação condiciona sensíveis melhorias nas condições químicas do solo, o sistema de gotejamento promove distribuição de água a maiores profundidades, o sistema de mangueira perfurada a laser apresentou maior desgaste ao longo do tempo com CUC de 21,7%, o sistema de sequeiro foi o que apresentou maior exportação de nutrientes, bem como maior produtividade média com 48 kg.planta⁻¹.ano⁻¹.

Palavras-chave: gotejamento, mangueira perfurada a laser, raízes, exportação de nutrientes.

**DISTRIBUTION OF THE ROOT SYSTEM OF ACEROLEIRA (*Malpighia* spp),
UNIFORMITY OF THE IRRIGATION AND DYNAMIC OF NUTRIENTS OF SOIL
IN THE NOVA ALTA PAULISTA REGION**

SUMMARY

The culture of Barbados cherry (*Malpighia glabra* Mill sp) is of great economical importance for the district of Junqueirópolis, located in the Nova Alta Paulista, region county-SP. Starting from the year of 2000 works related with the irrigation of the culture have been accomplished, in order to improve the production and the quality of the fruits. The non-irrigated cultivation was compared with three overhead irrigations (trickling, subsurface trickling and micro sprinkling and laser perforated pipes). With that, the present work evaluated the following parameters: storage of water in the soil, root system, move of nutrients in the soil profile, production of the culture, export of nutrients, discharge of system of irrigation and wetted volume. It was observed that the depth executes of the root system of the Barbados cherry meets on average to 0,70 m, the irrigation water conditions sensitive improvements in the chemical conditions of the soil, the trickling system promotes distribution of water to largest depths, the micro sprinkling and laser perforated pipes presented larger wear and tear along the time with CUC of 21,7%, the non-irrigated system was what presented larger export of nutrients, as well as larger medium productivity with 48 kg per plant per year.

Key-words: trickling, laser perforated pipes, roots, export of nutrients.

1. INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas da região da Nova Alta Paulista até meados da década de 80 eram baseadas na cafeicultura e pecuária. A combinação dos efeitos da disseminação de nematóides, geadas, baixa nos preços pagos ao produtor e ainda a implantação do Proálcool, fizeram com que a cafeicultura encontrasse sua decadência, ao mesmo tempo em que a cana-de-açúcar ocupava também áreas destinadas à pastagem.

Atualmente a pecuária na região alcança índices zootécnicos muito baixos, devido à visão equivocada de produtores que utilizam somente as piores terras da propriedade nesta atividade, não realizam correção do solo e ainda menos adubação de manutenção nas pastagens.

O município de Junqueirópolis, situado nesta região, apresenta sua economia baseada na agropecuária, cujos principais cultivos são as pastagens, o milho, algodão, café e mais recentemente o cultivo de fruteiras (com destaque para uva e acerola). Atualmente, é o maior produtor de acerola do Estado e por isso, conhecido como a “Capital da Acerola”. Os novos plantios são feitos com a variedade “Oliver”, cujo teor médio de vitamina C pode chegar a 1362 mg/100ml de suco (KONRAD et al. 2002b). No município são cultivados atualmente 100.000 pés de acerola, cuja produção na safra 2001/02 foi de aproximadamente 2400 toneladas (CATI, 2002).

A acerola pode ser considerada a planta da década de 90, pois nenhuma outra espécie está sendo tão prestigiada, em virtude, principalmente, da procura cada vez maior desta fruta para consumo *in natura* ou sob a forma de suco. Ainda que as produtividades médias sejam muito aquém do potencial da cultura, seu cultivo é de grande importância para o município, pois mais de um milhão de reais circulou na última safra em função somente da venda da

produção. Ainda, a cultura é a atividade que mais emprega mão de obra no município atualmente.

Sob as condições climáticas da região, altas temperaturas e umidade, e com o uso da irrigação, foi possível se estabelecer colheitas ao longo de nove meses no ano, além de que o uso desta técnica permitiu, em média, um incremento de 71,3% no volume de frutos comercializados (KONRAD et al., 2002a).

Considerando as vantagens econômicas obtidas através do uso da irrigação, este trabalho teve por objetivo avaliar: o comportamento do sistema radicular da aceroleira, o movimento de íons no solo, o desempenho de emissores utilizados na irrigação implantada em agosto de 2000, realizarmos estudos relativos à formação de bulbos de umedecimento a partir de emissores tipo gotejador e mangueira perfurada a laser e ainda, a exportação de nutrientes pelos frutos da acerola e a produtividade da cultura, de modo a subsidiar práticas adequadas de manejo de água e nutrientes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem, importância e botânica

Em 1535, Oviedo descreveu na Venezuela, um arbusto denominado “cimiruco” ou “semeruco”, com fruto atraente e saboroso, externamente muito semelhante à cereja européia, exceto por conter duas a três sementes. A mesma espécie foi descrita na Jamaica por Sloane em 1696, sob o nome de “cereja das Antilhas”. Nos séculos XVI e XVII, vários autores haviam relatado que plantas com frutos semelhantes à cereja verdadeira estavam sendo cultivadas em extensas áreas do México, na parte norte da América do Sul e nas Antilhas (ARAÚJO e MINAMI, 1994, p.7).

No Brasil, a introdução dessa fruteira ocorreu na década de 50, havendo controvérsias com respeito ao ano e local originais. Seus plantios, porém, ganharam expressão econômica somente a partir da década de 90, com o aumento da demanda do produto tanto pelo mercado interno como externo, estando hoje difundidos em praticamente todo o território nacional, à exceção de regiões de clima subtropical e/ou de altitude, sujeitas a baixas temperaturas, (OLIVEIRA e SOARES FILHO, 1998, p.1).

Atualmente o Brasil ocupa o primeiro lugar na produção e exportação da acerola, em razão da existência de condições bastante favoráveis de clima, e solo em grande área do país (JUNQUEIRA et al., 2004). Segundo os mesmos autores, outra vantagem do cultivo dessa frutífera é o elevado número de safras/ano, podendo-se obter em pomares irrigados, safras durante o ano todo.

De acordo com Corrêa et al. (2002, p.765), a acerola, em função do seu altíssimo teor de vitamina C, é hoje em termos relativos e com tendência a expansão uma das principais culturas de exportação da fruticultura brasileira, sendo consumidos, de forma crescente, principalmente por japoneses, europeus e norte-americanos.

Araújo e Minami (1994, p.8), descrevem a aceroleira como um arbusto de porte médio, com 2-3 metros de altura, com copa atingindo até 3 metros. Suas folhas com 2,5 a 7,5 cm de comprimento são opostas, de pecíolo curto, ovaladas com coloração verde-escuras brilhantes na superfície superior, e verde pálido na interior. As flores são pequenas, medindo de um a dois cm de diâmetro dispostas em cachos axilares, pedunculados contendo de três a cinco flores, de coloração rosa esbranquiçada a vermelha. De acordo com Gonzaga Neto e Soares (1994, p.12), as flores aparecem sempre após um surto de crescimento vegetativo, surgindo gradativamente até a plena floração, ocorrendo em ramos maduros do ano anterior e nos ramos novos do mesmo ano.

Estudando a evolução do ciclo reprodutivo desde a emissão dos primórdios do botão floral à maturação do fruto, Bosco et al. (1995, p.19-26) observaram que o período que compreende desde a emissão dos primórdios do botão floral a abertura da flor, dura em média 9,33 dias, enquanto que, entre a abertura da flor e a maturação do fruto, registraram-se 19,68 dias. Araújo e Minami (1994, p.10) relataram que, a partir da visibilidade das gemas floríferas nas axilas das folhas até a antese floral, são necessários 10 a 14 dias e que os frutos são pequenos, tipo drupa, carnosos, variando bastante na forma, tamanho e peso. Quando pequenos são de coloração verde, passando para tons avermelhados quando maduros, devido à antocianina presente.

2.2. Fatores Climáticos

A acerola é uma planta rústica e originária de climas tropical e subtropical e desenvolve-se satisfatoriamente em regiões que apresentem temperaturas médias em torno de 25 a 27° C (COUCEIRO, 1985, p.9), que encontrou na região da Nova Alta paulista condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. Quando jovem, a aceroleira é normalmente sensível ao frio, devendo ser protegidas em temperaturas inferiores a -1,0° C, porém, árvores adultas podem resistir a períodos curtos de temperaturas em torno de - 2,0° C sem apresentarem injúrias (PHILLIPS, s.d, citado por ARAÚJO e MINAMI, 1994, p.22). Em condições de período frio e sem chuva, a planta permanece estacionária, voltando a vegetar e florescer, de modo quase contínuo, imediatamente à elevação de temperatura e a presença de umidade no solo (COUCEIRO 1985, p.11). No município de Junqueirópolis, sob condições de irrigação observou-se que a produção se estendeu entre os meses de setembro a maio (KONRAD et al., 2002a). Araújo e Minami (1994, p.25) citando Argles (1988), consideram necessário um regime pluviométrico em torno de 1780 mm, anuais, bem distribuídos, para obtenção de uma boa produção, com frutos de maior tamanho e melhor qualidade. Quando

superior a 1800 mm pode determinar a formação de frutos aquosos, frágeis e com menores teores de açúcares e ácido ascórbico. Couceiro (1985, p.16), reporta que em regimes com pluviosidade igual ou inferior a 1200 mm, faz-se necessário à complementação com irrigação. Simão (1971, p. 480) afirma que a aceroleira desenvolve-se bem desde o nível do mar até altitudes de 700m. É bastante exigente quanto à insolação, sendo pouco indicados os locais sombrios, frios e poucos arejados. A suscetibilidade da aceroleira a doenças fúngicas pode ser evidenciada por condições de alta pluviosidade, associada à temperatura e umidade relativa do ar, elevadas (SILVA et al., 1997, p.452).

2.3. Características químicas do solo e exportação de nutrientes

A absorção de nutrientes pela planta, aplicados ao solo pode ser limitada por muitas condições, como declínio do sistema radicular ativo, redução da atividade radicular causada pela compactação do solo, acidez, falta de umidade no solo dificultando a difusão de nutrientes, doenças, tipo de solo, dentre outros (CARVALHO et al., 2001, p.240).

A planta de acerola não é exigente quanto ao solo, adaptando-se bem dentro da diversidade onde se localizam os plantios comerciais. Os mais indicados são aqueles de mediana fertilidade ou férteis, argilo-arenosos, profundos e com condições de boa drenagem, (COUCEIRO 1985, p.7). Por outro lado, Corrêa et al. (2002, p. 765) afirmam que apesar da aceroleira ser uma planta rústica, facilmente adaptável aos mais variados tipos de solo, ela requer um manejo correto da adubação e nutrição das plantas, principalmente em pomares orientados para exportação.

A aplicação de corretivos em culturas anuais, com incorporação ao solo, é técnica conhecida e tem sido usada normalmente pelos agricultores. Entretanto em culturas perenes a incorporação de corretivos da acidez é mais complexa, devido às características intrínsecas

dessas culturas e a falta de informações científicas e tecnológicas, como é o caso, por exemplo, dos pomares do Estado de São Paulo (PRADO, 2003, p.9).

De acordo com Corrêa et al. (2001, p. 1280) a análise química do solo é o principal critério para avaliar sua fertilidade e conseqüentemente, a necessidade de adubação pelas culturas. Estes afirmam também, que a diagnose nutricional de plantas pode ser realizada pela avaliação dos resultados da análise química foliar, dentre outros, constituindo-se em uma ferramenta que permite planejar, avaliar e calibrar a recomendação de adubação utilizada nas lavouras.

De acordo com Alves et al. (1990), citados por Araújo e Minami (1994, p.28), a exportação dos nutrientes pelos frutos de acerola por ocasião da colheita apresentou a seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, P, S, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu, enquanto que Raij et al. (1996, p.121) citam que com conteúdo aproximado de 1,8; 0,3; 2,6; 0,1; kg de N, P, K e S, respectivamente, em frutos de acerola, para produtividade entre 30-50 t/ha. Estes mesmos autores recomendam, para altas produtividades e nas condições de fertilidade da área experimental, adubações de 140, 100 e 200 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, P₂O₅ e K₂O, respectivamente e divididas em três parcelas, no início, meado e fim da época chuvosa. Certamente esta recomendação, especialmente em relação ao parcelamento, não se aplica aos cultivos irrigados com aplicação dos fertilizantes juntamente com a água de irrigação. Konrad (2002, p.56-66) iniciou trabalhos com parcelamento mensal da fertirrigação, mas no ano seguinte obteve rendimentos semelhantes concentrando as fertirrigações apenas no período produtivo (oito parcelas mensais) e aplicando 65% menos fertilizantes em relação ao cultivo de sequeiro. Durante os dois primeiros anos de experimentação foi possível fazer a correção do solo, ao mesmo tempo em que se verificou uma grande mobilidade dos nutrientes, especialmente potássio, cálcio e magnésio, concluindo pela importância de se fazer um adequado manejo da irrigação, de modo a não permitir a lixiviação dos nutrientes.

Com relação aos micronutrientes, Martinez et al. (1996, p.42) estudaram qual a época do ano em que a acerola é mais exigente e observaram que a exigência foi aumentando de acordo com o crescimento da planta. A marcha de absorção obedece a seguinte ordem decrescente: Mn, Fe, Zn, Cu e B.

A lixiviação determina a perda de nutrientes da zona radicular para as camadas mais profundas do perfil do solo, tornando-os indisponíveis as culturas; portanto, é uma preocupação constante a lixiviação de íons provenientes da solução do solo ou de fertilizantes, (SANTOS et al., 2002, p.12-16). A entrada e o movimento do nutriente no solo através da fertirrigação é função do tipo de emissor utilizado. No caso do gotejamento, esta movimentação é influenciada pela textura do solo e vazão do emissor, que determinará um deslocamento predominante na horizontal ou vertical, formando bulbos de umedecimento diferenciados, conforme já demonstrou BEDUM (1995, p.1-63). Segundo Reichardt (1990, p.139-155), a lixiviação dos íons através do perfil do solo, é uma das principais causas de perdas de nutrientes, contribuindo sensivelmente para a acidificação do solo. Isto indica a necessidade de adotar manejo de água e nutrientes com bastante critério.

A predominância de sódio em relação aos demais cátions, no complexo de troca, pode promover a dispersão e migração dos colóides no perfil do solo, com a obstrução dos poros e redução da movimentação de ar e água, dificultando o crescimento dos vegetais (FREIRE et al., 2003, p.45-52). Estes autores afirmam também, que a percentagem de sódio trocável é a variável que representa a proporção deste cátion em relação à capacidade de troca catiônica, e é usada como critério na classificação de solos afetados por sais.

Em trabalho conduzido por Duenhas et al. (2002, p.214-218), avaliando qualidade de frutos de laranja valências produzidas sob diferentes doses de NPK aplicados por fertirrigação foram observadas que a aplicação do fertilizante via irrigação interfere no comportamento do pH do solo. Uma das hipóteses para explicar a diferença entre os tratamentos, irrigados ou não

irrigado, é que, neste último, houve menor lixiviação de bases e, conseqüentemente, o abaixamento do pH foi menor.

A absorção de água e nutrientes pelas raízes é função da sua distribuição espacial e da capacidade produtiva da cultura. Plantas bem nutrida e sem restrição de água têm uma exportação maior de nutrientes devido à maior produção de folhas e frutos como demonstra MARTINEZ (1996, p.42). Malavolta et al. (2002, p. 1017-1018) estudando nutrição do cafeeiro, cita que o número de flores viáveis depende dentre outros fatores do estado nutricional da planta. Segundo os mesmos autores, as exigências minerais das flores e depois dos frutos devem ser satisfeitas pelo solo, pelo adubo e pela mobilização de reservas dos órgãos de residência, como ramos, folhas e raízes.

2.4. Irrigação na Cultura

A uniformidade de distribuição de água em áreas irrigadas influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo.

De acordo com Santos et al. (2003), uma baixa uniformidade de distribuição de água faz com que determinadas plantas irrigadas pelo sistema recebam mais água e adubo do que outras, resultando em um desenvolvimento desuniforme dentro da cultura. Acrescenta-se ainda, que o excesso de água no solo provoca a lixiviação de nutrientes, a redução da concentração de oxigênio disponível às raízes e pode aumentar a incidência de pragas e doenças, enquanto que a escassez aumenta os riscos de salinização e inibe o potencial produtivo da planta.

Para a otimização da produção de um pomar de acerola é necessário investir em um sistema de irrigação, principalmente porque esta cultura, tendo calor e água, produz quase sem parar, embora em quantidades diferenciadas. Esse investimento mostra resultados sempre

positivos no incremento da produção, desde que, todos os outros fatores da produção estejam regularmente conduzidos (GAYET, 1995, p.29).

De acordo com Bleinroth et al. (1996, p.14), estudos sobre o efeito do estresse hídrico seguido de irrigação, devem ser conduzidos em aceroleiras, com o objetivo de se obter maior pegamento de frutos, picos mais uniformes de produção e conseqüentemente, diminuição dos custos com mão-de-obra na colheita, tendo em vista a facilidade de aplicação desta técnica.

A irrigação da cultura da acerola tem sido utilizada especialmente para regiões com problemas de insuficiência ou má distribuição de chuvas, como é o caso da região semi-árida nordestina, o que tem permitido a duplicação da produção e o aumento do número de safras por ano. Na região do Submédio São Francisco, verificou-se em média oito a nove safras por ano, quase contínuas, com repouso de 10 a 15 dias entre uma e outra (GONZAGA NETO e SOARES, 1994, p.30).

Konrad (2002, p.107), estudando efeito da irrigação sobre produção e qualidade de frutos de acerola, concluiu que a irrigação proporcionou melhor distribuição da produção, com frutos de maior massa média e diâmetro. A produção na região da Nova Alta Paulista no período de outubro a dezembro foi de 52,8 kg.planta⁻¹ no sistema de gotejamento em subsuperfície (KONRAD e HERNANDEZ, 2001).

A irrigação localizada aumenta a concentração de raízes próximas ao gotejador, tornando mais eficiente o uso da água e dos nutrientes, (SAMPAIO et al., 1999, p.21-30). Trabalhos conduzidos por Nogueira et al. (2000, p.45), sobre sistemas de irrigação da aceroleira, mostraram que a microaspersão proporcionou os menores valores de circunferência de caule e altura de caule, sendo que o gotejamento subterrâneo proporcionou os maiores valores. Konrad (2002, p. 82) obteve menor produção no sistema de irrigação por microaspersão e segundo o autor isto ocorreu pelo fato de se utilizar um microaspersor para cada duas plantas e como a cultura da acerola possui grande quantidade de ramos próximos à

superfície do solo, estes restringiram a dispersão dos jatos de água, ocorrendo assim restrição na área molhada.

A má distribuição de água, medida em termos do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (1942) poderá alterar o perfil de umedecimento, independente do sistema de irrigação utilizado. Estudos sobre a uniformidade da distribuição e armazenamento de água acima e abaixo da superfície foram conduzidos por Vanzela et al (2002) e Zocoler et al. (2002).

De acordo com Sousa et al. (2002, p. 52), nos últimos anos a forma tradicional de aplicação de fertilizantes nas culturas irrigadas vem sendo substituída pela fertirrigação, que permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação. Estes afirmam ainda que a forma de aplicação de água via gotejamento tem-se mostrado bastante eficiente no cultivo de frutíferas, uma vez que a água e os fertilizantes são aplicados pontualmente na zona de concentração de raízes, o que aumenta a eficiência do uso dos mesmos.

2.5. Sistema Radicular

O sistema radicular das plantas cultivadas desempenha importante papel nos estudos das interações que ocorrem entre o solo, as plantas e outros organismos vivos, uma vez que o conhecimento da sua distribuição permite o uso mais racional de práticas de cultivo tais como manejo e adubação do solo. O conhecimento da distribuição estatística ou dinâmica do sistema radicular de qualquer cultura constitui-se, também, numa relevante ferramenta para a elaboração de um projeto, bem como num elemento essencial para qualquer plano de manejo da irrigação (COELHO et al., 2001, p.250-256).

Konrad et al., (2001) observaram que o sistema radicular da aceroleira é superficial e diminui em profundidade, pois 47% das raízes são encontradas na camada de 0 a 0,25m. Neves et al., (2001, p.112-115) avaliando diversos cultivares de acerola, observaram que 80%

das raízes se encontram no raio de projeção da copa da planta, com isso, as adubações da aceroleira devem ser feitas nesta área.

Neves et al. (2001, p.112-115), trabalhando com sistema radicular da aceroleira, encontraram alta variabilidade dos dados, segundo os autores, isto ocorre porque o solo é heterogêneo, e o sistema radicular desvia de zonas menos favoráveis, seguindo caminhos de menor resistência em fendas, canais da fauna do solo e de material orgânico em decomposição.

Segundo Coelho et al. (2002, p.603-611), além da necessidade do conhecimento da distribuição do sistema radicular para fins de irrigação, deve-se ressaltar a necessidade do mesmo para fins de manejo de solos. O manejo de solos pelo produtor repercute diretamente na distribuição das raízes, permitindo maior ou menor exploração do solo, e conseqüentemente, na absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Os sistemas de irrigação também podem afetar a distribuição de raízes no solo. De acordo com Bassoi (1998, p.1-4), na microaspersão, a distribuição horizontal do sistema radicular da videira tende a ser mais uniforme, enquanto que no gotejamento, a tendência é de as raízes se concentrarem em torno dos emissores de água, ou seja, a distribuição das raízes no solo é fortemente influenciada pelo volume e padrão de distribuição de água.

O uso de metodologias como a utilização do trado holandês ou de caneco, anel volumétrico e imagens digitais têm crescido nos últimos anos, aumentando as opções de procedimentos metodológicos nos estudos ambientais em detrimento do método tradicional de coleta em volume conhecido com posterior lavagem e separação das raízes (AMARAL, 1998, p.1).

Com o avanço da informática, novas metodologias foram propostas, apresentando menores custos, maior precisão e menor tempo de análises, dentre as quais se destaca o método de imagens digitalizadas, desenvolvido por Crestana et al. (1994, p.365-371),

utilizado com sucesso por Neves et al. (2001, p.112-115) e Konrad (2002, p.1-119.), na avaliação de raízes de acerola.

2.6. Bulbo de Umedecimento

A determinação da relação entre umidade volumétrica do solo (θ) e o potencial matricial da água no solo (ψ_m), mais conhecida como curva de retenção de água no solo, é de grande importância na agricultura irrigada, tanto no que se refere ao dimensionamento do sistema de irrigação como no manejo desses sistemas (OTTO e ALCAIDE, 2001, p. 265).

Com o objetivo de estudar a distribuição da água e do íon K^+ em um latossolo roxo de classe textural argila, Zanini (1991a, p.13-24) observou que a expansão lateral da umidade do solo no interior do bulbo de umedecimento foi de 0,7 m e em relação a profundidade, a área molhada atingiu 1,0 m. Pôde-se verificar ainda que os valores máximos de umidade concentraram-se na região central do bulbo molhado. O autor cita também que nas épocas em que o solo recebeu mais água, a movimentação no interior do bulbo, logo após a aplicação, foi maior que nas outras épocas, devido ao estado da água no solo aproximar-se da saturação, aumentando sua condutibilidade hidráulica. E ainda, Zanini (1991b, p.24-39) relatou que a concentração de potássio é maior no centro do bulbo, cerca de 0,3 a 0,4 m de profundidade, sendo possível determinar um aumento da concentração do K até 0,8 m de profundidade, logo após a fertirrigação, citando ainda que as irrigações subseqüentes promoveram uma melhor distribuição do íon no bulbo molhado, mas que, os locais de maiores concentrações de K coincidem com os locais de maiores valores de umidade, evidenciando seu caminhar por fluxo de massa.

O conhecimento da distribuição de água no volume molhado sob gotejamento é essencial na determinação do quanto irrigar e do momento da irrigação (COELHO et al. 1999, p.652). Segundo os mesmos autores, o uso de modelos para descrever ou estimar a

distribuição de água no volume molhado pode ser uma importante alternativa na definição do manejo da irrigação, permitindo até mesmo antecipar os resultados de produção para diferentes opções de manejo.

De acordo com Otto e Alcaide (2001, p.265-269), o uso de tensiômetros na determinação da curva de umidade é promissor, porque pode ser realizada com simplicidade nas condições de laboratório e de campo. Afirmam ainda que o equipamento apresenta a desvantagem da limitação de medidas do potencial matricial entre 0 e 100 kPa. Outra forma de obtenção da umidade volumétrica do solo é através do uso da sonda de nêutrons. Estudo conduzido por Ferreira et al. (2003) mostrou que os maiores erros estimados neste tipo de determinação foram os envolvidos na calibração do instrumento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local, clima e solo

A área experimental foi implantada no Sítio Tanino, estabelecido no município de Junqueirópolis, região chamada de Nova Alta Paulista, Estado de São Paulo, cuja altitude é de 390 metros e coordenadas 21°28' de latitude Sul e 51°24' de longitude Oeste.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, subtropical úmido, com inverno seco e ameno, e verão quente e chuvoso (HERREIRA et al., 1997, p.34-42). As condições climáticas foram observadas no local do experimento e registradas pela estação agroclimatológica automática da UNESP - Ilha Solteira, em Junqueirópolis, SP.

Para o início dos trabalhos, foram coletadas na área, amostras de solo para determinação das características físicas e químicas dos mesmos, bem como o armazenamento de água no solo.

A cultura da acerola foi instalada em um solo Argissolo caracterizado pela elevação no teor de argila em profundidade, sendo que o horizonte A (0 a 0,20m) apresenta cerca de 60% de areia, (Figura 1).

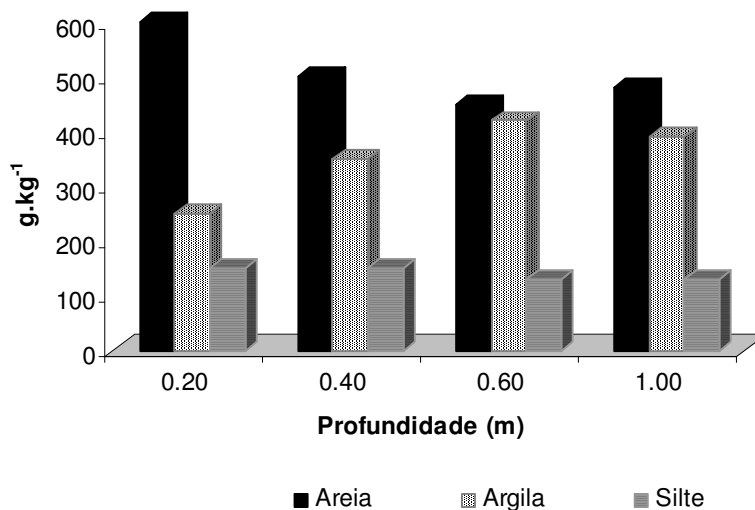


FIGURA 1. Teores de areia, argila e silte, mostrados em g.kg⁻¹ em função da profundidade do solo da área experimental de Junqueirópolis, SP.

Os valores de densidade do solo em questão estão apresentados na Figura 2. Pode-se observar que as camadas correspondentes a 0,20 até 0,60m de profundidade são as mais compactadas, tanto no sistema sequeiro, quanto no irrigado. Para o sistema irrigado, os valores de densidade foram menores. Foi determinada a densidade na mesma profundidade das trincheiras usadas na observação do sistema radicular da aceroleira.

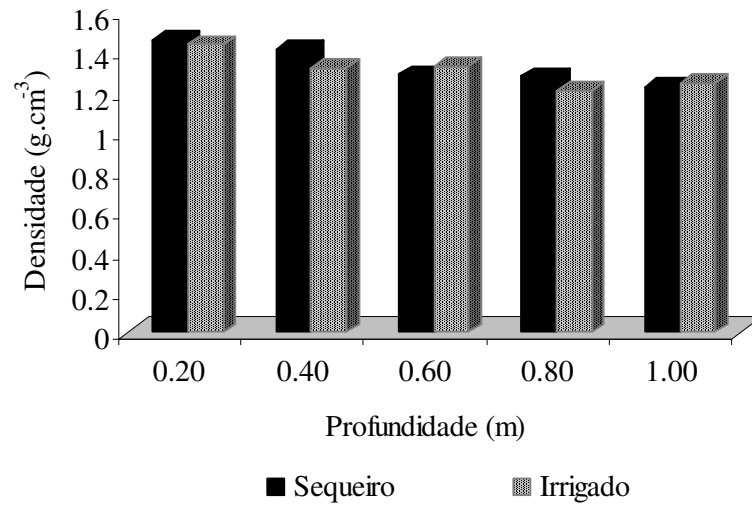


FIGURA 2. Densidade do solo (g.cm^{-3}) nas camadas de 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,0 m de profundidade no solo da área experimental, julho/03- Junqueirópolis, SP.

As características análises físico-hídricas do solo são apresentadas no Quadro 1. Para a determinação da curva característica de retenção de água no solo foram coletadas três amostras de solo com os anéis centrados a profundidades de 0,15; 0,30 e 0,45m, estas foram encaminhadas a ESALQ- USP. Com o resultado, utilizou-se o modelo de Genuchten (1980) que permite converter o potencial matricial em umidade volumétrica.

QUADRO 1. Valores de potencial matricial (Ψ) versus umidade volumétrica estimados pelo modelo de Genuchten (1980) e densidade do solo para as diferentes profundidades.

Prof. (m)	Ψ - Potencial matricial (cm c.a.)										Densidade g/cm^3
	1	10	40	60	100	300	500	1000	5000	15000	
Umidade volumétrica ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)											
0,0-0,15	0,358	0,358	0,297	0,241	0,187	0,116	0,097	0,078	0,057	0,050	1,39
0,15-0,30	0,292	0,292	0,255	0,224	0,192	0,146	0,132	0,118	0,100	0,094	1,46
0,30-0,45	0,284	0,284	0,283	0,263	0,224	0,165	0,145	0,124	0,095	0,084	1,39

A adubação e correção química do solo foram realizadas por meio da análise de solo (Quadro 2) visando atingir uma saturação por bases (V%) de 70%. A calagem foi realizada em setembro de 2000 com a aplicação de 1,0 t/ha de calcário dolomítico em toda área de forma homogênea. Para a adubação fosfatada foram feitas três aplicações a lanço (outubro de 2000, fevereiro de 2001 e agosto de 2002) de 140 kg.ha⁻¹.ano de P₂O₅, na forma de superfosfato simples. Em 2000 e 2001, o fornecimento de nitrogênio e potássio para as áreas irrigadas foram realizados via fertirrigação ao longo do ano, totalizando 140 e 260 kg/ha.ano de N e K₂O respectivamente, na forma de uréia e cloreto de potássio. Na área de sequeiro o produtor definia a época a fornecer o adubo. Em 2002, as fertirrigações e as adubações manuais foram realizadas em agosto, setembro e outubro.

Para a caracterização química do solo, em julho de 2003, realizou-se amostragens em trincheiras com dimensões de 2,0 x 1,5 x 1,0 metros (comprimento x largura x profundidade) e a 0,50 m de distância do caule em relação a entre linha de plantas. As amostras foram coletadas em condições irrigadas por gotejamento (GOT), gotejamento de sub-superfície (GSS) e mangueira perfurada a laser (MPL) e no sequeiro (SEQ), nas profundidades de 0-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6 e de 0,6-1,0 m. Os parâmetros químicos estimados foram matéria orgânica, pH em CaCl₂, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, acidez trocável e calculados a soma e saturação de bases.

QUADRO 2. Resultado da análise química do solo da área experimental em quatro profundidades em maio de 2000 - Junqueirópolis, SP.

Profundidades	Fósforo			pH	Potássio K	Acidez				Soma		Sat. Bases V
	resina P	Matéria Orgânica	CaCl ₂			Cálcio Ca	Mag. Mg	Potencial H+Al	Alumínio Al	de Bases	CTC	
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	-----mmolc. dm ⁻³ -----							%		
0,00-0,20	3	1,0	4,5	3,6	9	2	20	3	14,6	34,6	42	
0,20-0,40	1	0,9	4,5	1,6	17	3	20	4	22,2	42,2	53	
0,40-0,60	1	0,7	4,4	2,0	17	3	25	7	21,8	46,8	47	
0,60-1,00	1	0,6	4,0	1,4	9	3	34	19	13,7	47,7	29	

3.2. Descrição do experimento, tratamentos e irrigação

O experimento foi conduzido em um pomar de acerola da variedade Oliver, implantado em 1997 com o espaçamento de 3,0 m x 5,0 m. Por dois anos consecutivos foi estudado o efeito na produção, qualidade de frutos, distribuição do sistema radicular e íons no solo em decorrência da implantação de sistemas de irrigação localizada, representada pelo gotejamento, microaspersão e mangueira perfurada a laser, em confronto com cultivo de sequeiro. Para dar continuidade ao projeto de pesquisa foram selecionados os sistemas de gotejamento e mangueira perfurada a laser, que foram os que apresentaram melhores produtividades KONRAD (2002, p.87-94), KONRAD et al. (2002a) e KONRAD et al. (2002b).

Assim, a área experimental foi constituída por plantas cultivadas sob condições de sequeiro e irrigada pelos seguintes sistemas: **(a) Irrigação por gotejamento na superfície (GOT):** uma linha de irrigação em superfície com gotejador "in line" espaçados em 0,5m e operando à pressão de 101 kPa. A distância do tronco à linha de irrigação era de 0,5 metros. A avaliação da vazão realizada em setembro de 2001 resultou em 3,07 litros/hora e CUC de 98,2%; **(b) Irrigação por gotejamento em sub-superfície (GSS):** uma linha de irrigação em sub-

superfície (0,20 metros abaixo da superfície do solo) com gotejador “in line” espaçados de 0,5 metros e operando a pressão de 101 kPa. A avaliação da vazão realizada em setembro de 2001 resultou em 2,81 litros/hora e CUC de 91,2%; **(c) Irrigação por tubos flexíveis de polietileno perfurados a laser ou mangueira perfurada a laser (MPL):** os tubos foram colocados nas entrelinhas da cultura. Esta mangueira possui orifícios com diâmetros de 0,15 a 0,30 mm com alta densidade (2 furos/0,3m) e operando à pressão de 76 kPa e a avaliação de campo realizada em setembro de 2001 apresentou uma precipitação de 6,8 mm/hora, com um CUC de 41,3%; **(d) Controle Sequeiro (SEQ):** sem irrigação.

A irrigação foi feita através da estimativa da evapotranspiração calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998, p. 145) a partir da estação agroclimatológica instalada no local, sendo adotado um turno de rega diário e o tempo de irrigação calculado segundo a expressão (VERMEIREN e JOBLING, 1997):

$$TI = \frac{E \cdot e \cdot ETo \cdot Kr}{q \cdot n} \cdot Kc$$

Onde: TI = tempo de irrigação, horas;

E = espaçamento entre linhas, metros;

e = espaçamento entre plantas, metros;

ETo = evapotranspiração de referência, mm/dia;

K_r = coeficiente de cobertura do solo (0,8);

q = vazão do emissor, litros/hora;

n = número de emissores por planta;

K_c = coeficiente de cultura (1,0).

Com relação ao K_c da cultura da acerola, Martins Neto et al. (1998, p.55) observaram um K_c= 0,98, este variando de 0,7 a 1,45, porém no presente experimento utilizou-se K_c= 1,0.

3.3. Avaliações

3.3.1. Armazenamento de água no solo

Para a avaliação do perfil da variação de umidade no solo, em profundidade, proporcionadas pelos sistemas de irrigação e do sequeiro, foram instaladas baterias de tensiômetros nas profundidades de 15, 45 e 60 cm.

As leituras dos tensiômetros foram realizadas três vezes por semana permitindo converter o potencial matricial em umidade volumétrica pelo modelo de Genuchten (1980) e a seguir calcular o armazenamento da água no solo. Foram instaladas duas baterias de tensiômetros em cada uma das áreas de sequeiro e irrigadas por gotejamento (instalada a 0,50 m - entrelinha - da aceroleira) e mangueira perfurada a laser (instalada a 1,5 m - entrelinha - da planta, de modo que o tensiômetro fosse posicionado no local da precipitação média do sistema de irrigação).

A expressão matemática do modelo de Genuchten (1980) que faz a transformação do potencial matricial lido nos tensiômetros em umidade volumétrica é expressa por:

$$\theta_a = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\psi|)^n]^m}$$

onde: θ_a = umidade atual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

θ_r = umidade residual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

θ_s = umidade de saturação ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

ψ = potencial matricial (cm c a);

α , m e n = coeficientes gerados pelo modelo.

QUADRO 3. Parâmetros do modelo de Genuchten (1980) estimados, segundo cada profundidade dos tensiômetros.

Parâmetros	Profundidades (m)		
	0,15	0,30	0,45
α	0,0353	0,0369	0,0211
m	0,0433	0,0373	0,0353
n	14,3655	13,5384	12,1068
θ_s	0,358	0,292	0,284
θ_r	0,044	0,085	0,065

Através de hidrômetros foi determinado o volume de água aplicada em cada uma das áreas irrigada.

3.3.2. Análise do Sistema Radicular

A análise do sistema radicular foi realizada em julho de 2003 dando continuidade às determinações realizadas antes da implantação da irrigação (em maio de 2000, ver KONRAD et al., 2001) e depois da implantação do sistema de irrigação (realizada em setembro de 2001, ver KONRAD, 2002, p.12). A metodologia foi a mesma realizada pelos autores citados, através da abertura de trincheiras de 2,0 x 1,5 x 1,0 m a uma distância de 0,50 m do caule da planta (Figura 3). O preparo do perfil do solo consistiu na escarificação deste e pintura do sistema radicular com tinta látex branco para realçar o contraste com o solo. As imagens foram coletadas com câmera filmadora dentro de uma área definida por um reticulado de 1 x 1m, subdividido em pequenos quadrados de 0,25 x 0,25 m (CINTRA e NEVES, 1996, p.91-94) e colocado junto ao perfil do solo. Posteriormente, estas imagens foram transferidas para um microcomputador, e analisadas com o SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo, CRESTANA et al., 1994). Foram obtidas a área, comprimento e

o diâmetro de raízes presentes no perfil do solo, em cada área de 0,25 x 0,25 m. A interação destes parâmetros permitiu a análise em todo o perfil e a comparação com os resultados anteriores e análise da evolução das raízes em função do sistema de irrigação utilizado e da quantidade de água armazenada.

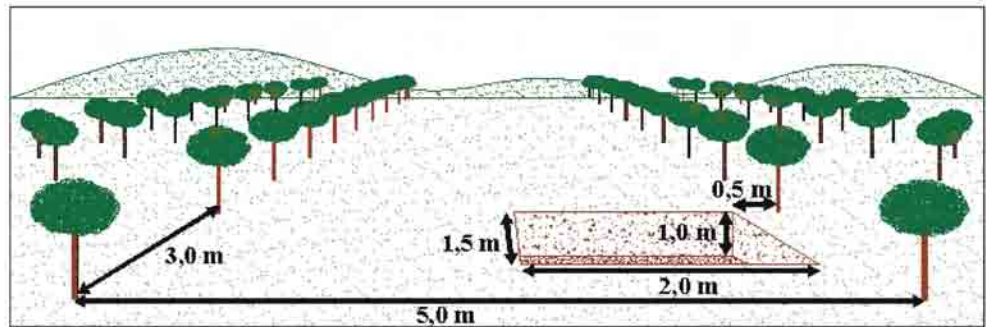


FIGURA 3. Localização e tamanho das trincheiras no campo.

Apresenta-se esquematizado na Figura 4 como se obteve os dados para análise do sistema radicular em profundidade e na Figura 5 a análise do sistema radicular em função das distâncias da planta, tanto na linha como na entrelinha.

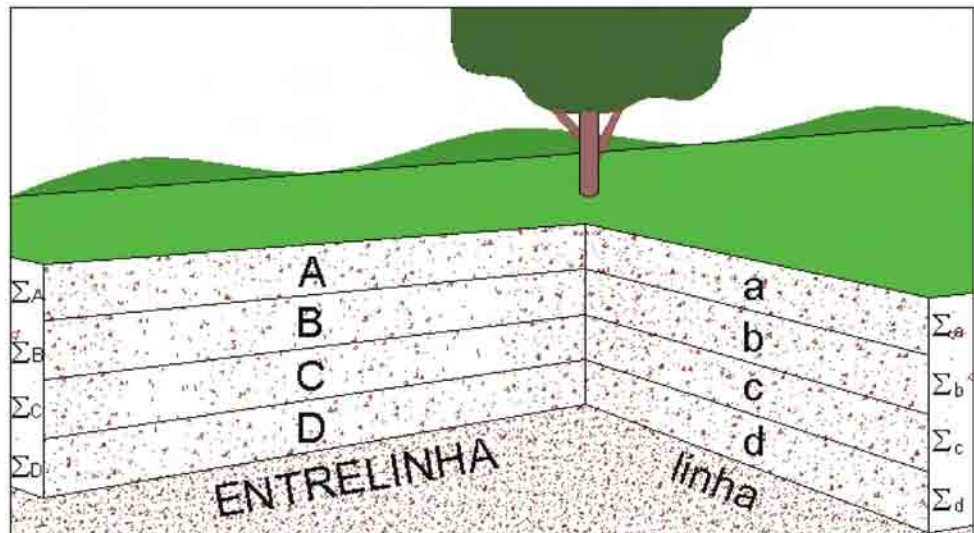


FIGURA 4. Esquema para a obtenção dos dados para análise em profundidade do sistema radicular da aceroleira.

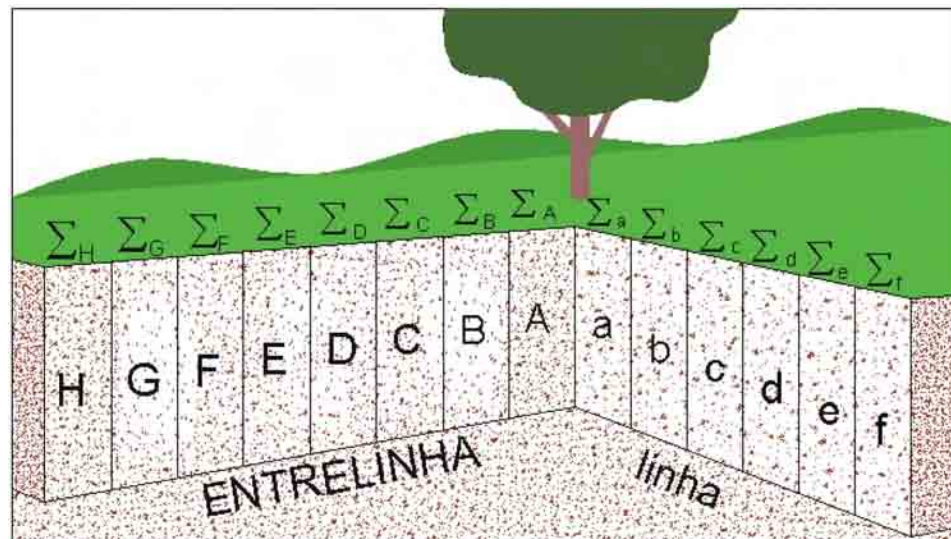


FIGURA 5. Esquema para a obtenção dos dados para análise do sistema radicular em relação à distância da planta.

Seção 1.01 3.3.3. Características químicas, dinâmica de íons no solo e exportação de nutrientes

Analogamente à avaliação anterior, a comparação dos resultados da dinâmica dos íons no solo foi dada no tempo (maio de 2000, setembro de 2001 e agosto de 2003). Em amostras de solo retiradas das camadas de 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60, e de 0,60- 1,0 m de profundidade foram determinados P, K, Ca, Mg, pH, MO e Al. Também foi realizada a análise da concentração de Na, K e medida a condutividade elétrica do extrato saturado do solo de amostras coletadas nas profundidades de 0-0,25; 0,25-0,50; 0,50-0,75 e 0,75-1,00m e também ao longo da entrelinha da planta, distanciando até 2,5 metros da planta, coletando-se amostras de solo a cada 0,25 m. Estas determinações podem indicar uma possível lixiviação dos nutrientes em função do sistema de irrigação empregado e da quantidade de água aplicada.

A análise dos dados consistiu em uma análise gráfica do comportamento dos parâmetros químicos ao longo do perfil do solo, visando caracterizar os possíveis efeitos que a

variação de umidade proporcionada pelos sistemas de irrigação, poderia exercer neste processo, em relação ao cultivo em sequeiro.

Para a determinação da exportação de nutrientes, a amostragem foi feita mensalmente em frutos e folhas segundo metodologia preconizada por Raij et al. (1996, p.98) e o preparo e análise de acordo com as recomendações de Malavolta et al. (1989, p. 102).

3.3.4. Análise do desempenho do sistema de irrigação

Para determinar a uniformidade de aplicação de água foi utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (CHRISTIANSEN, 1942). No caso do gotejamento foram avaliados três emissores por linha lateral, sendo um no início da linha um no meio e outro no final da linha lateral, e realizada em três linhas laterais (também no início, meio e final da área experimental). Para a avaliação do sistema de mangueiras perfuradas a laser, foi instalada uma malha de coletores distanciados 0,5 m um do outro na entre linha da cultura da aceroleira. A malha foi constituída de nove linhas de coletores sendo três linhas instaladas no início da linha, três linhas no centro e outras três linhas instaladas no final da linha de irrigação. Esta avaliação foi realizada em julho de 2003.

3.3.5. Bulbo de umedecimento

A determinação do bulbo de umedecimento ou frente de molhamento foi realizada em condições de áreas cultivadas e irrigadas por gotejamento e mangueira perfurada a laser, portanto, com sistema radicular diferenciado. Foram instalados tensiômetros distribuídos em “grid”, próximos aos emissores. Estes foram dispostos a partir do emissor em espaçamento de 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 metros, com profundidade de 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 metros. Para o monitoramento do bulbo de umedecimento foi realizada uma leitura inicial dos tensiômetros sendo posteriormente acionados os sistemas de irrigação, irrigando por 3 e 6 horas o sistema

de mangueira perfurada a laser (MPL) e gotejamento (GOT), respectivamente. As leituras dos tensiômetros foram realizadas durante todo o período de irrigação, a cada 30 minutos, continuando ainda por mais cinco horas no sistema MPL e duas horas no GOT após cessar a irrigação, totalizando 17 leituras para cada sistema. Estas leituras permitem converter o potencial matricial em umidade volumétrica pelo modelo de Genuchten (1980), podendo assim, obter o bulbo de umedecimento. A representação gráfica da umidade do solo foi realizada com o uso do software SURFER (1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise climática

Na Figura 6, estão plotadas as médias mensais das temperaturas média, máxima e mínima ocorridas no período de janeiro a novembro de 2003. Nota-se que a temperatura média aumenta de maio (19,4°C) até chegar a 25,9°C em outubro, nos demais meses, a temperatura média em Junqueirópolis situou-se na faixa de 20 a 25°C. O mês mais frio do ano em questão foi maio, onde a temperatura média mínima foi de 13,7°C. Nota-se que a temperatura média máxima foi de 34°C registrada em outubro.

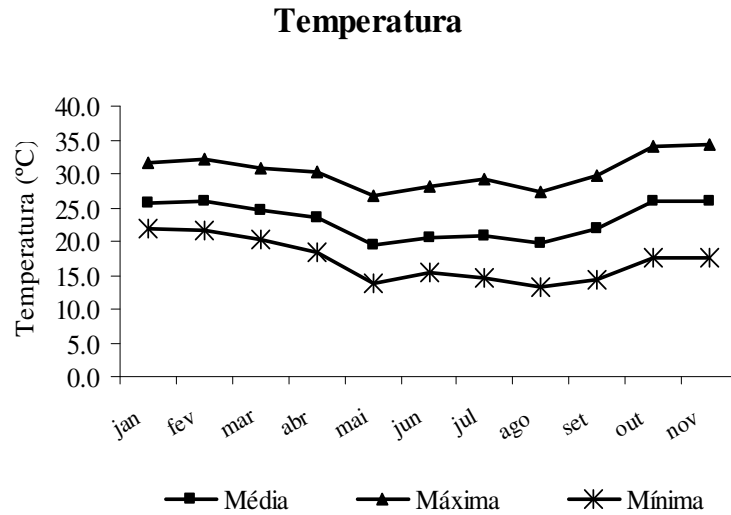


FIGURA 6. Variação das médias mensais de temperatura do ar média, máxima e mínima ocorridas de janeiro a novembro de 2003.

Na Figura 7 constam os dados mensais de umidade relativa do ar, média, máxima e mínima ocorridas de janeiro a novembro de 2003. Observa-se que a UR máxima atinge valores em torno dos 100% durante o período avaliado. A UR mínima apresenta sua menor média (30,2%) em julho, sendo este o período mais seco do ano. Pode-se dizer que a UR média permanecem por volta dos 70% durante o ano, sendo os meses de maio a agosto, os mais secos do ano.

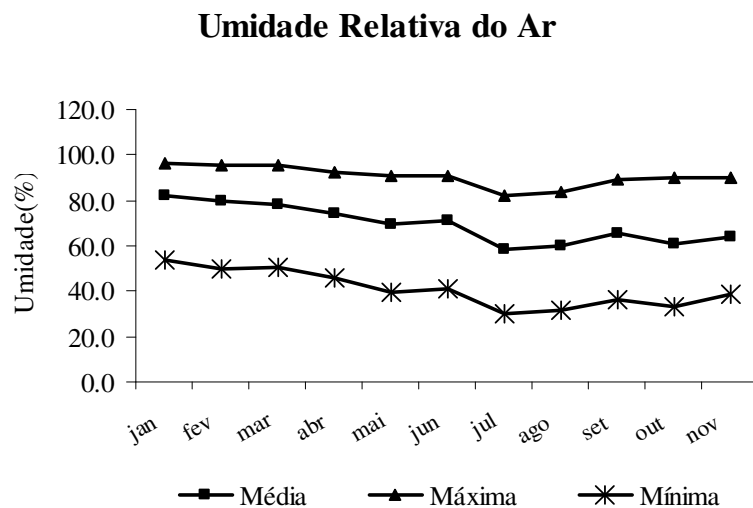


FIGURA 7. Variação das médias mensais de umidade relativa do ar média, máxima e mínima ocorridas de janeiro a novembro de 2003.

Na Figura 8, encontram-se os valores de radiação global e líquida. Observa-se que estes valores vão decrescendo de janeiro a junho, voltando a subir novamente em julho. Isto pode ser explicado pelo comprimento do dia, pois no mês de dezembro tem-se o dia (25/12) mais longo do ano e no mês de junho o dia mais curto do ano (21/06).

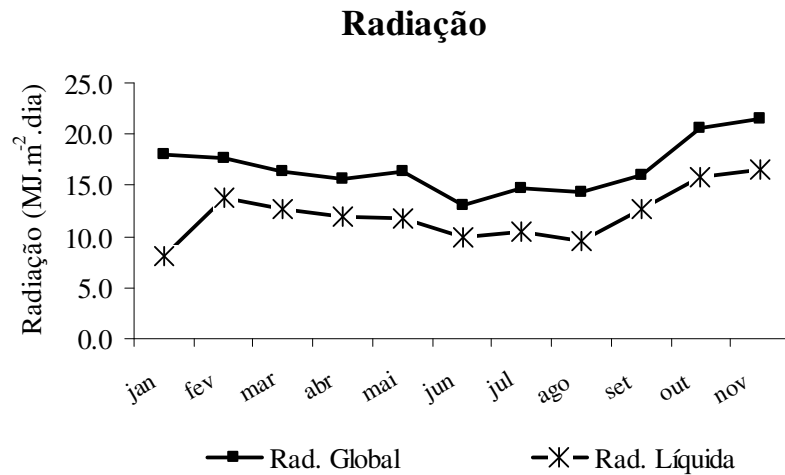


FIGURA 8. Variação das médias mensais de radiação global e líquida ocorridas de janeiro a novembro de 2003.

Na Figura 9, está relacionado o gráfico dos dois métodos de determinação da evapotranspiração, o Penman Monteith (PN_M) e do Tanque Classe A (TCA). Nota-se uma diferença entre os dois métodos, isso se deve, provavelmente, à falta de manutenção do Tanque Classe A.

Evapotranspiração de Referência

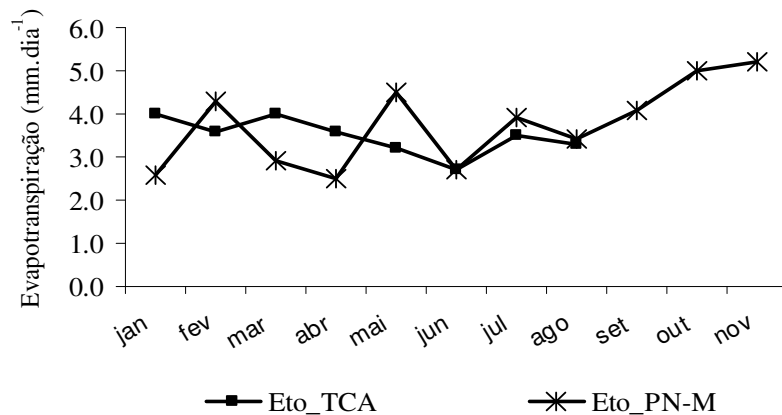


FIGURA 9. Variação da evapotranspiração de referência (Eto) pela equação de Penman Monteith e pelo método do Tanque Classe A, no período de janeiro a novembro de 2003.

Na Figura 10, estão relacionadas as velocidades máxima e média do vento, ocorridas no período estudado. O mês de agosto apresentou maiores rajadas de vento, chegando a uma velocidade máxima de $7,8 \text{ m.s}^{-1}$ ($28,8 \text{ km.h}^{-1}$). Estes ventos podem provocar queda de frutos, que é prejudicial para a cultura. A velocidade média do vento permaneceu em torno de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ ($5,4 \text{ km.h}^{-1}$).

Velocidade do Vento

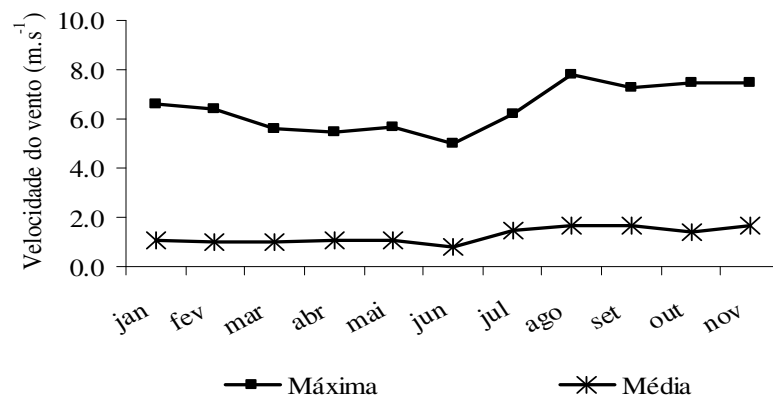


FIGURA 10. Variação das médias da velocidade do vento máxima e média, de janeiro a novembro de 2003.

Os dados expressos em médias mensais das evapotranspirações e precipitações ocorridas no período avaliado, registradas pela estação agroclimática da UNESP-Ilha Solteira em Junqueirópolis, estão ilustrados na Figura 11. Pode ser observado que a maior parte do ano (abril a setembro), a precipitação foi menor que a evapotranspiração, indicando que a aceroleira cultivada em sistema de sequeiro sofreu déficit hídrico.

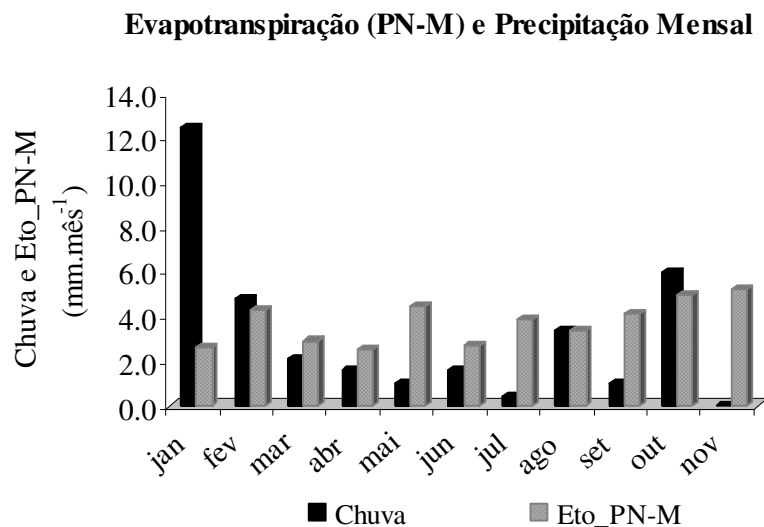


FIGURA 11. Totais mensais de evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith e as chuvas ocorridas de janeiro a novembro de 2003.

4.2.: Potencial matricial do solo

Nas Figuras 12, 13 e 14, estão apresentadas as variações do potencial matricial de água no solo para o sequeiro e os sistemas de MPL e gotejamento, respectivamente, nas profundidades de 15; 45 e 60 cm, entre o período de 26/08/2002 e 13/01/2003.

Pelos resultados observados, verifica-se que o sistema de gotejamento foi o que manteve, nas profundidades de 15, 45 e 60 cm, menores tensões de água no solo (média de -14, -12 e -18 kPa, respectivamente). No MPL os potenciais mátricos médios para as mesmas profundidades foram de 17, -19 e -33 kPa. Estes resultados evidenciam a melhor eficiência do sistema de gotejamento, em aplicar água em maiores profundidades no solo.

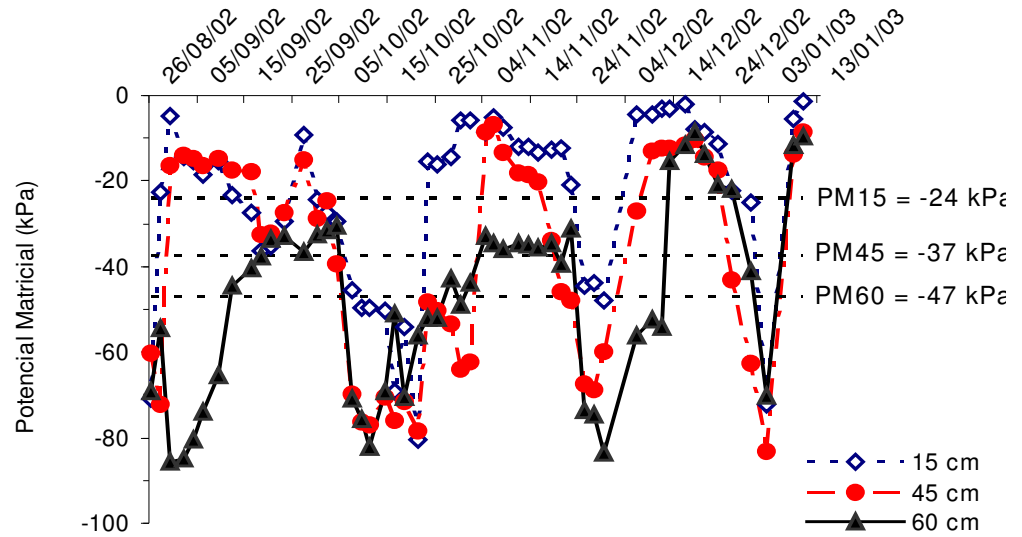


Figura 12. Variação do potencial matricial de água no solo para o cultivo de sequeiro, nas profundidades de 15, 45 a 60 cm.

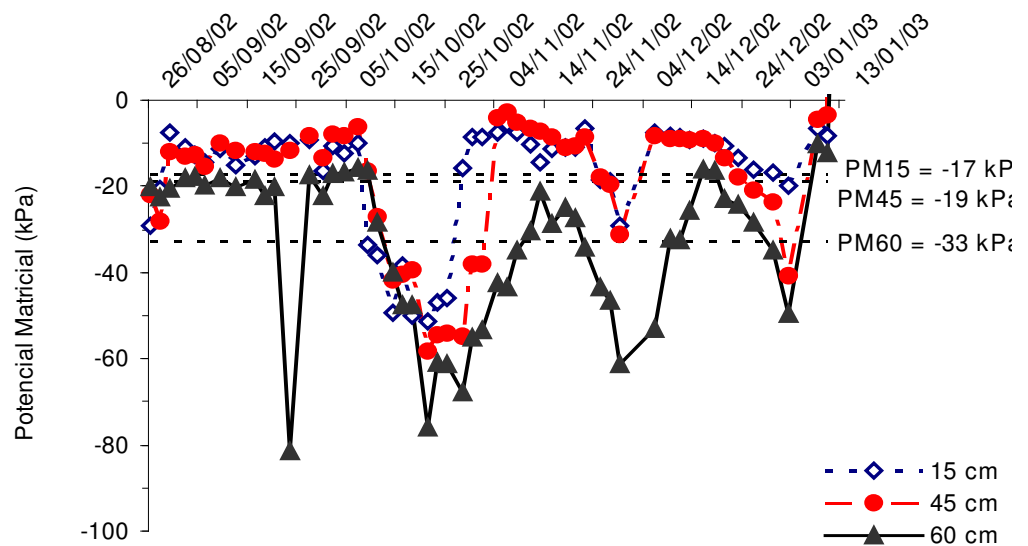


Figura 13. Variação do potencial matricial de água no solo para o cultivo irrigado pelo sistema de MPL, nas profundidades de 15, 45 a 60 cm.

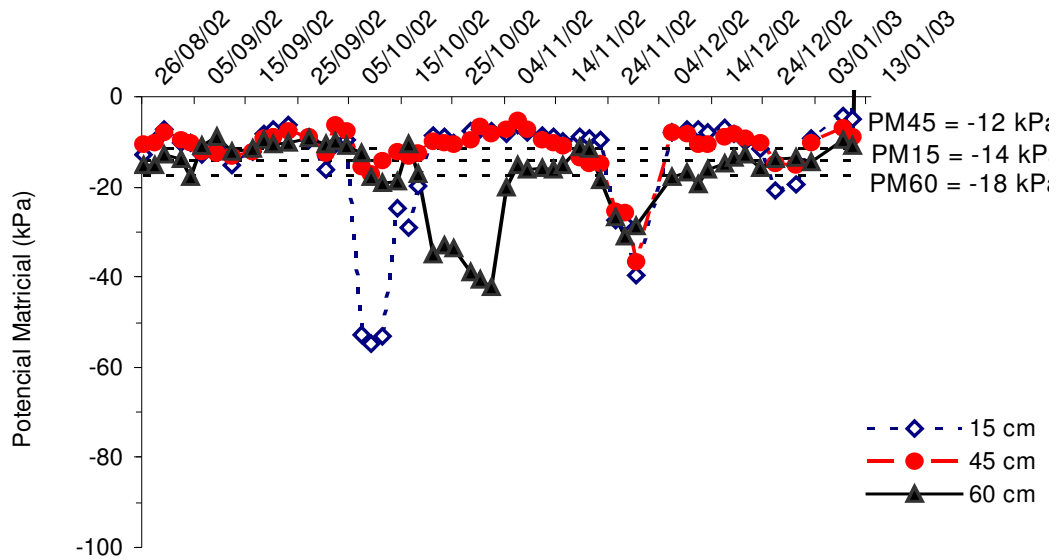
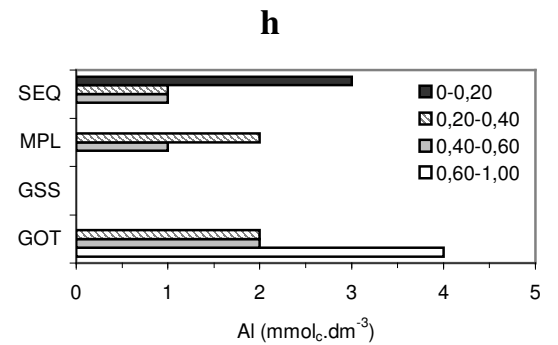
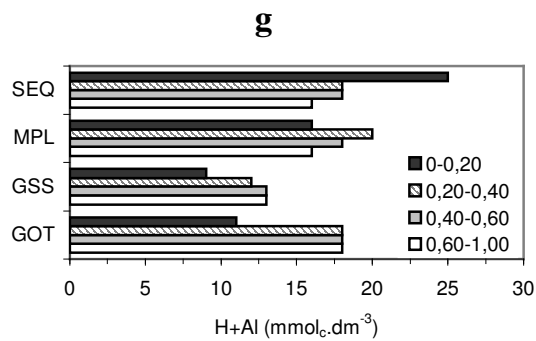
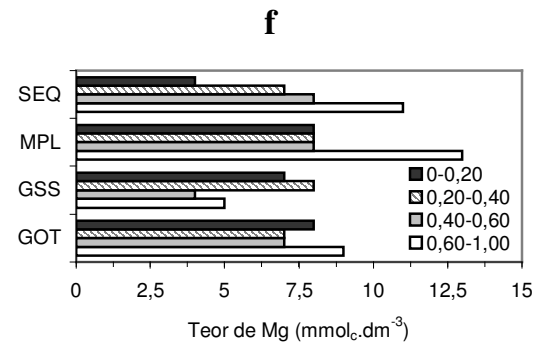
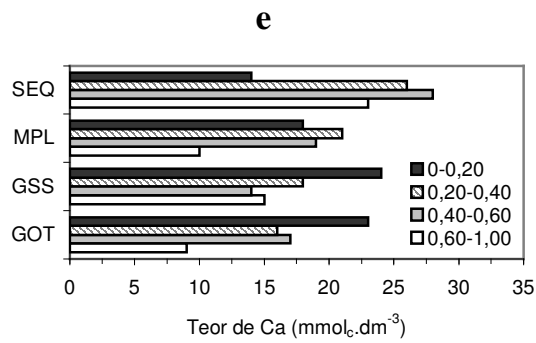
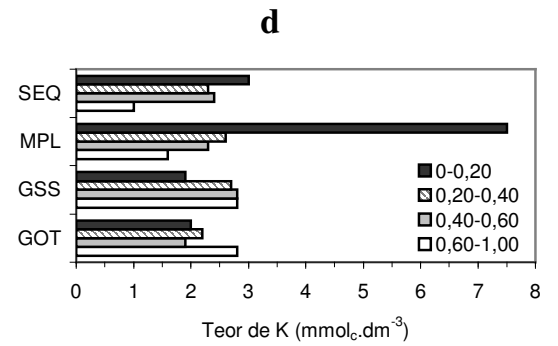
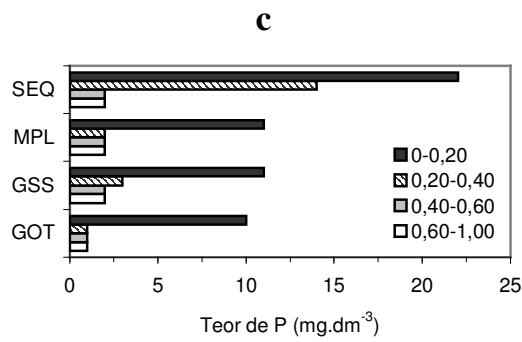
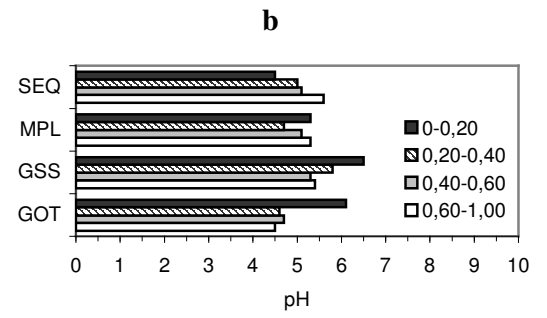
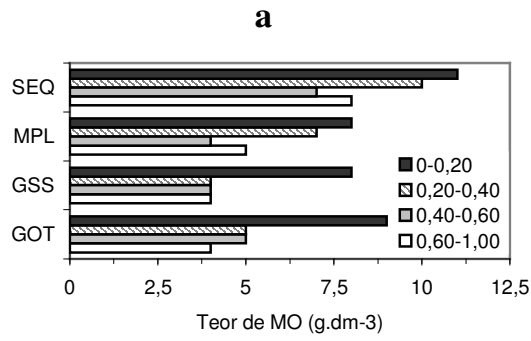


Figura 14. Variação do potencial matricial de água no solo para o cultivo irrigado pelo sistema de gotejamento, nas profundidades de 15, 45 a 60 cm.

4.3.: Características químicas do solo

Na Figura 15 estão apresentados, respectivamente, a variação, em profundidade, nos teores de matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), acidez trocável (Al), saturação por bases (V) e soma de bases (SB) do solo, sob condições de diferentes sistemas de irrigação localizada e de sequeiro, na cultura da acerola.

Em todas as condições avaliadas, verifica-se decréscimo dos teores de matéria orgânica em profundidade no solo (Figura 15a), provavelmente, em função da redução na quantidade de raízes e atividade de microorganismos, que são suas principais fontes no solo (BRADY, 1989, p.210). No entanto, sob condições irrigadas, os teores foram em média, 24,2; 46,7; 38,1 e 45,8% menores que em condição de sequeiro (Figura 16), nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60; 0,60-1,00 m, respectivamente. Provavelmente, a baixa umidade do solo em condição de sequeiro, desfavorece a mineralização da matéria orgânica por microorganismos, mantendo assim, a concentração de matéria orgânica mais alta que em solos irrigados (DUENHAS et al., 2002, p.216).



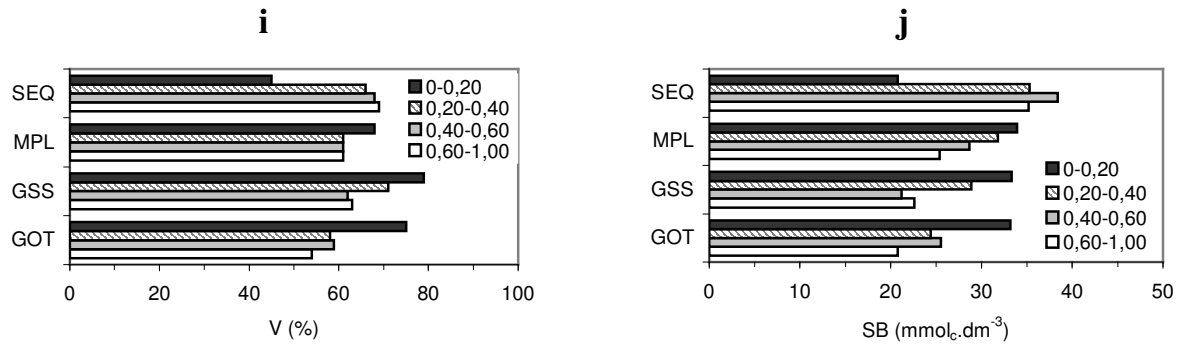


Figura 15. Teores de MO (a), pH (b), P (c), K (d), Ca (e), Mg (f), H+Al (g), Al (h), V% (i) e Sb (j) no solo, em condições de diferentes sistemas de irrigação localizada e de sequeiro, nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-1,00 m

Para o pH (Figura 15b) verifica-se, que em todas as condições, houve pouca variação em profundidade. Quando se comparam os valores entre as condições avaliadas, verifica-se que sob irrigação, os valores de pH na camada de 0-0,20 m foram mais elevados. Em solos irrigados por sistemas localizados, a baixa intensidade de aplicação, reduzindo o potencial de lixiviação de bases, associado a maior frequência de irrigação, que mantém o solo constantemente úmido, pode ter facilitado a dissolução do calcário, propiciando melhor neutralização da acidez do solo, e conseqüentemente, o aumento do pH.

Os teores de fósforo em todas as condições avaliadas (Figura 15c), foram mais elevados na camada 0-0,20 m, sendo de 10, 11, 11 e 22 mg.dm⁻³, respectivamente, para as condições de gotejamento, gotejamento de sub-superfície, MPL e de sequeiro. Esses altos teores nas camadas superiores, provavelmente, se devem à baixa mobilidade desse elemento no solo (RAIJ, 1991, p.124). No entanto, verifica-se que sob condições irrigadas, os teores de P na mesma camada foram em média, 51,5% menores que na condição de sequeiro. Isto pode ter ocorrido em função da maior absorção desse nutriente ser favorecida pela irrigação. A utilização de fontes fosfatadas solúveis em água, sob condições irrigadas, permite a pronta disponibilidade do nutriente para a planta (RAIJ et al., 1996, p.129) e facilita a difusão do mesmo até a raiz, favorecendo sua absorção.

O potássio, diferentemente do fósforo, apresentou uma maior distribuição em profundidade em todas as condições avaliadas (Figura 15d). A maior distribuição desse elemento em profundidade, principalmente nas condições irrigadas, possivelmente está relacionado à sua mobilidade em solos arenosos (COELHO et al., 2002, p.607). No tratamento MPL, a alta concentração encontrada na camada de 0-0,20 m ($7,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) pode estar associada à baixa eficiência desse sistema em translocar água para camadas mais inferiores (ver Figura 13), promovendo acúmulo de K nas camadas mais superficiais.

Com relação ao cálcio (Figura 15e), também se verificou maior distribuição ao longo do perfil do solo, porém de maneira diferenciada em relação às condições estudadas. Sem a irrigação, os valores de cálcio nas camadas de 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-1,0 m, foram mais elevadas (26, 28 e 23 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente). No sistema MPL a maior concentração se localizou nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40 a 0,60 m (21 e 19 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente). Nos sistemas de gotejamento de sub-superfície e gotejamento a maior concentração foi obtida na camada de 0-0,20 m (24 e 23 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente). A menor concentração de cálcio na camada superficial do sequeiro pode estar relacionada à menor capacidade de dissolução do calcário nestas condições, como já foi verificado para os valores de pH.

Assim como o cálcio, o magnésio (Figura 15f) apresentou boa distribuição em profundidade, principalmente no sequeiro e no sistema MPL. O comportamento do magnésio no solo é muito similar ao do cálcio (COELHO, 1973, p.198), sendo que os mesmos fatores que influenciaram a sua variabilidade no solo, provavelmente são os mesmo do cálcio.

A acidez potencial e a acidez trocável, embora de magnitude distinta, apresentaram comportamentos semelhantes em todas as condições avaliadas (Figura 15g e 15h). Na camada de 0-0,20 m, a condição de sequeiro foi o que apresentou maiores valores de acidez potencial e trocável. Nas demais camadas (0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-1,00), o sistema de gotejamento foi o que apresentou maiores valores de acidez potencial e trocável. O gotejamento de

subsuperfície foi o que apresentou menores valores de acidez potencial e zero de acidez trocável. Este comportamento provavelmente está relacionado variação do pH e dos teores de cálcio no solo, pois são parâmetros estreitamente relacionados. O teor de alumínio trocável apresenta uma relação inversa com o pH, isto é, quanto maior os valores de pH, menor os de alumínio trocável, sendo este último nulo em valores de pH acima de 5,67 (MALAVOLTA, 1980, p.90). O mesmo ocorre com o cálcio, que tem papel fundamental na neutralização da acidez e complexação do alumínio trocável (RAIJ et al, 1996, p.114).

Para saturação por bases e soma de bases (Figura 15i e 15j), as variações nos valores em profundidade, para todas as situações avaliadas, seguiram o mesmo padrão. Os maiores valores na camada de 0-0,20 m foram obtidos sob as condições irrigadas. Nas camadas subsequentes (0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-1,0 m), os maiores valores foram obtidos na condição de sequeiro. Esse comportamento está de acordo com os resultados obtidos por Konrad (2002, p.62), com as maiores quantidades totais de bases disponíveis na camada de 0-0,20 m sob as condições irrigadas, o que contribuem diretamente para maiores somas de bases e saturação por bases. O mesmo ocorreu para as camadas subsequentes na condição de sequeiro, maiores quantidades totais de bases proporcionaram maiores soma de bases e saturação por bases.



FIGURA 16. Concentração de MO na superfície do solo em sistema de SEQ.

4.4.: Dinâmica de íons no solo

Os teores de sódio (Na), potássio (K) e os valores de condutividade elétrica (CE) na solução do solo estão representados nas Figuras 17, 18 e 19, respectivamente.

A Figura 17a é referente aos teores de sódio na solução do solo em profundidade. Nota-se que os tratamentos irrigados (GOT, GSS e MPL) apresentaram maiores teores de sódio até a profundidade de 0,50 m, quando comparados com o SEQ. Andrade et al. (2002, p.08), observaram que o sódio apresentava concentrações maiores na camada de 0-0,20 m, e explica o fato pela alta solubilidade deste íon e com o processo de evapotranspiração há o aumento da sua concentração. Pode-se observar que o sistema GOT promove percolação da água até a profundidade de 1,0 m, onde o elemento apresentou valor semelhante à camada de 0,50 m. Konrad, (2002, p.63), em estudos realizados nesta mesma área, observou comportamento semelhante no sistema GOT, sendo que o maior teor de sódio encontrado foi de $0,75 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ a 1,0 m de profundidade. O sistema GSS apresentou comportamento similar ao encontrado por Konrad, (2002, p.63). Observa-se que o tratamento MPL apresentou o menor teor de sódio na profundidade de 1,0 m, indicando que possivelmente este elemento

não apresentou percolação neste sistema de irrigação, porém, o teor de sódio encontrado por Konrad (2002, p.63) foi de $0,75 \text{ mmolc.L}^{-1}$ a 1,0 m de profundidade. Raij (1991, p.106) cita que o sódio tem um comportamento similar ao do potássio, e este é facilmente removido do solo por lixiviação, afirmando também que o sódio é adicionado ao solo por meio de alguns adubos potássicos e do nitrato de sódio, já que aplicações diretas deste elemento para culturas não são usualmente feitas no Brasil.

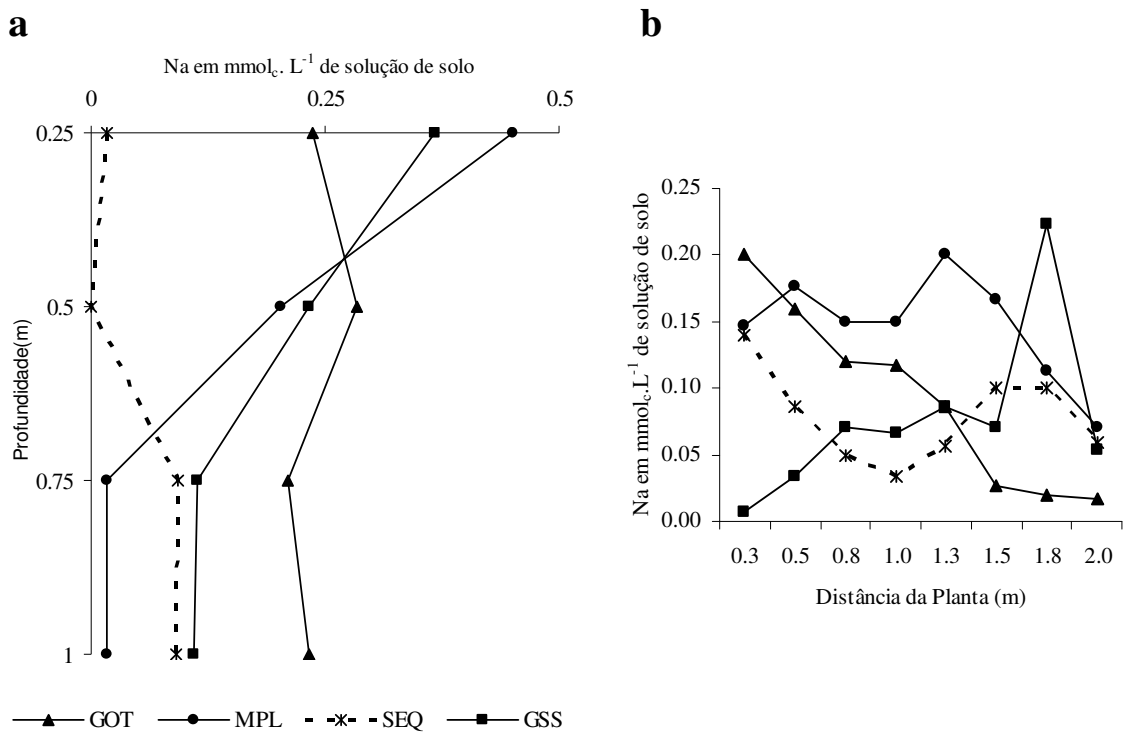


Figura 17. Teores de sódio (Na) (mmolc.L^{-1}) na solução do solo, em julho de 2003

Na Figura 17b, encontram-se os valores de (Na) na solução do solo, de amostras retiradas ao longo da entrelinha da planta. Pode-se observar que o sistema GSS, apresentou o menor teor de sódio na distância de 0,30m e o maior a distância de 1,8 m da planta. Konrad (2002, p.66) observou que os teores de sódio apresentavam-se mais constantes à medida que se afastava da distância da planta, nos tratamentos GSS e MPL, enquanto que os maiores

valores de sódio encontrados foram no sistema SEQ ($0,25 \text{ mmol}_c.L^{-1}$) a 0,60 m de distância da planta e no sistema GOT ($0,06 \text{ mmol}_c.L^{-1}$) a distância de 1,0 m da planta.

Na Figura 18a, estão plotados os teores de potássio na solução do solo avaliado em profundidade. Observa que em todos os tratamentos a distribuição deste elemento foi semelhante, estando os maiores teores concentrados até 0,50 m de profundidade. À medida que vai descendo o perfil do solo, os teores de potássio vão reduzindo, reforçando a idéia de que os sistemas de irrigação não apresentaram lixiviação deste nutriente. Nota-se também que o sistema GOT foi o que apresentou maior teor de potássio na solução do solo. Também Konrad (2002, p.63) observou que o teor de potássio na solução do solo nos tratamentos SEQ, MPL e GSS apresentou teores maiores até a profundidade de 0,50 m, enquanto que no tratamento GOT o maior valor encontrado foi de $0,4 \text{ mmol}_c.L^{-1}$ a 1,0 m de profundidade.

A Figura 18b refere-se aos teores de K de amostras retiradas na entrelinha da cultura. Observa-se que todos os tratamentos apresentaram oscilações ao longo da entrelinha, sendo que o sistema MPL apresentou o maior teor de potássio à distância de 0,30 m da planta. Nota-se que os tratamentos GSS e GOT apresentaram teores mais elevados de potássio a distância de 1,5 a 2,0 m da planta, indicando um caminamento lateral deste elemento. Konrad, (2002, p.66) observou no tratamento GSS, que o teor de potássio foi mais elevado à distância de 1,0 a 1,25 m da planta, enquanto que no tratamento GOT, este resultado foi maior no intervalo de 1,0 a 1,5 m da planta.

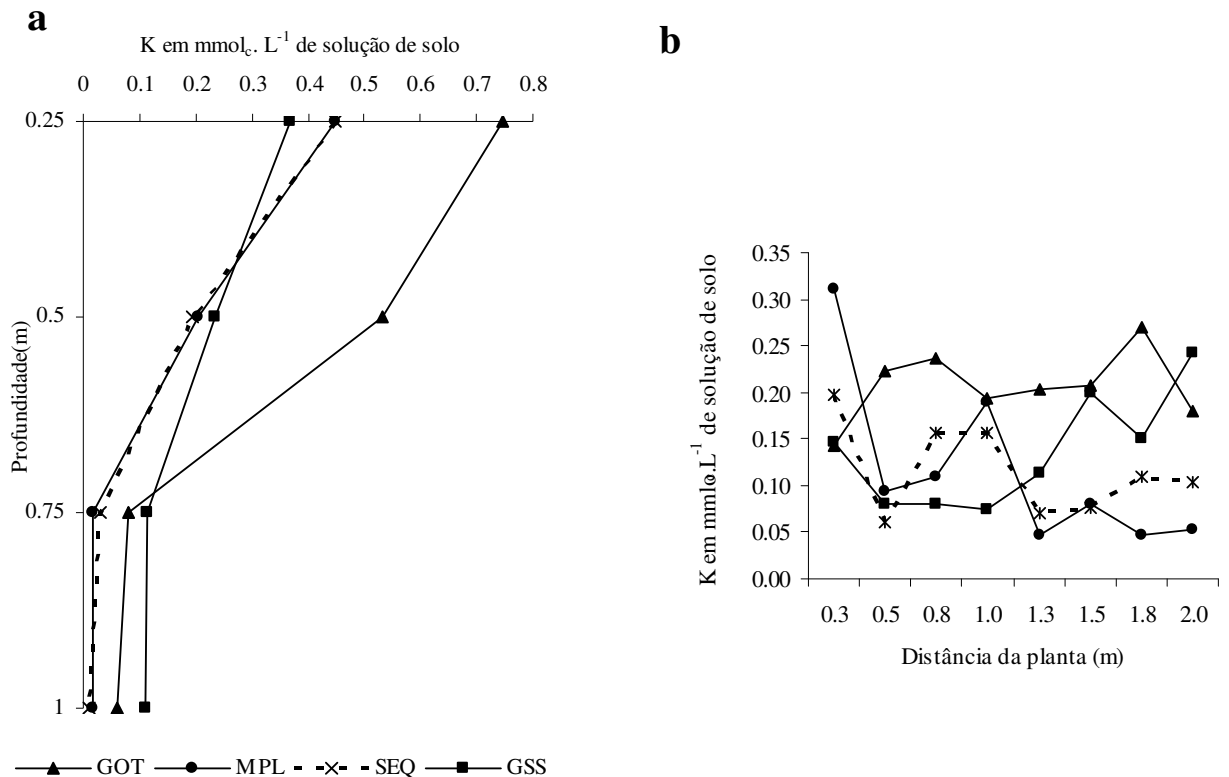


FIGURA 18. Teores de potássio (K) (mmolc. L^{-1}) na solução do solo, em julho de 2003

A Figura 19 refere-se à CE na solução do solo. A CE indica a concentração de íons presentes, quanto maior a CE, maior a concentração de íons na solução do solo (Konrad, 2002, p.63). Na Figura 19a pode ser observado que nos tratamentos irrigados o comportamento da CE foi semelhante aos teores de Na, indicando que parte considerável da CE pode ter sido em função do Na presente na solução do solo, observação esta também feita por Konrad, (2002, p.64). No tratamento SEQ, a CE foi aumentando com a profundidade, este resultado foi semelhante aos obtidos por Silva Filho et al. (2000, p.114), onde áreas com menores volumes de água apresentaram maiores valores de CE. Com isso, nota-se que de modo geral os tratamentos irrigados apresentaram menor lixiviação de íons ao longo do perfil do solo, quando comparado ao tratamento sequeiro.

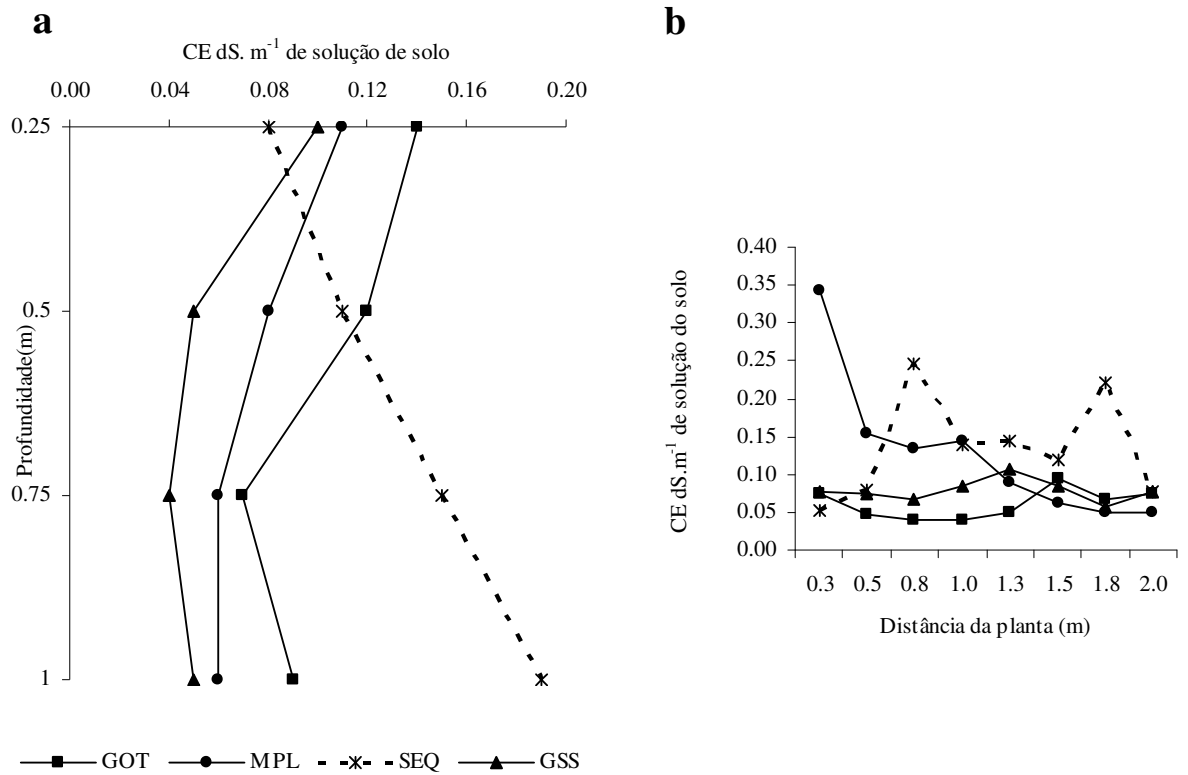


FIGURA 19. Condutividade elétrica (CE) (dS.m⁻¹) na solução do solo em julho de 2003

A Figura 19b é referente aos valores de CE ao longo da entrelinha da cultura da acerola. O comportamento foi semelhante ao do sódio (Figura 17b), indicando que possivelmente que parte da CE tenha sido em função do sódio na solução do solo. Konrad, (2002, p.65) também observou um comportamento semelhante da CE e da distribuição de sódio na solução do solo. Os sistemas GSS e GOT apresentaram menores oscilações nos valores de CE, variando de 0,07 a 0,11 dS.m⁻¹. Com isso pode-se dizer que estes sistemas proporcionaram menor lixiviação de nutrientes ao longo da entrelinha da cultura. O sistema MPL foi avaliado no sentido da linha, para verificar a distribuição dos nutrientes via água de irrigação. Neste foi encontrado o valor mais altos da CE (0,34 dS.m⁻¹) na distância de 0,25 m da planta.

4.5. Análise da produção de acerola

Estão apresentados no Quadro 4 os dados de produção de acerola nos tratamentos avaliados, durante a safra 2002/2003, que compreende os meses de setembro de 2002 a abril de 2003.

QUADRO 4. Produtividade média mensal e total na cultura da acerola na safra 2002/2003 em Junqueirópolis, SP.

<u>Tratamentos</u>	Produtividade média			
	(kg.planta⁻¹)		(kg.ha⁻¹)	
	Mensal	Total	Mensal	Total
Gotejamento	4,12 b	32,91	2743,92 b	21918,06
Mangueria perfurada a laser	4,26 b	34,04	2837,16 b	22670,64
Sequeiro	6,02 a	48,27	4009,32 a	32147,82
<u>Épocas</u>				
Setembro/02	5,08 d	-	3383,28 d	-
Outubro/02	2,51 f	-	1671,66 f	-
Novembro/02	1,71 fg	-	1138,86 fg	-
Dezembro/02	7,77 b	-	5174,82 b	-
Janeiro/03	9,8 a	-	6526,8 a	-
Fevereiro/03	3,79 e	-	2524,14 e	-
Março/03	6,18 c	-	4115,88 c	-
Abril/03	1,41 g	-	939,06 g	-

Médias seguidas por letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a (5%).

Pode ser observado de acordo com o Quadro 4 que houve diferença significativa ($P < 0,05$), para os tratamentos de irrigação nas produtividades médias mensal e total. Foi obtida maior produção no tratamento sequeiro. Não foi verificada diferença significativa para os tratamentos irrigados por gotejamento e mangueira perfurada a laser.

A menor produtividade nos tratamentos irrigados observada para a safra 2002/2003, pode estar relacionada ao maior desenvolvimento das plantas sob condições irrigadas, como as copas apresentavam-se mais desenvolvidas, havia pouca entrada de luz solar e com isso houve o favorecimento de patógenos que causaram doenças como a antracnose e a mancha alvo que podem ter afetado a produtividade da cultura nesses sistemas.

Com relação às épocas, observa-se que no ano de 2002, os meses de setembro e dezembro apresentaram maior produtividade média (5,08 e 7,77 kg.planta⁻¹, respectivamente). No ano de 2003, verifica-se uma alternância na produção, dados também comprovados por Konrad (2002, p. 91), sendo o mês de janeiro o mais produtivo com 9,8 kg.planta⁻¹.

Para o estado de São Paulo, uma produtividade de 30 kg. planta⁻¹. ano⁻¹ é considerada razoável segundo Kawati (1995, p.250). Em Junqueirópolis, SP, no período de outubro de 2000 a maio de 2001, Konrad (2002, p.91) encontrou valores de produtividade da ordem de 94,67, 94,75 e 114,05 kg. planta⁻¹. ano⁻¹ em áreas de sequeiro, irrigadas por gotejamento e irrigadas por mangueira perfurada a laser, respectivamente. Este mesmo autor observou ainda, que a irrigação promoveu uma melhor distribuição da produção de acerola ao longo do ano. Junqueira et al. (2004) destacam que no Brasil existem variedades com produtividade variando de 20 a 100 kg. planta⁻¹. ano⁻¹.

Analisando-se as produtividades alcançadas na safra de 2002/2003, nota-se que estes estão muito aquém dos obtidos por Konrad (2002, p.91) na safra de 2000/2001, na mesma área experimental. A queda da produtividade pode ter sido em função do comportamento da variedade e não apenas das condições de cultivo as quais as plantas foram submetidas, pois não se conhece o comportamento desta variedade ao longo dos anos de cultivo.

4.6. Exportação de nutrientes

Os dados médios para exportação de nutrientes observados a partir de frutos de acerola coletados durante a safra 02/03, encontram-se na Quadro 5.

QUADRO 5. Dados médios de exportação de nutrientes por frutos de acerola em Junqueirópolis.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹					
GOT	33,9	3,17	11,53	3,96	2,42	2,48
MPL	32,74	2,51	10,22	3,85	2,26	2,30
SEQ	55,52	4,82	19,11	7,56	5,71	4,21

Nota-se que a cultura conduzida sob sistema de SEQ exportou mais nutrientes quando comparado ao sistema GOT e MPL. Esse resultado reflete possivelmente, os valores de produtividade, sendo o sistema SEQ o mais produtivo, com 48,27 kg de frutos.planta⁻¹.ano⁻¹.

A Figuras 20 expressa as diferenças entre os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, nos tratamentos utilizados em kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

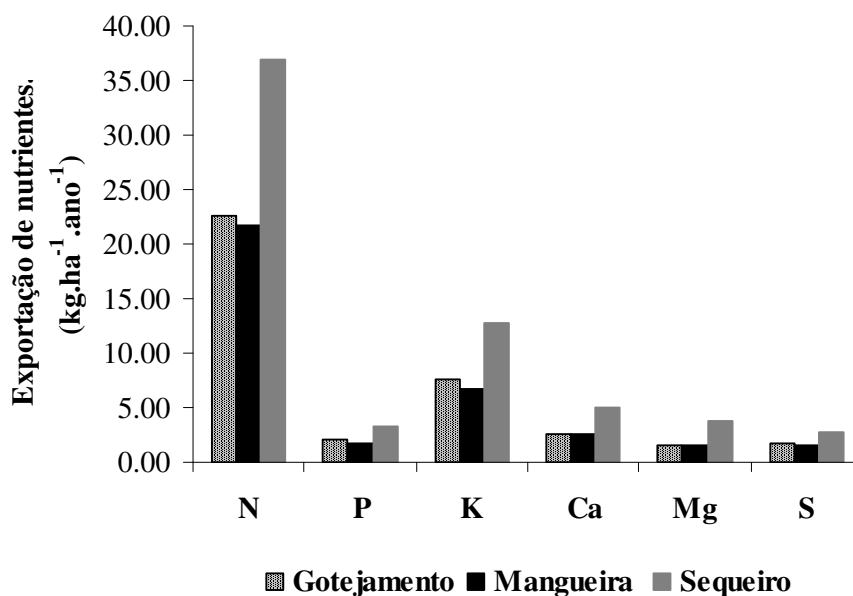


FIGURA 20. Exportação de nutrientes por frutos de acerola em Junqueirópolis.

De um modo geral, o macronutriente mais extraído pela cultura foi o nitrogênio, seguido pelo potássio, cálcio, fósforo, enxofre e magnésio, em todos os tratamentos. De acordo com Alves et al (1990), citados por Araújo e Minami (1994, p.28), a exportação dos nutrientes pelos frutos de acerola por ocasião da colheita apresentou a seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, P, S, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu, enquanto que a ordem observada no presente trabalho teve a inversão do K pelo N.

4.7. Análise do desempenho dos sistemas de irrigação

Esta avaliação visou determinar a vazão real de cada emissor, sendo importante para a determinação do tempo de irrigação e do volume de água aplicado em cada sistema. Observa-se no Quadro 6 os dados de vazões em litros por hora ($l.h^{-1}$) de cada emissor nos sistemas GOT e GSS e a precipitação em milímetros por hora ($mm.h^{-1}$) no sistema MPL. A partir desses dados calculou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em julho de 2003, comparando com os resultados obtidos em setembro de 2000 e 2001.

QUADRO 6. Vazões ($l.h^{-1}$), precipitação ($mm.h^{-1}$) e o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), em setembro de 2000 e 2001 e julho de 2003.

Tratamentos	P.S kPa	Vazões(l/h)			Precipitação (mm/h)			CUC (%)		
		set/00	set/01	jul/03	set/00	set/01	jul/03	set/00	set/01	jul/03
GOT	101	2,95	3,07	2,6	-	-	-	98,4	98,2	98,0
GSS	101	2,91	2,81	2,6	-	-	-	98,1	91,2	95,7
MPL	76	-	-	-	6,3	6,8	5,1	43,0	41,3	21,7

P.S. – Pressão de Serviço

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

Verifica-se no Quadro 6 que a vazão dos gotejadores no GOT não sofreram influência com o tempo de uso, pois apresentaram praticamente a mesma vazão e o mesmo coeficiente

de uniformidade ($CUC_{2000} = 98,4$; $CUC_{2001} = 98,2$ e $CUC_{2003} = 98,0$). O sistema GSS apresentou melhor eficiência dos gotejadores na avaliação de julho de 2003, quando comparada com a realizada em setembro de 2001.

Com relação ao MPL, verifica-se que a precipitação média foi de 6,3, 6,8 e 5,1 mm/h em setembro de 2000, setembro de 2001 e julho de 2003, respectivamente. Portanto, pode-se dizer que este sistema não foi eficiente para irrigar toda área (Figura 21). Com relação ao CUC, verifica-se que este sistema vai sofrendo desgaste com o tempo, pois sua uniformidade foi diminuindo chegando a 21,7% em julho de 2003. De acordo com Konrad (2002, p. 53) os jatos no MPL foram interceptados pelos ramos das plantas de acerola, diminuindo assim, a uniformidade de aplicação de água.

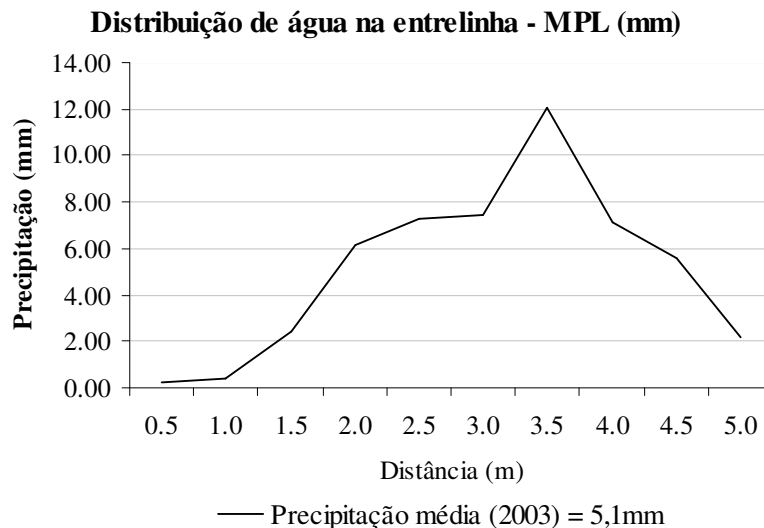


FIGURA 21. Distribuição de água no sistema MPL com uma P.S. de 76 kPa e precipitação de 5,1 mm/h.

Com isso, pode-se dizer que o sistema GOT foi o que apresentou menor variação no desempenho com o tempo de uso, já o GSS apresentou melhoria na última avaliação realizada. No sistema MPL, houve queda no CUC, indicando que este sistema tem menor vida

útil, sem falar que os jatos d'água são interceptados pelos ramos (Figura 22), diminuindo ainda mais a eficiência do sistema.



Figura 22. Ramos e folhas da aceroleira atrapalhando a dispersão dos jatos de água.

4.8.: Análise do sistema radicular

Para a análise dos dados do sistema radicular, foram realizadas análises de variância que estão indicadas nos Quadros 7 a 12. Foi analisada cada variável envolvida, assim como suas interações. Para as variáveis com F significativo, utilizou-se análise de regressão.

QUADRO 7.: Análise de variância para área de raízes da aceroleira na linha da cultura.

F. V.*	G.L.**	Pr>F
Tratamentos	3	0,2323
Profundidades	3	<0,0001*
Distâncias	5	0,4444
Tratamento x Profundidades	9	0,1010
Tratamento x Distância	15	0,9285
Profundidade x Distância	15	0,2600
Tratamentos x Profundidade x Distância	45	0,9128

FV.: Fontes de Variação

GL.: Graus de Liberdade

Pr>F.: Significância a 1% (*)

QUADRO 8.: Análise de variância para comprimento de raízes de aceroleira na linha da cultura.

F. V.*	G.L.**	Pr>F
Tratamentos	3	0,3334
Profundidades	3	<0,0001*
Distâncias	5	0,3323
Tratamento x Profundidades	9	0,0508
Tratamento x Distância	15	0,9915
Profundidade x Distância	15	0,0420
Tratamentos x Profundidade x Distância	45	0,9998

FV.: Fontes de Variação

GL.: Graus de Liberdade

Pr>F.: Significância a 1% (*)

QUADRO 9.: Análise de variância para diâmetro de raízes de aceroleira na linha da cultura.

F. V.*	G.L.**	Pr>F
Tratamentos	3	0,2499
Profundidades	3	<0,0001*
Distâncias	5	<0,0001*
Tratamento x Profundidades	9	0,1653
Tratamento x Distância	15	0,6634
Profundidade x Distância	15	0,2418
Tratamentos x Profundidade x Distância	45	0,2772

FV.: Fontes de Variação

GL.: Graus de Liberdade

Pr>F.: Significância a 1% (*)

QUADRO 10.: Análise de variância para área de raízes de aceroleira na entrelinha da cultura.

F. V.*	G.L.**	Pr>F
Tratamentos	3	0,5299
Profundidades	3	<0,0001*
Distâncias	7	0,5505
Tratamento x Profundidades	9	0,4428
Tratamento x Distância	21	0,0994
Profundidade x Distância	21	0,0669
Tratamentos x Profundidade x Distância	63	0,7654

FV.: Fontes de Variação

GL.: Graus de Liberdade

Pr>F.: Significância a 1% (*)

QUADRO 11.: Análise de variância para comprimento de raízes de aceroleira na entrelinha da cultura.

F. V.*	G.L.**	Pr>F
Tratamentos	3	0,6831
Profundidades	3	<0,0001*
Distâncias	7	0,2022
Tratamento x Profundidades	9	0,1575
Tratamento x Distância	21	0,3167
Profundidade x Distância	21	0,0874
Tratamentos x Profundidade x Distância	63	0,9972

FV.: Fontes de Variação

GL.: Graus de Liberdade

Pr>F.: Significância a 1% (*)

QUADRO 12.: Análise de variância para diâmetro de raízes de aceroleira na entrelinha da cultura.

F. V.*	G.L.**	Pr>F
Tratamentos	3	0,0611
Profundidades	3	<0,0001*
Distâncias	7	0,1117
Tratamento x Profundidades	9	0,1177
Tratamento x Distância	21	0,9121
Profundidade x Distância	21	0,6323
Tratamentos x Profundidade x Distância	63	0,4268

FV.: Fontes de Variação

GL.: Graus de Liberdade

Pr>F.: Significância a 1% (*)

Pelos resultados da análise de variância, pode-se observar que em todas as condições avaliadas que teve diferenças significativas nos valores de área, comprimento e diâmetro de raízes apenas em profundidade do solo e em distância da planta. Quando se analisa o efeito dos tratamentos, nota-se pelo teste F, que estes não foram significativos, assim como as interações possíveis.

Nas Figuras 23 a 28, estão apresentados os dados sobre área, comprimento total e diâmetro médio do sistema radicular da aceroleira.

Pelo Teste F verificou-se diferença significativa para a variável área, comprimento e diâmetro, quando se analisa a linha da cultura de acerola em profundidade. Quando a análise é feita na distância da linha da cultura, os efeitos foram significativos ($P>0,01$) apenas para a variável diâmetro. Ao se analisar a entrelinha da cultura em profundidade, observa-se que houve diferença para a variável área, comprimento e diâmetro, enquanto que a análise realizada na entrelinha da cultura em distância da planta de acerola, as diferenças não foram significativas.

Em relação à área de raízes analisada em profundidade na linha da cultura, Figura 23, observa-se que os valores vão diminuindo conforme vai aumentando a profundidade, sendo que a maior concentração de raízes encontra-se a 0,0-0,25 metros de profundidade.

Como pode ser observado, o comprimento de raízes na linha da cultura de acerola diminui à medida que aumenta a profundidade do solo (Figura 24). Quando se analisa o comprimento de raízes na distância da linha da cultura, observa-se que a diferença não foi significativa ($P>0,01$) como mostra o teste F.

Com estes dados, percebe-se que o sistema radicular da aceroleira é superficial, pois a maioria das raízes encontra-se até 0,50 m de profundidade, sendo que a partir de 0,75 m a quantidade de raízes diminui de forma acentuada, estes resultados também foram observados por Konrad (2002, p.68).

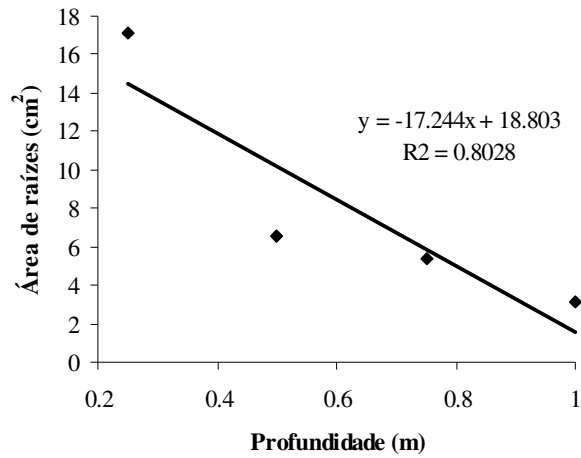


FIGURA 23. Área de raízes (cm²) analisada em profundidade na linha da cultura de acerola.

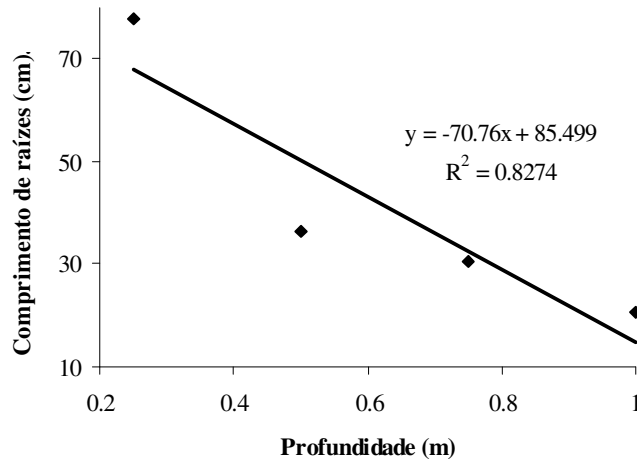


FIGURA 24. Comprimento de raízes (cm) analisado em profundidade na linha da cultura de acerola.

Quando se analisa diâmetro de raízes, observa-se que estes também foram afetados pela profundidade do solo, ou seja, a camada mais superficial (0,0-0,25 m) foi a que apresentou maior diâmetro médio (Figura 25a). A camada a partir de 0,75 m de profundidade foi a que apresentou menor diâmetro médio de raízes. Konrad (2002, p.70) cita que as raízes de sustentação da aceroleira são pouco profundas, sendo estas raízes que contribuem para um

maior diâmetro nas camadas mais superficiais. Quanto aos valores de diâmetro de raízes obtidos na distância da linha da cultura (Figura 25b), estes vão diminuindo a medida que se afasta da planta.

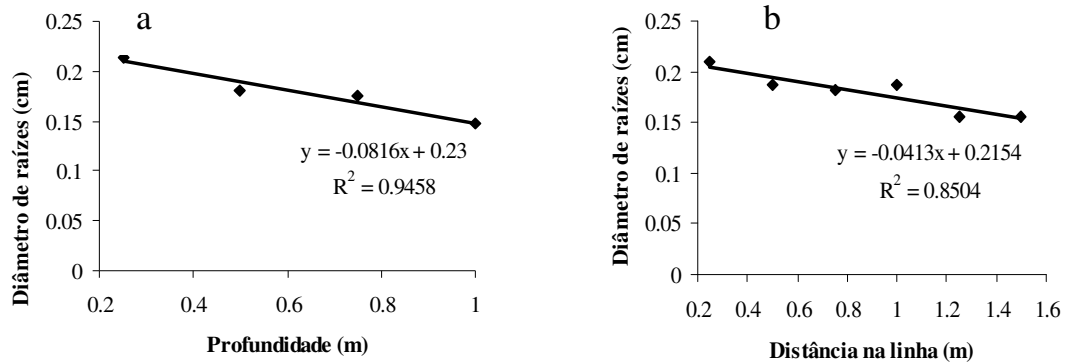


FIGURA 25. Diâmetro de raízes (cm) analisado em profundidade e distância na linha da cultura de acerola.

Na entrelinha da cultura, o comportamento foi semelhante ao obtido na linha, onde, as camadas mais superficiais, foram as que apresentaram maiores valores de área, comprimento de diâmetro de raízes (Figuras 26,27 e 28).

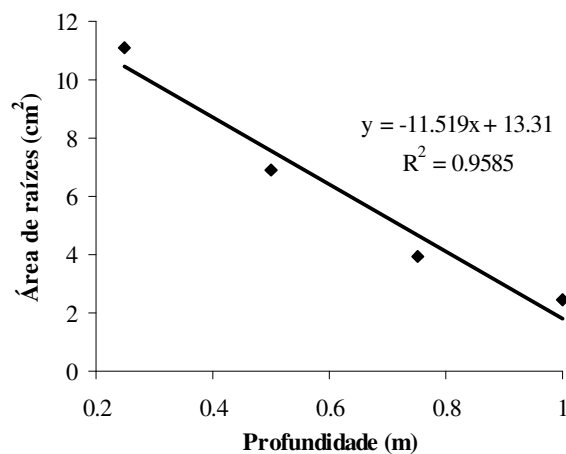


FIGURA 26. Área de raízes (cm²) analisada em profundidade na entrelinha da cultura de acerola.

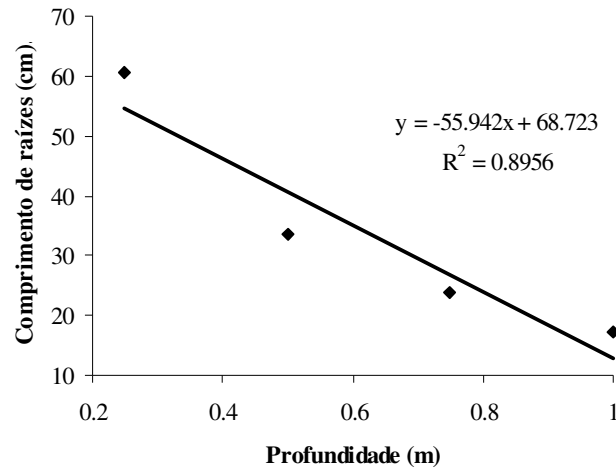


FIGURA 27. Comprimento de raízes (cm) analisado em profundidade na entrelinha da cultura de acerola.

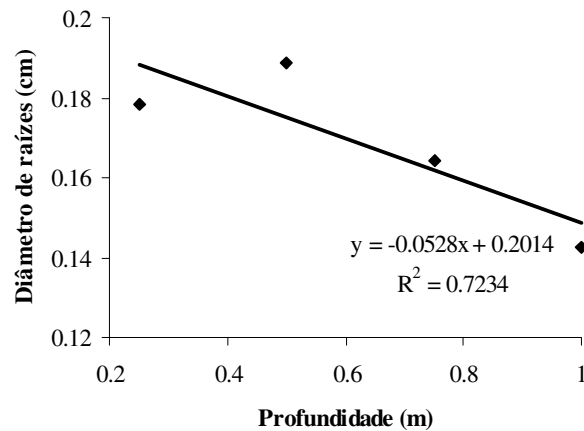
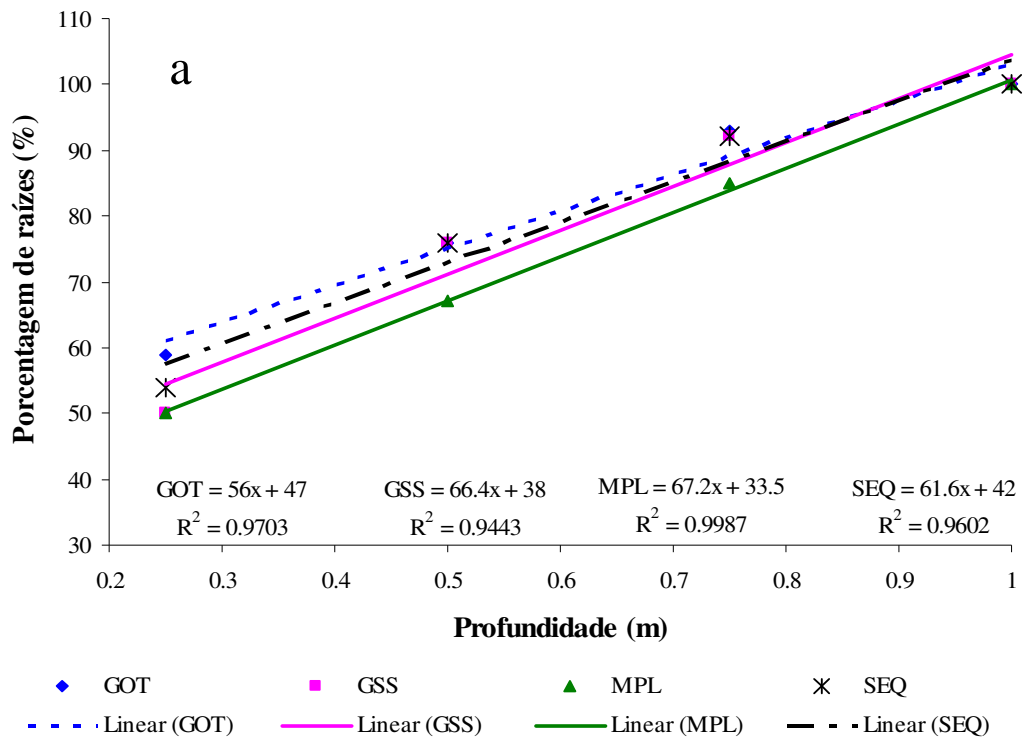


FIGURA 28. Diâmetro de raízes (cm) analisado em profundidade na entrelinha da cultura de acerola.

A porcentagem acumulada de raízes na linha e na entrelinha da cultura, encontram-se nas Figuras 29 a 32. A profundidade efetiva do sistema radicular (PESR) e a distância efetiva do sistema radicular (DESR), segundo Klar (1984, p.97) são aquelas onde se concentram 80% das raízes.

Na Figura 29a estão apresentadas às curvas referentes à percentagem de raízes acumuladas em profundidade e as equações de regressão geradas para área de raízes. Observa-se que a PESR para os tratamento GOT, GSS, MPL e SEQ encontram-se a 0,65, 0,70, 0,77 e 0,65 m, respectivamente. Estes valores estão muito próximos do encontrados por Konrad (2002, p.74), onde a PESR encontrava-se a 0,63 m no GOT; 0,77 no GSS; 0,52 no MPL e 0,61 no SEQ. Neves et al. (2001, p.113) encontraram valores de PESR na linha da cultura de acerola entre 0,50 a 0,69 m de profundidade.



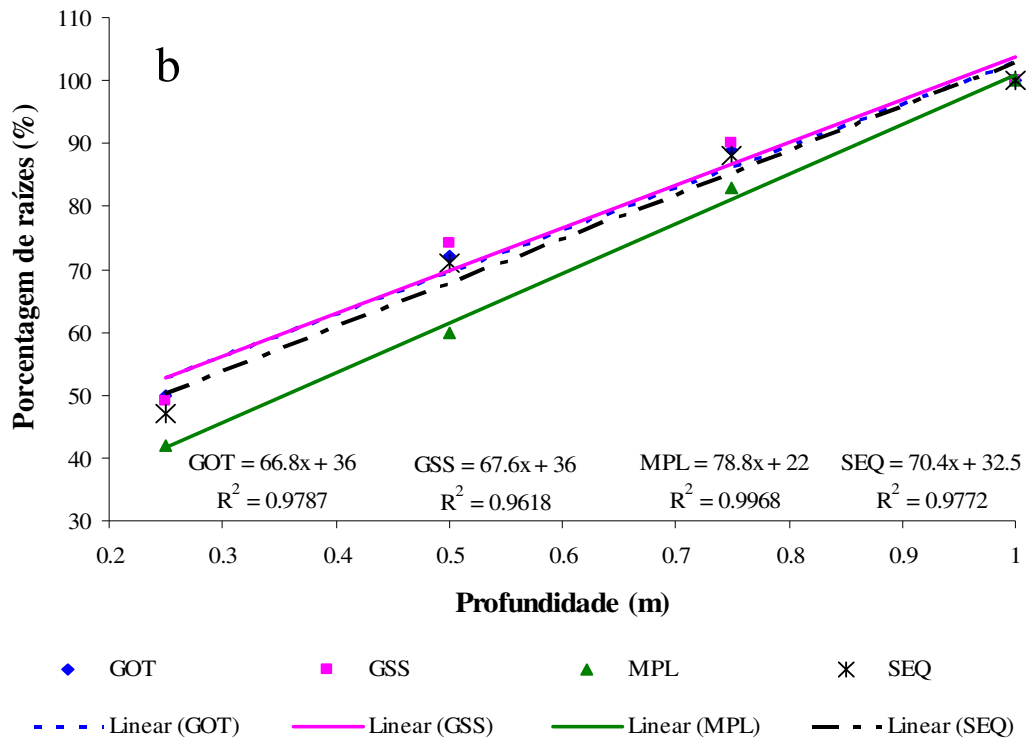


FIGURA 29. Porcentagem acumulada de raízes em profundidade na linha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).

Em relação ao comprimento de raízes (Figura 29b), nota-se que a PESR variou entre 0,60 a 0,70 m, sendo que Konrad (2002, p. 76) obteve valores de 0,60 a 0,66 m de PESR.

Quando se analisa a PESR na entrelinha da planta (Figura 30a), nota-se que os sistemas GOT, GSS, MPL e SEQ apresentaram os valores da PESR nas profundidades de 0,63; 0,65; 0,67 e 0,70 metros, dados semelhantes também foram obtidos por Konrad (2002, p. 77), para os sistemas GSS, MPL e SEQ, sendo que o GOT apresentou PESR a 0,52 metros.

Analisando-se o comprimento (Figura 30b), nota-se que o GOT foi o que apresentou maior PESR (0,60 m). Konrad (2002, p.77) observou que os valores da PESR variaram de 0,62 a 0,67 metros.

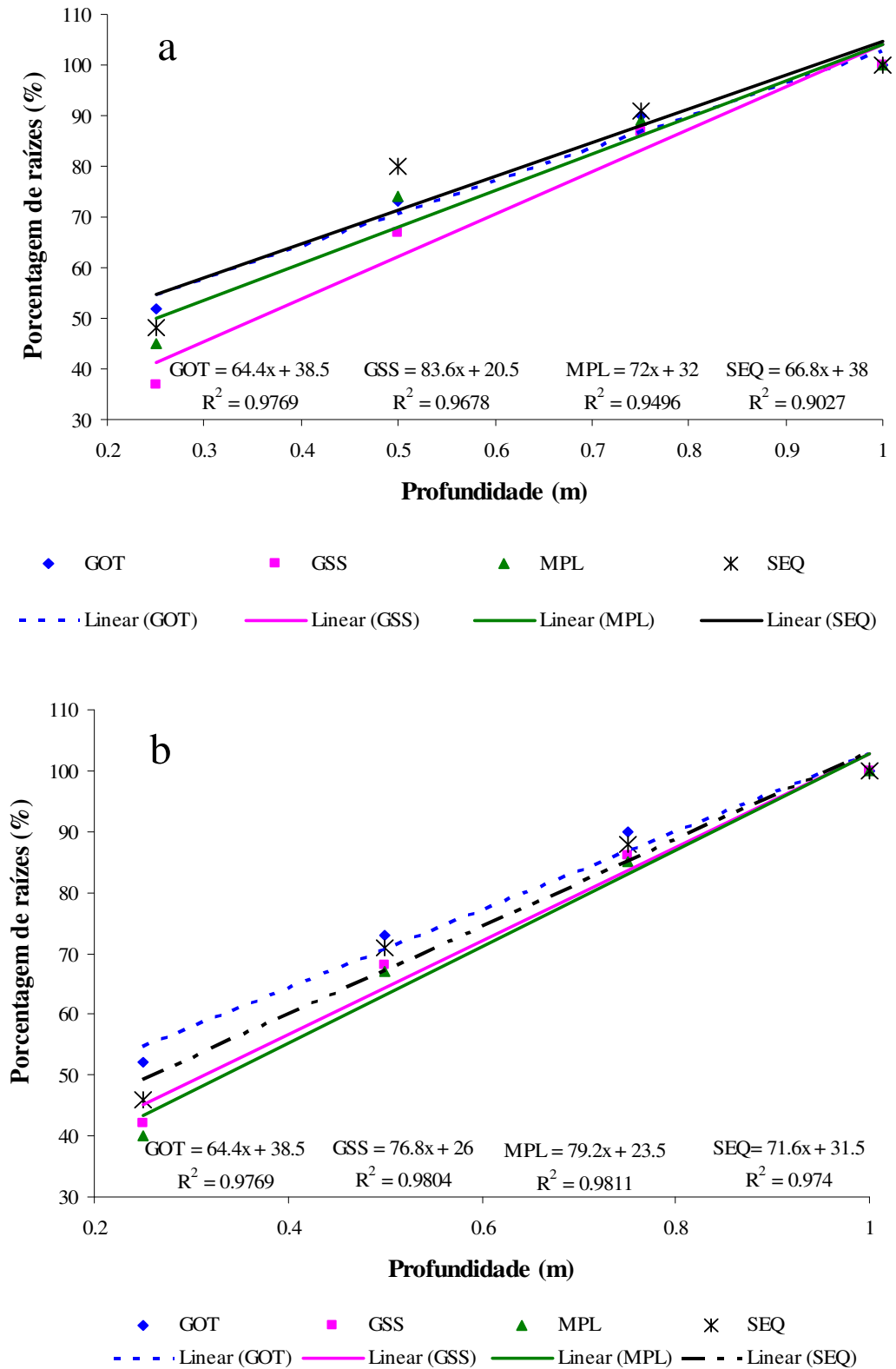
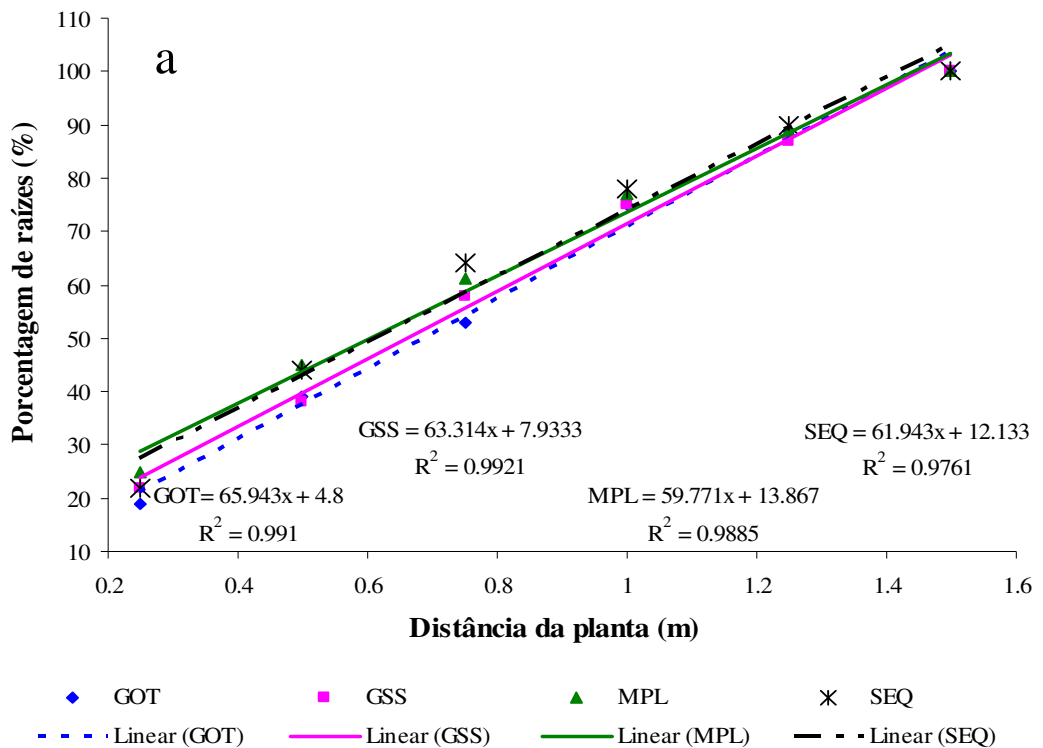


FIGURA 30. Porcentagem de raízes acumuladas na entrelinha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).

Analisando-se os valores de Distância Efetiva do Sistema Radicular (DESR), tanto em área (Figura 31a) quanto em comprimento (Figura 31b), observados na linha da cultura, observa-se que os sistemas GOT e GSS apresentaram praticamente os mesmos valores nas distâncias de 1,2 e 1,3 metros da planta respectivamente. Isso também acontece para os sistemas MPL e SEQ, onde a DESR foi observada a 1,0 m da planta.



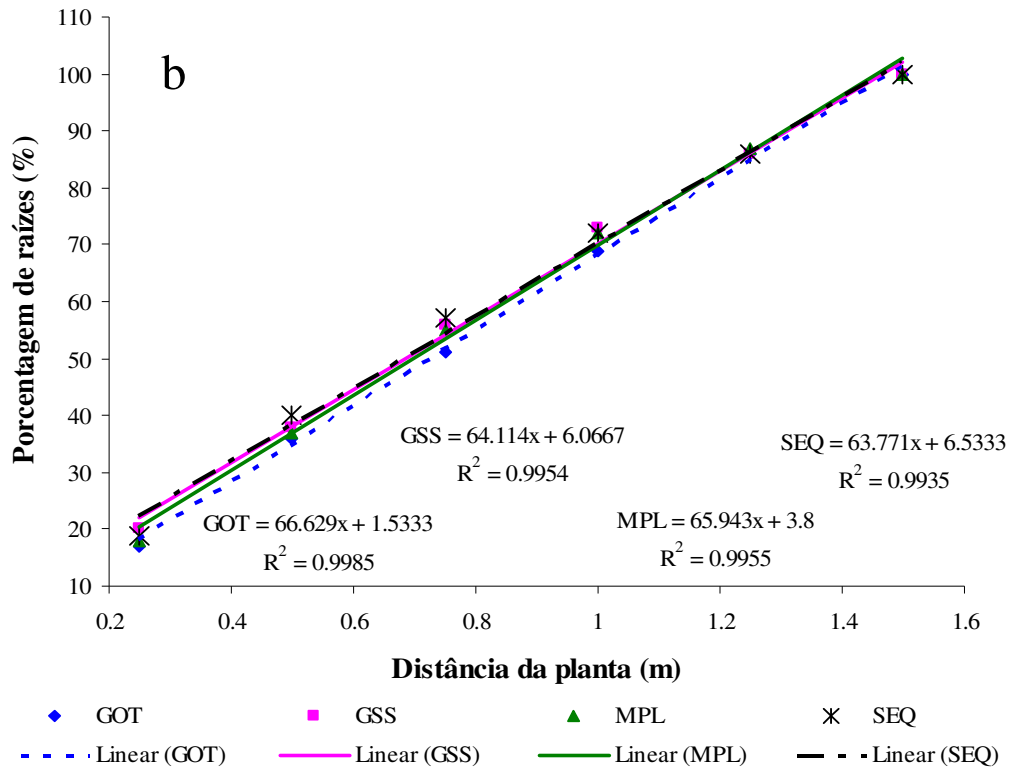


FIGURA 31. Porcentagem acumulada de raízes em distância na linha da cultura da aceroleira referente à área (a) e a comprimento (b).

Com relação à DESR na entrelinha da cultura, também não são observadas grandes diferenças no comportamento do sistema radicular para os tratamentos avaliados, tanto em área (Figura 32a) quanto em comprimento (Figura 32b). Dados semelhantes foram obtidos por Konrad (2002, p.77), onde a DESR variou de 1,9 a 2,07 metros da planta. Com isso verifica-se que a planta de acerola não está mais apresentando um desenvolvimento radicular, possivelmente por ter atingido a maturidade fisiológica.

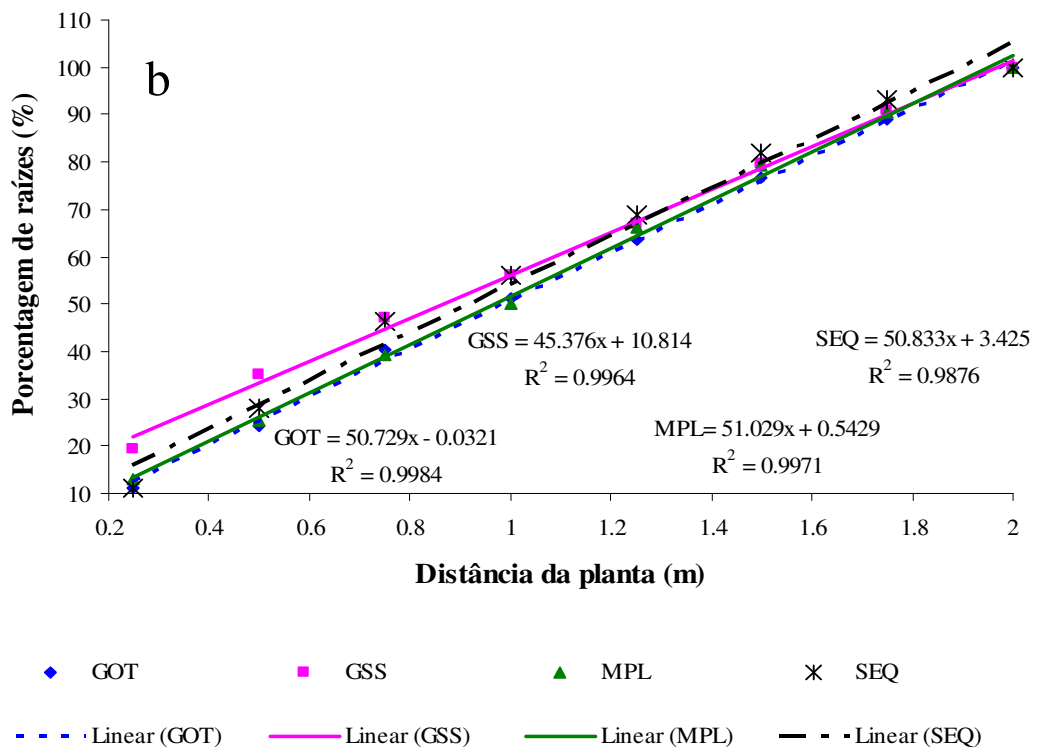
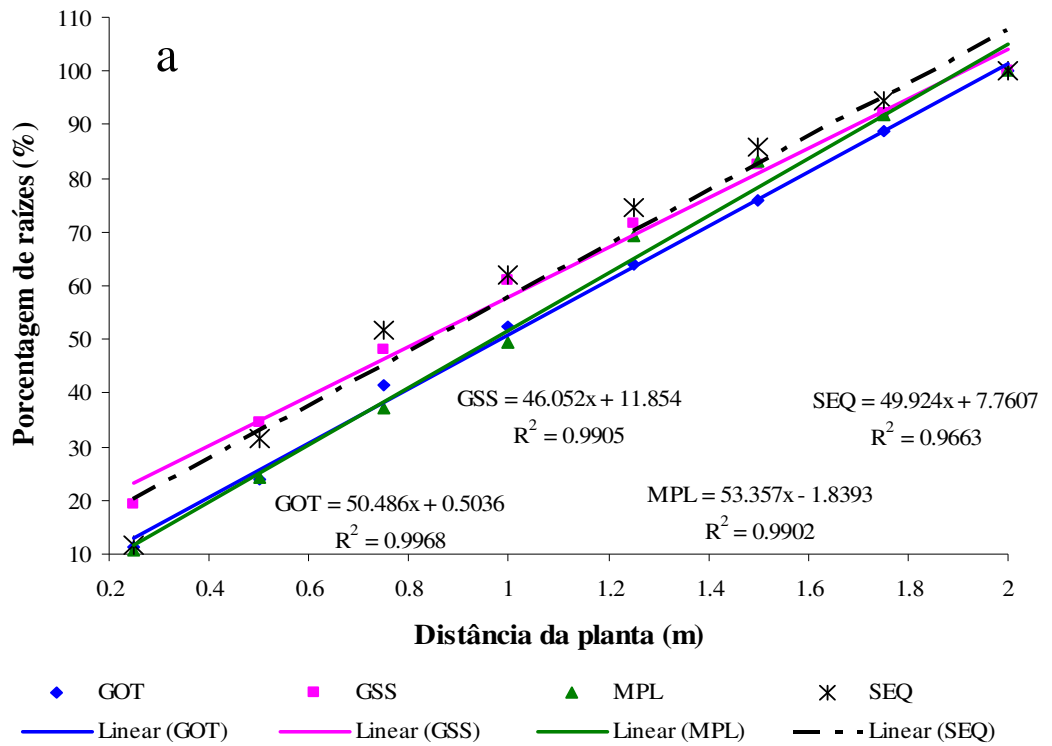


FIGURA 32. Porcentagem acumulada de raízes em distância na entrelinha da cultura da aceroleira referente a área (a) e a comprimento (b).

De modo geral, os tratamentos GOT e GSS, apresentaram maior quantidade de raízes (área e comprimento) na linha e entrelinha da cultura. Porém, estes resultados não são diferentes significativamente, sendo que estes dois sistemas foram numericamente superiores aos demais.

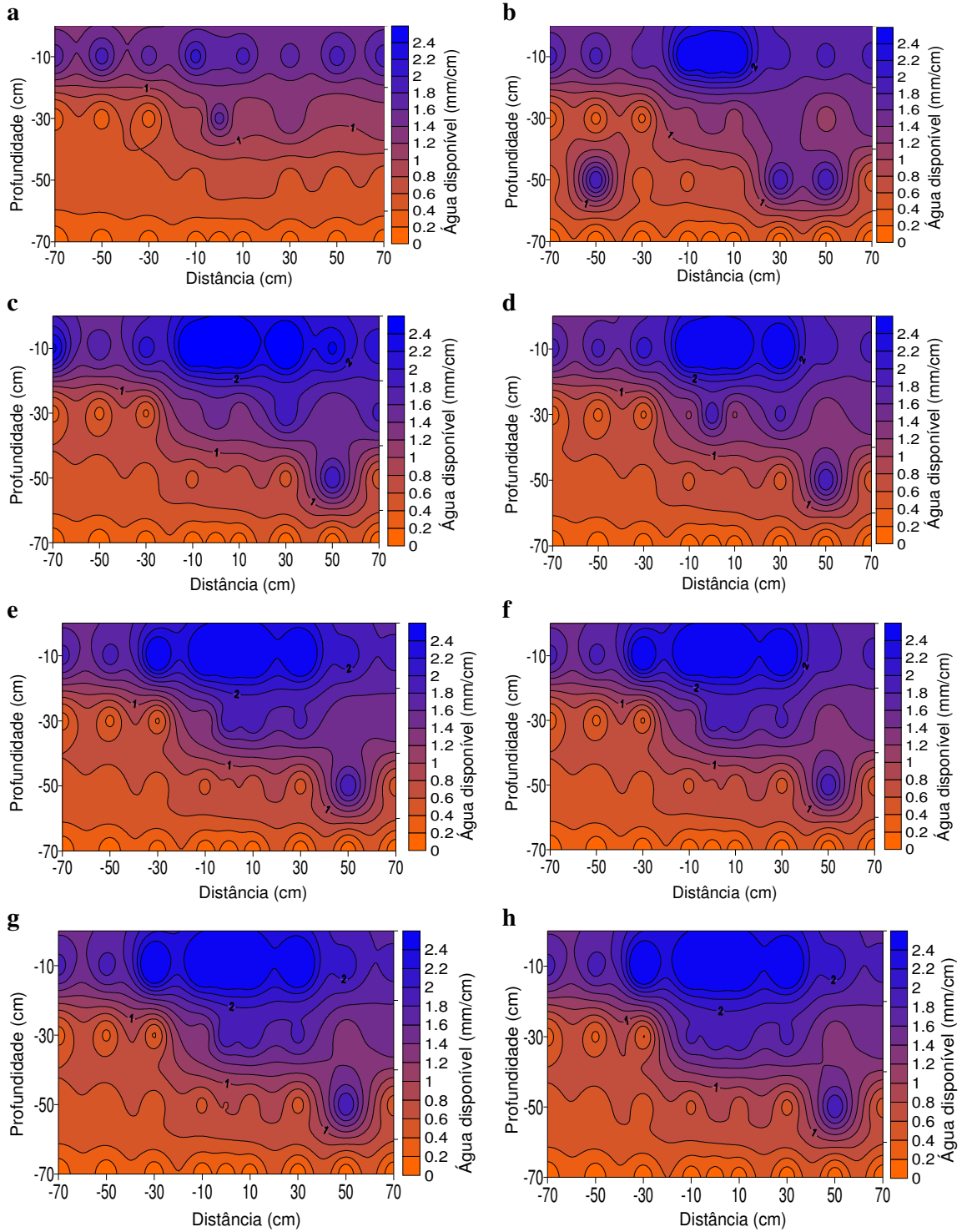
4.9.: Análise de bulbo de umedecimento

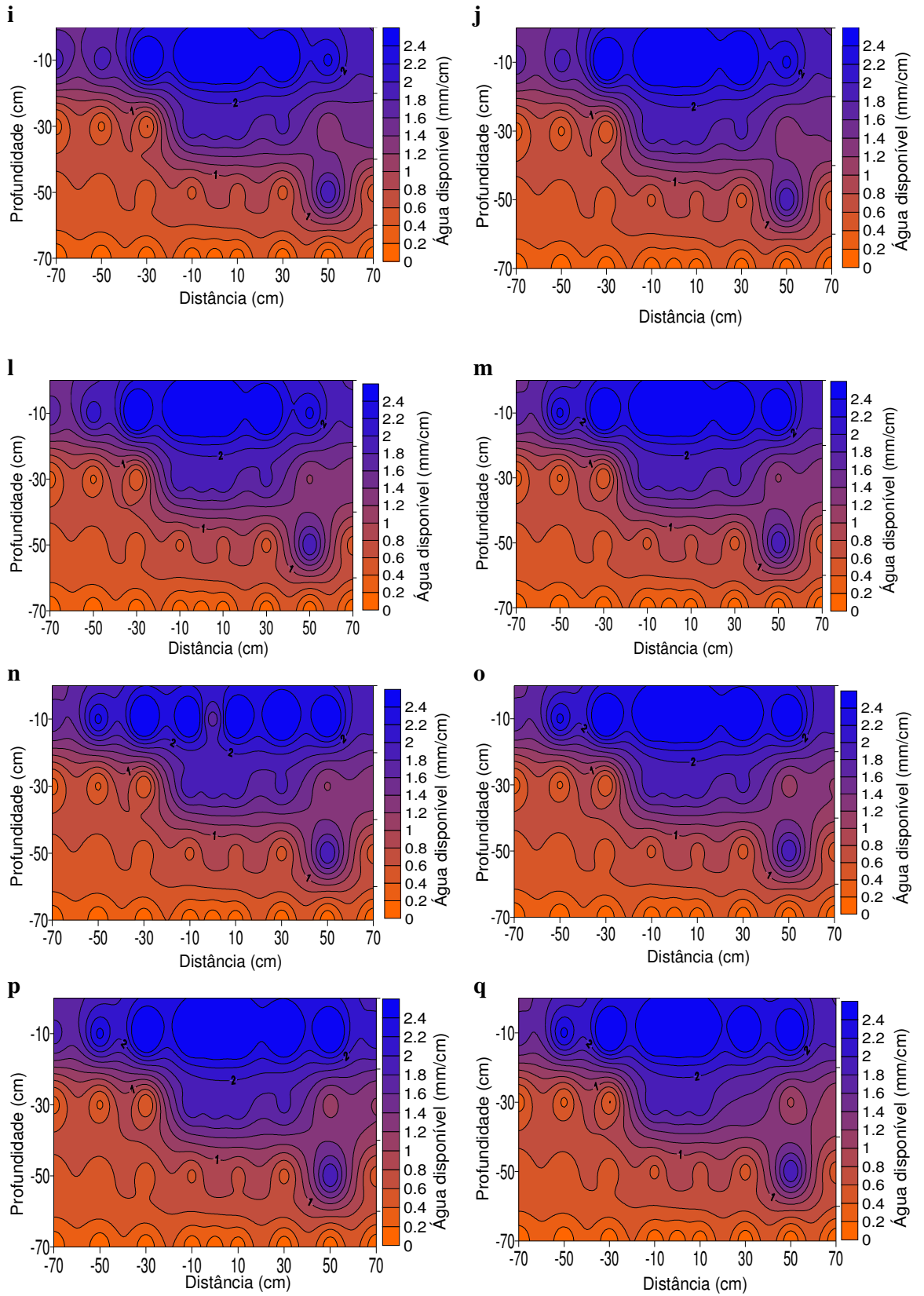
Para as condições experimentais da área, o solo apresentou uma distribuição de água heterogênea. Estudos realizados por SOUZA & MATSURA (2004, p.10), mostram que a vazão dos gotejadores e as propriedades físicas do solo exercem efeito diferenciado na forma do bulbo.

Na Figura 33 está inserida a localização da frente de molhamento no sistema de gotejamento (GOT) considerando o efeito de 6 horas de irrigação localizada, aplicando um volume de 15,6 litros. Foram feitos também leituras após cessar a irrigação, para conferir a percolação de água no solo.

Pelos resultados pode ser verificado que já existe uma umidade inicial no solo (Figura 33a). Após o início da irrigação, a frente de molhamento apresentou uma distribuição assimétrica tanto na horizontal como na vertical.

Após cessar a irrigação observou-se que a distribuição da água no solo, atingiu aproximadamente, a profundidade de 60 cm (Figura 33r). SOUZA & MATSURA, (2004, p.8) citam que a variação espacial das propriedades físicas do solo adiciona variações na distribuição de água aplicada por gotejadores, podendo causar perdas de água por percolação reduzindo a eficiência do sistema de irrigação.





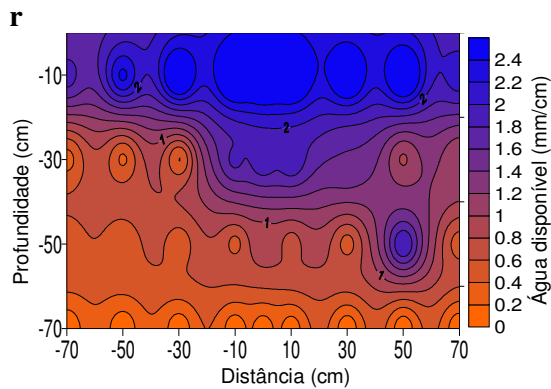
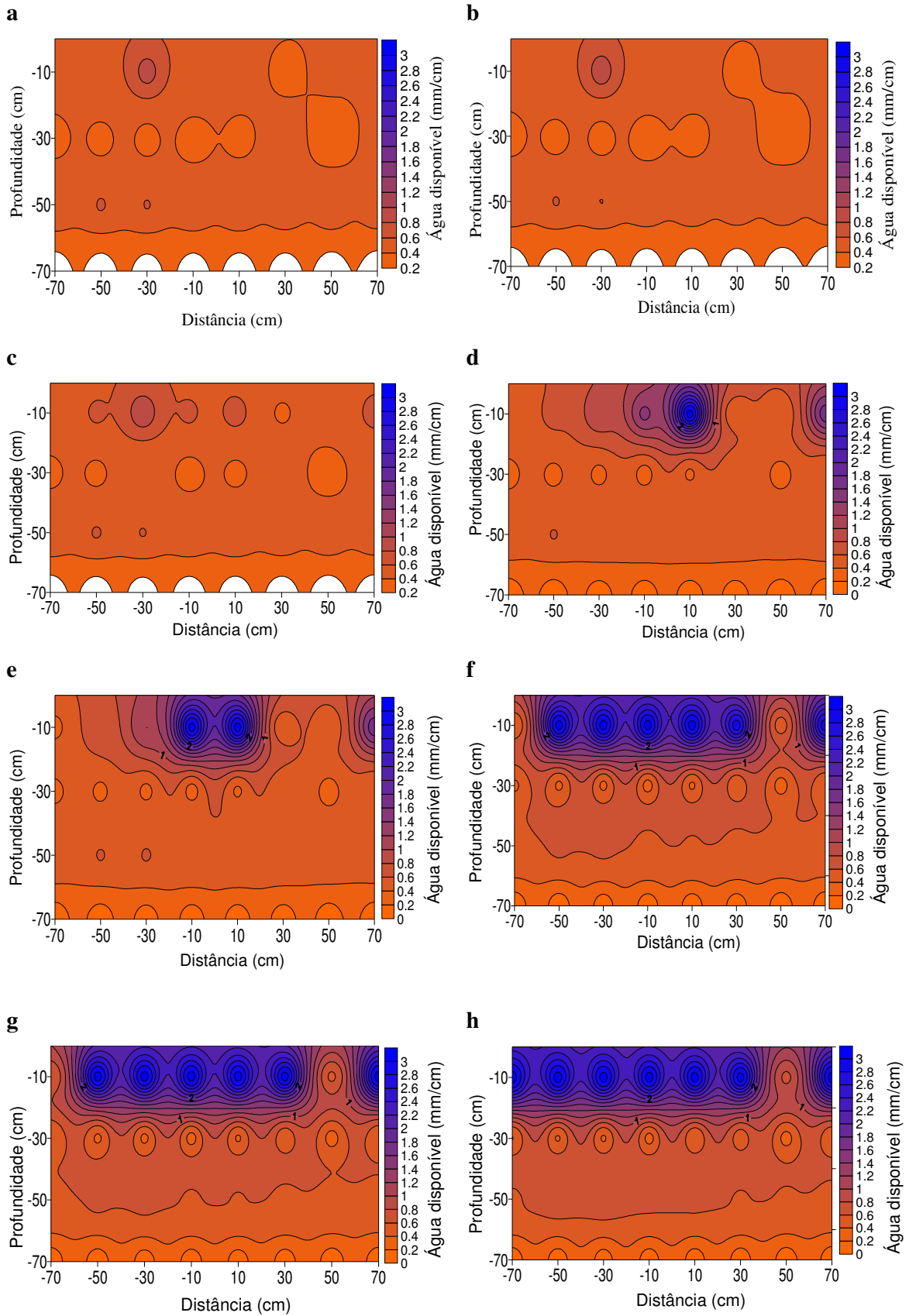


FIGURA 33. Perfis de umidade no solo, sob sistema de gotejamento, com leitura inicial (a), 0,5 h (b), 1 h (c), 1,5 h (d), 2,0 h (e), 2,5 h (f), 3,0 h (g), 3,5 h (h), 4,0 h (i), 4,5 h (j), 5,0 h (l), 5,5 h (m), 6,0 h (n) após ter iniciado a irrigação e 0,5 h (o), 1,0 h (p), 1,5 h (q) e 2,0 h (r) após ter cessado a irrigação.

Para o sistema de irrigação por mangueira perfurada a laser (MPL), observa-se que o solo apresentava-se mais seco no momento da avaliação (Figura 34a). A irrigação foi realizada durante 3 horas, aplicando um volume de 15,3 mm. Foi feito acompanhamento da percolação da água no solo durante 5 horas de modo a conferir a formação do bulbo molhado.

Nota-se por meio da Figura 34 que com 0,5 hora de irrigação, já há certa mudança no perfil de umidade no solo e isto vai se intensificando à medida que é realizada a irrigação.

A partir da Figura 34f, nota-se a formação mais nítida do bulbo molhado, indicando que neste sistema de irrigação a água fica mais próxima a superfície. Isso pode ser explicado pela variação do potencial matricial de água no solo para este sistema (Figura 13), indicando que o mesmo apresenta baixa eficiência em translocar água a maiores profundidades.



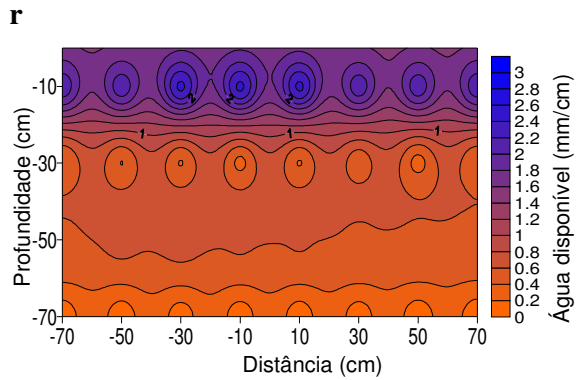


FIGURA 34. Perfis de umidade no solo, sob sistema de mangueira perfurada a laser, com leitura inicial (a), 0,5 h (b), 1 h (c), 1,5 h (d), 2,0 h (e), 2,5 h (f) e 3,0 h (g) após ter iniciado a irrigação e 0,5 h (h), 1,0 h (i), 1,5 h (j), 2,0 h (l), 2,5 h (m), 3,0 h (n), 3,5 h (o), 4,0 h (p), 4,5 h (q) e 5,0 h (r) após ter cessado a irrigação.

5. CONCLUSÕES

Pode-se inferir de acordo com os resultados obtidos que não houve diferença para as variáveis, área, comprimento e diâmetro de raízes entre os tratamentos de irrigação e sequeiro. A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura da acerola encontra-se em média a 0,70 metros da superfície do solo.

A variação do potencial matricial de água no solo indicou que o sistema de irrigação por gotejamento foi o que apresentou menores tensões e melhor distribuição de água nos solo a maiores profundidades.

O ambiente do solo proporcionado pela água aplicada em sistemas de irrigação localizada condiciona sensíveis melhorias nas características químicas do solo, principalmente na camada de zero a 0,20 m, em cultivos de acerola, quando comparados a condição de sequeiro.

Os sistemas GOT e GSS sofreram menor desgaste com o tempo de uso, pois apresentaram pouca variação na vazão e no CUC (%). O sistema MPL apresentou queda na precipitação ao longo do tempo e sua uniformidade de aplicação foi baixa (CUC= 21,7%) indicando que houve um desgaste nesse sistema.

O tratamento de SEQ tendeu a exportar mais nutriente e sua produtividade foi maior que a dos tratamentos irrigados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma, FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.

AMARAL, E.F. Quantificação de raízes utilizando imagens digitais. **Comunicado técnico-EMBRAPA**, n.125, agosto 1998, p.1-3.

ANDRADE, E.M.; MEIRELES, A.C.M.; NESS, R.L.L.; CRUZ, M.G.M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na Região da Chapada do Apodi. *Revista Ciência Agronômica*, Ceará, v.33, n.2, p.5-12, 2002.

ARAÚJO, P.S.R., MINAMI, K. **Acerola**. Fundação Cargill, Campinas, SP, 1994.81p.

BASSOI, L.H. Crescimento e distribuição de raízes de videiras e sua relação com a prática de irrigação. **Comunicado técnico-EMBRAPA**, n.76, abril 1998, p.1-4.

BEBUM, J.A.D. Viabilidade da cultura do milho (*Zea mays* L.) irrigado por gotejamento, em rotação com a cultura do melão, utilizando dois métodos de aplicação de fertilizantes, dois coeficientes de cultivo, em duas populações de plantas. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia, UNESP, 1995, 63p. (Trabalho de Graduação).

BLEINROTH, E.W.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E.; GOGARTTTI NETO, A. et al. **Colheita e beneficiamento: Acerola para exportação: procedimento de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 30P. (FRUPEX, 21).

BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S. P.; BOSCO NETO, M.; MELO, A. S. Desenvolvimento e diferenciação de estruturas reprodutivas em aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas- BA, v.17, n.3, p.19-26, 1995.

BRADY, N. C. Natureza e propriedades do solo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.

CARVALHO, M.A.C.; PAULINO,H.B.; FURLANI-JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; ATHAYDE, M.L.F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, 60(3), p.239-244, 2001.

CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. LUPA: Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo. Dracena, 2002. (Pesquisa no sistema, “on line”).

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by Sprinkler**. Berkeley, California Agricultural Station. 1942. 124p. (Bul.670).

CINTRA, F. L. D.; NEVES, C. S. V. J. Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 91-94, 1996.

COELHO, F. S. Fertilidade do solo. Campinas: INSTITUTO Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384p.

COELHO, E.F.; DANIOR; SOUSA, V.F. Avaliação de parâmetros hidráulicos para modelos de distribuição de água no solo sob gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.651-657, abril 1999.

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, F.C.; ARAÚJO, E.C.E.; VASCONCELOS, L.F.L.; LIMA, D.M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal- SP, v.23, n.2, p.250-256, agosto 2001.

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, F.C.; ARAÚJO, E.C.E.; VASCONCELOS, L.F.L. Distribuição de raízes de laranja “Pêra” sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.603-611, maio 2002.

CORRÊA, F.L.O.; SOUZA, C.A.S.; MENDONÇA, V.; CARVALHO, J.G. Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP, v.24, n.3, p.765-769, dezembro 2002.

CORRÊA, J.B.; REIS JÚNIOR, R.A.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros no Sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.6, p.1279-1286, nov/dez, 2001.

COUCEIRO, E.M. **Curso de extensão sobre a cultura da acerola**. Recife. UFRPE, 1985 45p.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 365-371, 1994.

DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C.R.A.; BULL, L.T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal- SP, v.24, n.1, p.214-218, abril 2002.

FERREIRA, E.J.S.; VANZELA, L.S.; ZOCOLER, J.L.; HERNANDEZ, F.B.T. Estimativa dos erros envolvidos na determinação da umidade do solo pela sonda de nêutrons. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXII, Goiânia- GO, 28 de julho a 01 de agosto de 2003. (CD-ROM).

FREIRE, M.B.G. S.; RUIZ, H.A.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, P.A.; ALVAREZ, V.H.; FREIRE, F.J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta a condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.45-52, 2003.

GAYET, J.P. **Soluções fruta a fruta: Acerola**. 2.ed. Brasília: IBRAF. 1995. 61p.

GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 41, p. 892, 1980.

GONZAGA NETO, L., SOARES, J. M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994, 43p.

HERREIRA, O.M. et al. Agrupamento de estações climatológicas localizadas no Estado de São Paulo, utilizando-se análise multivariada. Jaboticabal: **Engenharia Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 34-42, 1997.

JUNQUEIRA, K.P.; PIO, R.; VALE, M.R.; RAMOS, J.D. Cultura da aceroleira (*Malpighia glabra* L.). 2004. Pesquisa em: <www.editora.ufla.br/Boletim/pdfextensao/bol_26pdf>. Acesso em: 15 abr.2004.

KAWATI, R. In: SÃO JOSÉ, A. R. 7 ALVES, R.E. **Acerola no Brasil: produção e mercado**, Vitória da Conquista: Departamento de fitotecnia e zootecnia, 1995. p. 149-154.

KLAR, A.E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Nobel, 1984, p. 408.

KONRAD, M.; HERNANDEZ, F.B.T. Irrigação e produção de acerola. **Jornal Regional**, Dracena, 20 de janeiro de 2001, p.04.

KONRAD, M. Efeito de sistemas de irrigação localizada sobre a produção e qualidade da acerola (*Malpighia* spp) na região da Nova Alta Paulista. Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia, 2002. 119p. (Mestrado em Sistema de Produção – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP)

KONRAD, M., HERNANDEZ, F.B.T., BRAGA, R.S., BORTOLOTTI, M.S. Produção de acerola sob diferentes sistemas de irrigação na região da Nova Alta Paulista, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXI, Salvador, 29 de julho a 02 de agosto de 2002a. (CD-ROM).

KONRAD, M., HERNANDEZ, F.B.T., GENEROSO, E.C.S. Qualidade de frutos de acerola sob diferentes sistemas de irrigação na região da Nova Alta Paulista, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXI, Salvador, 29 de julho a 02 de agosto de 2002b. (CD-ROM).

KONRAD, M.; HERNANDEZ, F.B.T.; SANTOS, R. A. Distribuição espacial do sistema radicular da aceroleira em um solo podzólico vermelho amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2001.(CD-ROM).

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, n.7, p. 1017-1022, jul. 2002.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas - Princípio e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. – São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARTINEZ, H. E. P. Marcha de absorção de micronutrientes em aceroleira (*Malpighia glabra* L.). In CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14, REUNIÃO INTERNACIONAL DE HORTICULTURA TROPICAL, 42. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MIRTACEAS, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba 1996. p.42.

MARTINS NETO, D.; BEZERRA, F.M.L.; COSTA, R.N.T. Evapotranspiração real da acerola (*Malpighia glabra* L.) durante o primeiro ano de implantação nas condições climáticas de Fortaleza- CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: 1998. p.55-7.

NEVES, C.S.V.J.; BORGES, A.V.; KANAI, H.T.; PRETE, C.E.C.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V. Distribuição do sistema radicular de cultivares de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal- SP, v.23, n.1, p.112-115, abril 2001.

NOGUEIRA, L.C.; TAVARES, E. D.; MÉLO, D.L.F.M.; BARRETO, A.N.; GONART, B. Efeito de sistemas de irrigação localizada e lâminas de água no crescimento de aceroleira em solo de tabuleiro costeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16, 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Embrapa, 2000. p.45. 2000. (CD ROM).

OLIVEIRA, J.R.P.; SOARES FILHO, W.S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. In: Simpósio de Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste do Brasil, **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina- PE, de 27 de setembro a 1 de outubro de 1998.

OTTO, S.R.L.; ALCAIDE, M. Utilização do método TDR-tensiômetro na obtenção da curva de retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.265-269, 2001.

PRADO, R.M. Efeito da calagem no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de frutos da goiabeira e da caramboleira. Jaboticabal, 2003, p.68. Tese (Doutorado) – FCAV/Unesp.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991, p.343.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

REICHARDT, K. Irrigação. In: A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1990. p. 139- 55.

SAMPAIO, R.A.; FONTES. P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro a fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.21-30, jan. 1999.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.12-16, 2002.

SANTOS, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T.; FERREIRA, E.J.S.; VANZELA, L.S.; LIMA, R.C. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXII, Goiânia, 28 de julho a 01 de agosto de 2003. (CD-ROM).

SILVA FILHO, S.B.; CAVALCANTE, L.F.; OLIVEIRA, F.A.; LIMA, E.M.; COSTA, J.R.M. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. **Irriga**, Botucatu-SP, v.5, n.2, p.112-115, 2000.

SILVA, G.S.; RODRIGUES, A.A.C.; SOARES JUNIOR, A.C. Mancha de *Corinespora* em acerola (*Malpighia glabra*). **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.3, 1997, p.452.

SIMÃO, S. **Cereja das Antilhas**. In: _____ **Manual de fruticultura**, São Paulo: Ceres, 1971, p. 477-485. (Ceres, 7).

SOUSA, V.F.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO FILHO, M.A.; FRIZZONE, J.A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.51-56, 2002.

SOUZA, C.F. & MATSURA, E.E. Distribuição da água no solo para dimensionamento da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.7-15, 2004.

SURFER. SURFER, version 7.0 (Golden Software). 1999. Conjunto de programas. Informações em <http://www.goldensoftware.com>.

VANZELA, L.S., ZOCOLER, J.L., HERNANDEZ, F.B.T. Uniformidade de distribuição da água acima e abaixo da superfície do solo em um sistema de irrigação por aspersão convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXI, Salvador, 29 de julho a 02 de agosto de 2002. (CD-ROM).

VERMEIREN, G.A., JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 36).

ZANINI, J. R. Distribuição de água e de íon K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. I - Formação do bulbo molhado. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 45, p. 13-24, 1991a.

ZANINI, J. R. Distribuição de água e de íon K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. II - Teores de K^+ no bulbo molhado. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 46, p. 24-39, 1991b.

ZOCOLER, J.L., VANZELA, L.S., HERNANDEZ, F.B.T. Avaliação da uniformidade de armazenamento antes e após a irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXI, Salvador, 29 de julho a 02 de agosto de 2002. (CD-ROM).