

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**POSIÇÃO DOS GOTEJADORES E COBERTURA DO
SOLO COM PLÁSTICO, CRESCIMENTO
RADICULAR, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO
MELÃO**

TESE DE DOUTORADO

Carina Rejane Pivetta

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**POSIÇÃO DOS GOTEJADORES E COBERTURA DO SOLO
COM PLÁSTICO, CRESCIMENTO RADICULAR,
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MELÃO**

por

Carina Rejane Pivetta

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

Orientador: Prof. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS, Brasil

2010

P693p

Pivetta, Carina Rejane

Posição dos gotejadores e cobertura de solo com plástico, crescimento radicular, produtividade e qualidade do melão / por Carina Rejane Pivetta ; orientador Arno Bernardo Heldwein. – Santa Maria, 2010.

94 f. ; il.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2010.

1. Agronomia 2. Irrigação subsuperficial 3. *Minirhizotron* 4. Sistema radicular 5. Meloeiro I. Heldwein, Arno Bernardo, orient. II. Título.

CDU: 635.611

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do CCNE/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Doutorado

**POSIÇÃO DOS GOTEJADORES E COBERTURA DO SOLO COM
PLÁSTICO, CRESCIMENTO RADICULAR, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DO MELÃO**

Elaborada por
Carina Rejane Pivetta

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA

Arno Bernardo Heldwein, Dr.
(Presidente/Orientador)

Rui Manuel de Almeida Machado, Dr. (Universidade de Évora – Portugal)

Nereu Augusto Streck, PhD. (UFSM)

Luciano Streck, Dr. (IFC – Sombrio)

Evandro Zanini Righi, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2010

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Arno Bernardo Heldwein, orientador desde março de 2000, ao qual devo grande parte do meu desempenho ao longo do curso de graduação, mestrado e doutorado. Esta tese pode simbolizar o desligamento da relação “Professor - aluno”, mas certamente que jamais será esquecida e desfeita a relação de amizade construída com muito respeito e admiração pela pessoa Arno Bernardo Heldwein.

Aos meus pais, Dalva Gavioli Pivetta e Laurindo Pivetta que, embora carentes da minha companhia, principalmente após o falecimento do meu irmão, sempre se mantiveram firmes no objetivo de me incentivar a seguir em frente na formação acadêmica.

Ao Prof. Rui Machado, coorientador durante o período de estágio na Universidade de Évora – Portugal.

Ao Sr. Agnelo Ferreira, funcionário da Universidade de Évora que auxiliou efetivamente e fielmente durante todo o período de estágio.

Ao meu amor, companheiro, parceiro em todo tipo de andanças nessa vida, o Leandro Dalbianco, também conhecido por Espeto, e para ele eu digo que “o sentimento não cabe na escrita”.

Aos amigos e colegas do setor de Agroclimatologia da UFSM, que ao longo de 10 anos foram a minha família genérica e que muito contribuíram para a formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Centro de Ciências Rurais pelos conhecimentos adquiridos no decorrer de minha formação acadêmica e de Pós-Graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos e concretização do Curso de Doutorado.

À Universidade de Évora pela disponibilidade da infraestrutura para a execução dos experimentos durante o período de estágio.

Muito obrigada.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

POSIÇÃO DOS GOTEJADORES E COBERTURA DO SOLO COM PLÁSTICO, CRESCIMENTO RADICULAR, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MELÃO

AUTOR: CARINA REJANE PIVETTA

ORIENTADOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Local e data da defesa: Santa Maria, 26 fevereiro de 2010.

A irrigação por gotejo localizado superficial é amplamente difundida na cultura do meloeiro. Para melhorar ainda mais a eficiência desse sistema é possível utilizar a irrigação em subsuperfície e a cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico, técnica conhecida como *mulching*. Essas opções de manejo podem influenciar na condição de umidade do solo e no crescimento e desenvolvimento das plantas e consequentemente na produtividade e qualidade dos frutos do meloeiro. Quanto ao sistema radicular, poderá representar uma informação viável para o dimensionamento do sistema de irrigação, por estar intimamente relacionado com o volume de solo explorado pelas raízes para absorção da água e nutrientes advindos da irrigação. Neste trabalho objetivou-se verificar a influência da posição dos gotejadores e da cobertura do solo por plástico na umidade do solo, no crescimento final de raízes e na produtividade e qualidade dos frutos do meloeiro irrigado por gotejo localizado. Para tal, cultivou-se o meloeiro na primavera/verão na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade de Évora – Portugal. Os tratamentos constaram da irrigação por gotejo localizado superficial, com e sem cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico, e gotejo subsuperficial sem a cobertura do solo. A umidade do solo foi monitorada por meio de uma sonda TDR portátil e por tensiômetros do tipo *watermark*. Foram coletados dados de área foliar, massa seca e número de folhas por planta. A colheita de frutos foi realizada para quantificar sua produtividade comercial e não comercial, seu teor de sólidos solúveis totais e diâmetro longitudinal e transversal. O crescimento radicular foi quantificado em termos de intensidade radicular, medida pelo *minirhizotron*, como método não destrutivo e densidade radicular, método destrutivo realizado por coletas manuais de amostras de solo mais raízes com um trado. Os resultados não indicaram diferenças significativas entre os tratamentos para a produtividade comercial e para os parâmetros relativos à qualidade dos frutos e crescimento vegetativo do meloeiro. A produção de frutos não comerciais foi significativamente maior no tratamento com irrigação superficial sem a cobertura do solo em relação à irrigação subsuperficial e a superficial com a cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico. A intensidade radicular variou significativamente entre os tratamentos. Sob a cobertura por filme plástico, além da maior intensidade radicular, as raízes tenderam a expansão horizontal no solo, enquanto que o enterrio dos gotejadores proporcionou maior crescimento radicular em profundidade no perfil do solo, ou seja, entre 0,20 e 0,33 m.

Palavras-chave: irrigação subsuperficial; sistema radicular; *Cucumis melo*, monitoramento por imagens, *minirhizotron*.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

EMITTERS POSITION AND SOIL MULCHING WITH BLACK PLASTIC, ROOT GROWTH, YIELD AND QUALITY OF MELON

AUTHOR: CARINA REJANE PIVETTA

ADVISOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Location and date of the defense: Santa Maria, February 26th, 2010.

Surface drip irrigation is widespread for the melon crop. To improve the efficiency of this system subsurface drip irrigation and plastic mulching can be used. These management practices can influence soil moisture, and growth and development of plants and hence fruit yield and quality of melon. Root system can give good information for the design of the irrigation system, because it is closely related to the volume of soil used by the roots to absorb water and nutrients arising from irrigation. This study aimed to evaluate the influence of the position of emitters and plastic mulching on soil moisture, the final growth of roots and yield and fruit quality of drip irrigated melon plants. The experiment was conducted during the spring/summer of 2008 growing season at the Experimental area of the crop science Department of the University of Évora – Portugal. Treatments consisted of surface drip irrigation (with and without plastic mulching) and subsurface drip irrigation (without plastic mulching). Soil moisture was monitored using a portable TDR probe and Watermark tensiometers. Leaf area, dry weight and number of leaves per plant were measured. Harvested fruits were separated into commercial and non-commercial and soluble solids content and the length and width of fruits were measured. Root growth was quantified in terms of root intensity, measured by a minirhizotron (non-destructive method) and root density (destructive method) measured by manual collection of soil samples over roots with an auger. Results indicated no significant differences among treatments for commercial yield and for fruit quality parameters and vegetative growth of melon. The yield of unmarketable fruits was significantly higher with surface drip irrigation without plastic mulching in relation to surface drip irrigation with plastic mulching and subsurface drip irrigation. The root length intensity varied significantly between treatments. Under cover of plastic, the increased intensity of roots tended to expand horizontally into the soil, while burying the emitters provided greater root depth in the soil profile, ie between 0.20 and 0.33 m .

Key-words: subsurface drip irrigation; root system; monitoring by images; *Cucumis melo*; minirhizotron.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Variação temporal da temperatura média, mínima e máxima (T_{med} , T_{min} , T_{max} , respectivamente) (a) e da precipitação diária (P) e radiação solar global incidente (R_g) (b) ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro, em função do número de dias após o transplante (DAT) no verão de 2008, em Évora, Portugal.	35
FIGURA 2 – Vista geral do experimento com a distribuição dos tratamentos no verão de 2008, em Évora, Portugal. Fonte: arquivo pessoal. C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.	36
FIGURA 3 – Curva de retenção da água no solo para a camada de 0 – 0,40 m, na área experimental da Herdade da Mitra, em Évora, Portugal. Obs: pF = logaritmo do módulo do potencial matricial em centímetros de coluna d'água.	40
FIGURA 4 – Representação esquemática do sistema de elutrição hidropneumático para separar as raízes do solo (adaptado de Smucker et al. (1982)).	43
FIGURA 5 – Medidor fotoelétrico de raízes, modelo "Comair" (ROWSE; PHILIPPS, 1974). Fonte: arquivo pessoal.	44
FIGURA 6 – Equipamento <i>minirhizotron</i> utilizado para observações do sistema radicular do meloeiro. Fonte: arquivo pessoal.	45
FIGURA 7 – Ilustração da instalação dos tubos de acrílico do <i>minirhizotron</i> nas posições 1 e 2. Fonte: arquivo pessoal.	45
FIGURA 8 – Ilustração da instalação do tubo de acrílico transparente utilizado para inserção da sonda com a câmara do <i>minirhizotron</i> em um cultivo de milho (Adaptado de Smucker (1990)).	47
FIGURA 9 – Imagens ampliadas das raízes do meloeiro captadas por meio do <i>minirhizotron</i> . Fonte: arquivo pessoal.	47

FIGURA 10 – Valores diários de precipitação (P), irrigação (Irrig = 0,8 ETc) e evapotranspiração de referência (ET _o) em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no período primavera/verão de 2008, em Évora, Portugal.....	51
FIGURA 11 – Valores médios da umidade volumétrica do solo – medida com sonda TDR – na profundidade de 0,10 m para a posição do gotejador (a) e entre os gotejadores (b), em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.....	53
FIGURA 12 – Evolução dos valores médios da tensão da água no solo, medida com tensiômetros <i>Watermark</i> , na profundidade de 0,40 m em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura o solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.	55
FIGURA 13 – Valores médios do número de folhas (NF) (a), índice de área foliar (IAF) (b), percentagem de massa seca na massa verde (%MS) (c) e massa seca acumulada (MS) (d) em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.....	57
FIGURA 14 – Intensidade radicular (IR), obtida pelo método do <i>minirhizotron</i> , para as determinações realizadas aos 77 dias após o transplante (DAT) (a,b), aos 85 DAT (c,d) e aos 99 DAT (e,f) no meloeiro cultivado no período de primavera/verão de 2008, em Évora, Portugal. Para cada determinação, os valores foram medidos nas posições de 0,10 e 0,40 m distante da planta em direção à entrelinha para as diversas camadas de solo. C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.	64
FIGURA 15 – Densidade radicular (DR), obtida pelo método do trado manual, para as determinações realizadas aos 77 dias após o transplante (DAT) (a), aos 85 DAT (b) e aos 99 DAT (c, d) no meloeiro cultivado no período de primavera/verão de 2008, em Évora, Portugal. Para cada determinação, os valores foram medidos nas posições de 0,10 e 0,40 m distante da planta em direção à entrelinha para as diversas camadas de solo. C = irrigação	

superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo. 65

FIGURA 16 – Valores médios da produtividade ($t\ ha^{-1}$) e número de frutos comerciais (frutos ha^{-1}) em cada colheita em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no período de primavera/verão de 2008 em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo. 68

FIGURA 17 – Produtividade total de frutos comerciais e não comerciais de melão ($t\ ha^{-1}$) cultivado no período de primavera/verão de 2008 em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo. Obs: médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. 70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Características físicas e químicas do solo em que foi instalado o experimento de meloeiro na Herdade de Mitra, Évora, Portugal.....	34
TABELA 2 – Datas de ocorrência dos estádios de desenvolvimento – transplante (T), início da floração (IF), início da colheita (IC) e final da colheita (FC) – e duração (em número de dias) dos respectivos subperíodos de desenvolvimento do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal.	41
TABELA 3 – Intensidade radicular (IR) do meloeiro em função dos dias após o transplante (DAT) para as medições efetuadas na posição 1 (0,10 m distante da planta em direção à entrelinha), na posição 2 (0,40 m) e o valor total de IR (soma das posições 1 e 2) no verão de 2008, em Évora, Portugal.	61
TABELA 4 – Valores médios das características físico-químicas e massa fresca dos frutos de melão rendilhado em diferentes manejos do sistema de irrigação em Évora, Portugal, 2008.	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 HIPÓTESES	12
3 OBJETIVO	12
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1 Cultura do melão	13
4.2 Conjuntura comercial do melão.....	15
4.3 Consumo de água do meloeiro.....	16
4.4 Coberturas do solo.....	17
4.5 Manejo do sistema de irrigação por gotejamento	20
4.6 Monitoramento da umidade do solo	25
4.5 Sistema radicular	27
5 MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1 Área experimental e clima	34
5.2 Tratamentos e delineamento experimental	35
5.3 Preparo do solo e adubação	36
5.4 Instalação e manejo da irrigação	37

5.5 Distribuição da água no solo.....	39
5.6 Condução da cultura	39
5.7 Variáveis determinadas.....	40
5.7.1. Fenologia	40
5.7.2. Crescimento vegetativo das plantas do meloeiro	41
5.7.3 Sistema radicular	42
5.7.3.1 Determinação da densidade radicular pelo método destrutivo.....	42
5.7.3.2 Determinação da intensidade radicular pelo método não destrutivo.....	44
5.7.4 Rendimento e qualidade de frutos	48
5.7.5 Eficiência no uso da água de irrigação (EUAI).....	49
5.8 Análise estatística dos dados.....	49
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
6.1 Umidade do solo.....	50
6.2 Crescimento e desenvolvimento das plantas de meloeiro	56
6.3. Crescimento radicular do meloeiro	59
6.4 Produtividade, qualidade dos frutos e eficiência do uso da água de irrigação	65
7 CONCLUSÕES.....	72
8 REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada consome cerca de 69% da água doce utilizada no Brasil. Seja em grande ou pequena escala, é a atividade que mais consome água e que, na maioria das vezes, não é usada de forma eficiente.

Por ser um recurso natural escasso, limitado e de expressivo valor econômico, a água deve ser usada de forma racional. Estima-se que a segurança alimentar estará cada vez mais dependente da produção de alimentos provenientes da agricultura irrigada, com tendência a produzir mais com menor consumo de água. Para assegurar essa perspectiva é preciso que os sistemas de irrigação sejam sustentáveis, baseados na prática de tecnologias agrícolas adequadas, de forma que mantenham a qualidade dos recursos solo e água. Evitar desperdícios de água e manter altos níveis de produtividade, qualidade da produção e rendimento econômico é a principal conjunção de fatores inerentes à elaboração e execução de um projeto de irrigação.

A irrigação por gotejamento localizado confere um avanço tecnológico nas áreas de cultivo e tem se mostrado bastante eficiente para o aumento da produtividade em comparação a outros métodos de irrigação (OLITTA et al., 1978; BATISTA et al., 2009). Para melhorar ainda mais a eficiência do uso da água no gotejamento, pode-se cobrir o solo com filme plástico, principalmente com os de polietileno de baixa densidade opaco preto. Essa técnica de cobertura do solo é conhecida como *mulching* e possui como principais vantagens a redução da evaporação da água na superfície do solo e o controle de plantas daninhas. O gotejo subsuperficial, com enterrio dos gotejadores, tem efeito semelhante ao da cobertura do solo com plástico. A diferença é que, nesse método, a água da irrigação, que serve também para a aplicação de nutrientes, é fornecida diretamente na zona radicular das plantas, o que mantém a superfície do solo seca e evita perdas por escoamento superficial. Além disso, esse método favorece a produção de frutos de boa qualidade, como é o caso do meloeiro, *Cucumis melo* L, pois evita o contato direto do fruto com o solo úmido pela água da irrigação.

As espécies hortícolas e frutíferas, por serem consideradas culturas de alto retorno econômico, são diretamente beneficiadas pelo uso da irrigação. Dentre as espécies frutíferas, o meloeiro, destaca-se pela grande participação em volume e valor comercializado no mercado brasileiro e externo. É uma das frutas brasileiras mais valorizadas no mercado internacional, com expressivos volumes exportados anualmente, substancialmente produzidos

no nordeste do Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2009). O Rio Grande do Sul também participa na produção nacional de melão, porém, o rendimento médio regional ainda é muito baixo ($6,3 \text{ t ha}^{-1}$) se comparado à média nacional, que alcança $22,0 \text{ t ha}^{-1}$, ou com a média do estado maior produtor, o Rio Grande do Norte, com $28,8 \text{ t ha}^{-1}$ (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2006).

Tal como em outros sistemas irrigados, no meloeiro também busca-se aplicar o conhecimento básico para manejar a irrigação e refinar essa técnica para torná-la mais eficiente. Isso decorre do fato de que o volume irrigado e o intervalo entre cada aplicação de água são estabelecidos em função de uma série de fatores relativos à planta, ao solo e ao clima da região. É recorrente o produtor repor a água de forma empírica, sem nenhum referencial a real necessidade hídrica da cultura, desencadeando uma série de problemas, como estresse fisiológico e favorecimento à proliferação de patógenos, devido ao desequilíbrio hídrico da planta causado pelo ambiente.

A compilação de informações que orientem a irrigação é fundamental para que esta técnica consiga se manter sustentável e viável economicamente. O sistema radicular da planta corrobora fundamentalmente no manejo de sistemas de irrigação, por definir o volume de solo que será explorado para absorção de água e nutrientes. O enraizamento pode estar diretamente ligado à capacidade fotossintética, uma vez que o abastecimento de água em resposta à demanda hídrica atmosférica é proveniente do meio radicular (ITOH et al., 2009). Portanto, é relevante que seja conhecida a dinâmica do crescimento radicular, tanto em relação à profundidade efetiva das raízes, quanto à distribuição horizontal, principalmente onde se faz uso de *mulching*, porque existem significativas variações entre espécies, cultivares, fases de desenvolvimento, forma de condução das plantas e espaçamento entre os mesmos. Inclusive o sistema de irrigação e, principalmente, seu manejo, poderão exercer influência na distribuição radicular da planta. Como exemplo tem-se, a própria irrigação localizada, em que a concentração de raízes pode ser maior em um único ponto.

2 HIPÓTESES

O enterrio dos gotejadores evita o excesso de umidade na superfície do solo, proporcionando menores perdas de água por evaporação e melhorando a qualidade dos frutos, pelo não contato dos mesmos com a superfície úmida do solo como ocorre na irrigação superficial.

A cobertura do solo nas linhas de cultivo com plástico, na irrigação por gotejo superficial, evita perdas de água por evaporação e conserva a umidade do solo. A presença do plástico impede o contato dos frutos com o solo, o que proporciona melhor qualidade. E o microclima formado sob a cobertura plástica do solo favorece o crescimento vegetativo e radicular das plantas e, conseqüentemente, maior produção de frutos.

3 OBJETIVO

Objetivou-se verificar a influência da posição dos gotejadores e da cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico na conservação da umidade do solo, no crescimento final de raízes e na produtividade e qualidade do melão irrigado por gotejo localizado.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cultura do melão

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma olerícola muito apreciada e popular entre os povos ao redor do mundo. Na bibliografia, menciona-se que é originária da África e da Ásia, pertencente à família botânica das cucurbitáceas, de porte herbáceo e que pode ser cultivada de forma tutorada ou rasteira. Os frutos são constituídos de 90% de água e ricos em vitaminas A, C e E, além de sais minerais e propriedades antioxidantes (MELO et al., 2008). Os frutos podem ser encontrados nos formatos redondo, oval ou alongado, com casca lisa, enrugada ou rendilhada. Medem em torno de 20 a 25 cm de diâmetro e pesam de 1 a 4 kg, dependendo do tipo e da cultivar. A polpa dos frutos varia conforme o tipo de melão, sendo observada a coloração branca, amarelada, esverdeada, laranja e salmão.

No Brasil, o melão é conhecido desde o século XVI, quando foi trazido, provavelmente pelos escravos, para as regiões canavieiras do nordeste brasileiro. Mais tarde, com os imigrantes europeus, teve início a expansão da cultura nas regiões Sul e Sudeste (MOREIRA et al., 2009). Os híbridos e cultivares comerciais pertencentes à espécie *Cucumis melo*, grupo Inodorus e grupo Cantaloupensis, são os mais cultivados.

Os melões do grupo Inodorus caracterizam-se por produzirem frutos sem aroma, com a casca lisa ou levemente enrugada e coloração variável entre amarela, branca ou levemente verde-escuro. A polpa é geralmente espessa, com cerca de 20 a 30 mm e a coloração varia de branco a verde-claro. Podem ser conservados por até 30 dias após a colheita, são resistentes ao transporte, e, na maioria das vezes, os frutos são maiores e mais tardios se comparados aos do grupo Cantaloupensis. Destacam-se nesse grupo os melões amarelos e os pele-de-sapo (COSTA et al., 2000).

Os melões do grupo Cantaloupensis, mais aromáticos e adocicados, são mais consumidos no mercado externo (SILVA, 2002). Podem apresentar a casca recoberta por rendilhamento corticoso, de coloração ligeiramente amarelada a esverdeada e representados pelos tipos Cantaloupe, Gália, Charentais e Orange Flesh (FILGUEIRAS et al., 2000). Especificamente para o tipo Gália, alvo neste estudo, salienta-se que são de origem israelense,

aromáticos e pouco reticulados. Caracterizam-se pela forma arredondada dos frutos e coloração variando de verde a amarela quando o fruto está maduro. Em geral o peso dos frutos situa-se entre 0,7 e 1,3 kg e a polpa é branco-esverdeada (CRISÓSTONO et al., 2002).

Em relação às condições meteorológicas favoráveis ao cultivo do meloeiro, a temperatura, a umidade relativa do ar e a radiação solar são os elementos que mais afetam a produtividade e a qualidade comercial, influenciando diretamente na sua distribuição geográfica e nas épocas de cultivo. Embora a condição meteorológica representada por alta disponibilidade de radiação solar e pouca precipitação seja comumente encontrada no nordeste brasileiro, não se exclui o cultivo em outras regiões, especialmente na época de primavera/verão como é o caso do Rio Grande do Sul. No entanto é preciso escolher a variedade ou híbrido e a época de plantio que sejam mais adequadas para estas regiões.

A faixa de temperatura do ar ideal para o bom desenvolvimento do meloeiro é de 20 a 30 °C, podendo chegar a 35 °C (COSTA et al., 2000). A temperatura influencia diretamente no teor de açúcar, no sabor, no aroma e na consistência dos frutos, características que são decisivas no momento da comercialização. As temperaturas abaixo de 12 °C, os ventos frios e as geadas são condições em que o crescimento vegetativo é prejudicado, podendo até sofrer paralisação (SENAR, 2007).

A umidade relativa do ar considerada ótima para o desenvolvimento do meloeiro, conforme Brandão Filho; Vasconcelos (1998) está situada entre 65% e 75%. Valores acima desta faixa favorecem a disseminação de patógenos causadores de doenças, com implicações na formação de frutos de má qualidade.

A radiação é um dos elementos meteorológicos que exerce grande influência na cultura do melão. É importante para os processos fotossintéticos relacionados com o acúmulo de área foliar, fixação de frutos e seu teor final de açúcar e coloração da casca. O encurtamento do período de disponibilidade de radiação solar tem ação direta na redução da área foliar. Cabello (1990) afirma que a luminosidade é muito importante para a cultura do melão e que os valores de brilho solar superiores a 12 horas por dia favorecem o desenvolvimento e a qualidade dos frutos do meloeiro. Gihel et al. (2008) atribuíram os baixos valores de sólidos solúveis totais à diminuição na disponibilidade de radiação solar, principalmente durante o período de maturação dos frutos. Sob condições de alta irradiação, o crescimento do meloeiro aumenta em razão do melhor desempenho na síntese e alocação de fotoassimilados (SILVA et al., 2003). Carneiro Filho (2001) encontrou maior comprimento de hastes e de entrenós em melão Cantaloupe sob condições de campo, em pleno sol, em relação ao cultivo sob estufa plástica.

Quanto às características do solo, o meloeiro prefere os de textura franco-arenosa a areno-argilosa, profundos, ricos em matéria orgânica, bem estruturados, aerados e drenados, que favorecem o estabelecimento do sistema radicular e a infiltração da água (SOUSA et al., 1999). É moderadamente tolerante à salinidade, sendo uma das cucurbitáceas mais exigentes em correção do pH do solo, o qual é considerado ótimo quando situado entre 6,4 e 7,2 (FILGUEIRA, 2000).

O crescimento radicular do meloeiro é volumoso, com as raízes desenvolvendo-se até a extensão de suas ramas, podendo atingir 1,2 m de profundidade (MONTEIRO, 2007). Entretanto, a profundidade efetiva do sistema radicular situa-se nos primeiros 30 a 50 cm da superfície do solo. Sendo assim, o ideal é que os fertilizantes e a água de irrigação sejam fornecidos prioritariamente nessa camada de solo, para que o meloeiro alcance o máximo de seu potencial produtivo. Porém, mesmo em solos rasos, torna-se viável o cultivo do meloeiro, sobretudo quando se faz uso da irrigação por gotejamento, que limita o desenvolvimento de raízes dentro de um bulbo molhado (SILVA et al., 2000), desde que a irrigação seja feita com maior frequência para atender a demanda de água por evapotranspiração.

4.2 Conjuntura comercial do melão

Em nível mundial, conforme dados da FAO (2007), o cultivo de melão em 2005 ocupou uma área de 1,24 milhões de hectares, com uma produção de 27,5 milhões de toneladas de frutos e produtividade média mundial de 22,1 t ha⁻¹.

A Secretaria de Comércio Exterior (Secex), órgão do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, informou que o Brasil exportou 211,7 mil toneladas de melão em 2008, com crescimento de 3,6% em relação ao ano anterior. Quanto ao faturamento, houve acréscimo de 18,6% e os embarques fecharam em US\$ 152,1 milhões. Com relação à produção, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contabiliza que em 2007 foram colhidas aproximadamente 500 mil toneladas de melão, com aumento de 3,2% da área plantada entre 2006 e 2007, abrangendo uma área de 22.048 hectares e gerando divisas e emprego de mão de obra nas regiões produtoras.

O nordeste brasileiro, por oferecer condições climáticas favoráveis para o cultivo durante o ano todo, contribui com altas produtividades e qualidade de frutos, colocando o melão como a segunda fruta fresca mais exportada na balança comercial brasileira, situando-

se atrás apenas da uva (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2009). Em função disso, mais de 90% da produção brasileira se concentra na região nordeste, com predomínio do cultivo a céu aberto, sendo os estados maiores produtores o Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Sul (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2009).

Nos últimos anos houve grande expansão da produção dos melões no centro-sul do Brasil, inclusive em ambiente protegido, especialmente dos melões nobres (grupo *Cantalouppensis*), o que requer informações técnicas sobre o manejo e comportamento da cultura nesse sistema de cultivo. Predominantemente, os cultivos são com meloeiros do grupo *Inodorus* tipo amarelo (COSTA et al., 2000), que ocupam 70% das áreas cultivadas. Nas últimas safras os indícios são de que as áreas cultivadas com meloeiros considerados nobres, como os rendilhados, estejam em gradativo aumento (BRASIL, 2003).

Os melões do grupo *Cantalouppensis*, rendilhados, foram introduzidos no Brasil na segunda metade da década de 80 (BRANDÃO FILHO; VASCONCELOS, 1998). Atualmente, tem aumentado a área cultivada com melões rendilhados, vinculada a boa cotação comercial e possibilidade de cultivo em pequenas áreas mantendo a lucratividade para o olericultor (RIZZO, 2004). Além disso, tem a maior preferência dos consumidores, que são atraídos pelas características dos frutos como alto teor de sólidos solúveis, responsáveis pelo sabor adocicado, e aspecto visual, que os diferenciam dos outros tipos de melões existentes no mercado. A qualidade nutricional, igualmente, tem contribuído favoravelmente para o consumo destes, pois são boas fontes de betacaroteno (LESTER, 1997).

4.3 Consumo de água do meloeiro

A água que é perdida em uma área cultivada, por meio dos processos de evaporação da superfície do solo e transpiração das plantas, é denominada de necessidade hídrica do cultivo (ALLEN et al., 1998) ou de evapotranspiração, como usualmente é expressa (DOOREMBOS; KASSAN, 1979). A evapotranspiração é variável e dependente da magnitude da variação dos elementos meteorológicos, condicionantes da demanda hídrica atmosférica, da disponibilidade hídrica no solo, do grau de cobertura do solo pela área foliar e das características morfofisiológicas da espécie cultivada.

O meloeiro é estritamente influenciado pela disponibilidade de água no solo. É uma

cultura muito sensível ao déficit ou excesso hídrico e como a maioria dos cultivos, apresenta necessidades hídricas variáveis no decorrer do ciclo. Conforme Pinto et al. (1994), o período de maior exigência hídrica se estende desde o desenvolvimento dos ramos até o início da frutificação, salientando que durante a fase de maturação, o excesso de água pode prejudicar a qualidade dos frutos. Para o meloeiro irrigado por gotejamento, Dusi (1992) recomenda que a frequência de irrigação deve ser diária e de baixa intensidade no período que se estende da sementeira até a emergência das plantas e que seja reduzida, no período da frutificação, porém com maior intensidade de irrigação.

Sob condições de ambiente protegido e com cobertura do solo nas linhas de cultivo com plástico, nos anos de 1996, 1997 e 1998, Caron; Heldwein (2000) determinaram um consumo de água para o meloeiro de 209,6, 166,8 e 159,1 mm, respectivamente, com a maior média diária situada em 3,0 mm para o subperíodo do início da floração ao início da colheita. A variação entre os anos deveu-se às diferenças de disponibilidade de radiação solar e umidade relativa do ar. Monteiro (1995) contabilizou uma lâmina de irrigação de 135,0 mm para todo o ciclo do meloeiro em Piracicaba-SP, confirmando que sob cultivo protegido e com a cobertura plástica o consumo de água é baixo se comparado aos cultivos a campo. Conforme Allen et al. (1998), o uso das coberturas do solo, principalmente as sintéticas, nos cultivos de espécies olerícolas podem reduzir a necessidade de irrigação entre 5 e 30%. Em Mosoró – RN, a cobertura do solo com filme plástico reduziu o consumo hídrico do meloeiro em 18% (MEDEIROS et al., 2005).

4.4 Coberturas do solo

O uso de plásticos na agricultura constitui-se em uma tecnologia que vem se intensificando desde a segunda guerra mundial atrelada a necessidade de contornar obstáculos à produtividade das culturas, especialmente com as olerícolas, para as quais o uso da plasticultura é mais intensivo. Predominantemente se utilizam plásticos no cultivo em estufas, mas essa técnica se estende a outras finalidades como a própria cobertura do solo, técnica também conhecida como *mulching*.

A cobertura do solo pode ser realizada com materiais sintéticos como os filmes plásticos ou resíduos orgânicos, como as palhas, acompanhando o cultivo por todo o ciclo. Esses materiais contribuem para a manutenção da temperatura e umidade no solo, reduzem

perdas de água por evaporação, aumentando a capacidade de armazenamento hídrico no solo, evitam ou pelo menos controlam a ocorrência de ervas daninhas e desta forma podem ser coadjuvantes do aumento no rendimento dos cultivos assim manejados (CANTERO-MARTINEZ et al., 1995). Conforme Streck et al. (1994), o *mulching* consiste na aplicação de qualquer cobertura na superfície do solo e constitui uma barreira física à transferência de energia e vapor de água para a atmosfera. Independentemente de sua natureza, a cobertura do solo é considerada uma medida eficaz para conservar a umidade do solo, contudo a existência da cobertura também irá afetar a temperatura do solo, que por sua vez, influencia no crescimento das culturas. No caso de cultivos de inverno, a cobertura pode manter a temperatura do solo mais elevada, favorecendo o desenvolvimento inicial das plantas, porém na medida em que o índice de área foliar aumenta, o efeito da cobertura do solo passa a ser reduzido (SHEN et al., 2007). Para Ramakrishna et al. (2006), a cobertura do solo com polietileno é capaz de aumentar a temperatura do solo em cerca de 6 °C a 0,05 m de profundidade e de 4 °C a 0,10 m de profundidade, sendo que em geral todos os tipos de cobertura conseguem reduzir ou evitar a evaporação de água, retendo a umidade do solo e controlar as plantas daninhas.

Há uma vasta diversidade quanto aos tipos de materiais sintéticos que podem ser empregados como coberturas do solo, destacando-se o filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) que é o mais utilizado para aquecimento, variando de acordo com a finalidade, em espessura, coloração ou adição de substâncias que conferem características especiais. A cobertura com PEBD preto apresenta vários efeitos benéficos na produção de hortaliças em regiões temperadas, incluindo também o aumento da temperatura do solo em menor grau que os transparentes, a conservação da sua umidade, textura, fertilidade, controle de plantas daninhas, pragas e doenças (HANADA, 2001).

O tipo de material poderá interferir na variação da temperatura e balanço de radiação no solo. Por exemplo, os solos cobertos com plásticos transparentes geralmente apresentam maior temperatura, se comparados aos opacos, seguidos pelos plásticos pretos e os brancos (HAYNES, 1987). Na Região Sul do Brasil, Streck et al. (1995) também evidenciaram esta diferenciação quanto ao aquecimento entre os tipos de material utilizados para a cobertura do solo. Ainda, Streck et al. (1994) demonstraram que os plásticos opacos (preto, branco e coloridos, papel, resíduos de petróleo, asfalto e palha) diminuem o fluxo de calor do solo e a amplitude diária da temperatura do solo. No caso das coberturas transparentes e translúcidas, a elevação da temperatura é proporcionada pela maior radiação líquida na superfície, que conseqüentemente, aumenta o fluxo de calor para o solo e, desta forma as temperaturas

mínima e máxima são superiores que no solo sem cobertura. Essas mudanças de temperatura do solo, do ar, do balanço de água no solo e da disponibilidade de nutrientes são os principais fatores a que se atribuem o maior crescimento e incrementos no rendimento dos cultivos com solo coberto em comparação com o solo nu (HAYNES, 1987). Os plásticos preto, azul e vermelho absorvem mais radiação solar e transferem mais energia na forma de calor sensível para o ar se comparado ao verde, amarelo e o branco (STRECK et al., 1997). Neste sentido os escuros devem ser usados com cuidado nos meses mais quentes para prevenir danos causados pelo calor, principalmente nas plantas jovens.

Conforme Lamont (1993), com a técnica do *mulching*, ocorre precocidade de produção, aumento da produtividade, menor compactação do solo e redução de plantas daninhas. Na maioria das vezes, as taxas de crescimento das culturas e o rendimento aumentam com o uso de coberturas plásticas no solo (ALLEN et al., 2007). Mahajan et al. (2007) evidenciaram maior eficiência no uso da água e rendimento para o milho cultivado com a cobertura do solo por plástico ou palha de arroz, benefícios resultantes de um aumento na temperatura mínima do solo, crescimento inicial acelerado, maior frutificação das plantas e satisfatório controle de plantas daninhas, sem qualquer aplicação de herbicidas. Tolk et al. (1999) mostraram, também na cultura do milho, que mesmo o uso de restos vegetais para a cobertura do solo aumentam a eficiência no uso da água por reduzirem as perdas por evaporação.

As coberturas plásticas reduzem substancialmente a evaporação de água na superfície do solo, especialmente em sistemas de irrigação por gotejamento. No entanto, associado a redução na evaporação, geralmente, ocorre aumento na transpiração das plantas causada pela transferência de calor sensível e radiação da superfície do plástico para vegetação adjacente. Quanto a largura da cobertura plástica no solo, Streck et al. (1995) mencionam que as coberturas de maior largura aumentam mais a temperatura do solo em relação a coberturas menos largas e não recomendam usar coberturas menores do que 0,50 m de largura.

Quanto a utilização de cobertura morta sobre o solo, como os restos vegetais, estas também auxiliam no controle de plantas daninhas e na conservação do teor de umidade superficial do solo (OLIVEIRA et al., 2003). Mais precisamente, a cobertura morta pode reduzir a temperatura no perfil do solo, em relação ao solo nu e quanto maior a densidade da cobertura morta sobre o solo, menor é transferência de calor e a temperatura no perfil do solo (GASPARIM et al., 2005). A alface cultivada com a cobertura do solo por agrotêxtil branco teve menor percentagem de folhas danificadas pela geada, produzindo maior quantidade de massa fresca e biomassa; por outro lado a cobertura com agrotêxtil preto diminuiu a

incidência de plantas daninhas permitindo um aumento na massa fresca média de 22,12% (REGHIN et al., 2002). Almeida et al. (2009), concluíram que o uso de cobertura do solo com material orgânico, como acícula de pínus e serragem nova (serragem de pínus de indústria madeireira) propiciam maiores teores de umidade no solo em comparação com a cobertura com plástico preto e ausência de cobertura, porém as maiores temperaturas no solo foram encontradas sob o plástico preto. Mencionam ainda que o uso das coberturas orgânicas promove maior quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana em comparação com a cobertura plástica e especialmente o plástico preto promove menor lixiviação de nitrato se comparado com o solo descoberto. No norte da Índia, Sekhon et al. (2008) utilizaram a cobertura do solo com palha de arroz no cultivo de pimentão e confirmaram esses benefícios, obtendo maior rendimento, também atribuído ao regime hidrotérmico do solo mais favorável sob a cobertura vegetal, maior umidade no perfil e menor biomassa de plantas daninhas.

4.5 Manejo do sistema de irrigação por gotejamento

A agricultura em nível mundial utiliza cerca de 70% de toda a água doce consumida, a qual é retirada de fontes como rios, lagos e aquíferos subterrâneos (CHRISTOFIDIS, 1997). Baseado nessa informação é considerada a atividade que mais consome água. Não fugindo a este panorama mundial, no Brasil, de toda a água consumida, 69% são destinados para a agricultura irrigada (CEBDS; ANNA, 2006).

A irrigação tem por finalidade atender as necessidades hídricas dos cultivos e, dependendo das regiões em que se pretende cultivar, poderá ser usada de forma complementar ou contínua. A técnica vem sendo melhorada para não deixar a agricultura apenas a mercê das condições meteorológicas vigentes, o que limitaria em muito o potencial produtivo. O seu uso proporciona maior produtividade e qualidade da produção, e, conseqüentemente, poderá gerar maior lucro ao produtor. Além disso, demanda mais mão de obra, gerando empregos e esses são os mais expressivos impactos socioeconômicos, paralelos a esta atividade.

Os sistemas de irrigação localizada são de grande importância no cenário agrícola brasileiro, com aplicações voltadas principalmente para a fruticultura, horticultura e fertirrigação (MATOS et al., 1999). A fruticultura irrigada vem sendo implantada como uma opção viável para muitas regiões, principalmente aquelas que seriam inaptas pela escassez de água. A exemplo disso, existem cerca de 30 pólos de fruticultura irrigada espalhados por todo

o Brasil, abrangendo mais de 50 municípios (BARBOSA, 2006). Merecem destaque os cultivos de meloeiro irrigado, considerado o maior empreendimento do agronegócio do nordeste brasileiro, por ser esta região a principal responsável por manter o Brasil como um dos maiores exportadores mundiais desta fruta. Na região sul do Brasil, a Campanha Gaúcha recebeu um grande incentivo governamental para o cultivo do meloeiro irrigado por gotejamento, pelas condições climáticas peculiares que favorecem o crescimento e a produção com qualidade de muitas de suas variedades (SEBRAE, 2009).

Os principais sistemas de irrigação localizada são o gotejamento, a microaspersão e o gotejamento subsuperficial. O sistema de irrigação por gotejamento aplica água, por meio de emissores, que geralmente são gotejadores, em apenas parte da área, reduzindo a superfície do solo que permanece molhada e exposta às perdas por evaporação. É um sistema vantajoso pela maior eficiência no uso da água, porque fornece a quantidade de água necessária às plantas individualmente e sobre um volume limitado da zona radicular. Existem várias razões para o uso da irrigação localizada na fruticultura, como econômicas, irrigação de hortaliças e frutíferas que exigem espaçamentos entre fileiras superiores a 0,80 m (SILVA; MAROUELLI, 2006); tem flexibilidade de utilização, tanto em cultivos a campo como em ambiente protegido, podendo ser instalada na superfície do solo ou enterrada, sob coberturas de solo por plástico ou material orgânico (SILVA; MAROUELLI, 2006); por permitir aplicações frequentes de água, mantendo o solo com teor de umidade adequado ao crescimento e desenvolvimento do vegetal; pode se ajustar aos diferentes tipos de solo e topografia e evita o molhamento da parte aérea das plantas (GOLDBERG; SHMUELI, 1970; OLITTA et al., 1978).

A irrigação localizada pode ser classificada de acordo com a posição de instalação da linha de gotejadores. É designado de gotejamento localizado superficial quando os gotejadores se encontram na superfície do solo, e gotejamento subsuperficial, quando os mesmos são instalados abaixo da superfície do solo, ou seja, enterrados. O gotejo superficial constitui o método de aplicação mais utilizado entre os sistemas por gotejamento, sendo vantajoso no sentido da facilidade de instalação, inspeção, mudança de posição e limpeza dos emissores, além da possibilidade de verificação dos padrões de umidade na superfície do solo e da medida da vazão dos emissores, individualmente (NOGUEIRA et al., 2000). O enterrio dos gotejadores pode melhorar ainda mais a eficiência do gotejo localizado, maximizando algumas de suas vantagens (MACHADO; OLIVEIRA, 2007) e também pode ser utilizado em um grande número de cultivos, inclusive no meloeiro. A sua utilização está aumentando, indo além de ser uma novidade empregada apenas pelos pesquisadores, tornando-se um método

aceitável de irrigação tanto para culturas perenes como anuais (AYARS et al., 1999). O interesse por esse sistema cresce devido ao aumento da produção, da eficiência do uso da água e dos nutrientes.

A maior difusão da técnica do gotejo subsuperficial tem ocorrido nas regiões em que o solo tem grande escassez de água e/ou em locais sob condições climáticas determinantes de grande evapotranspiração (GORNAT; NOGUEIRA, 2003). Ainda, apresenta benefícios significativos em termos de economia de água pela maior eficiência no seu uso (BATHARRAI et al., 2006).

Em comparação com outros métodos, a irrigação por gotejo é a mais indicada e a que geralmente é utilizada nos cultivos de meloeiro irrigado. Principalmente os resultados positivos em termos de produtividade e qualidade se devem ao melhor aproveitamento da água e nutrientes que se mantem depositados o mais próximos possíveis da zona radicular e pelo não molhamento da parte aérea das plantas, reduzindo os riscos de incidência de doenças. A produtividade comercial do meloeiro nessa condição pode ser até 35% maior do que na irrigação por sulcos (ANTUNEZ et al., 2009). Pinto (s/d) verificou produtividade 120% maior com a aplicação de 44,6% menos água no meloeiro irrigado por gotejo em comparação com a irrigação pelo método dos sulcos. Leskovar et al. (2001) encontraram em média uma redução na ordem de 53% na água aplicada e a eficiência no uso da água 2,3 vezes maior para os sistemas de irrigação por gotejo em relação aos sistemas convencionais irrigados por sulco, e em todas as estações que realizaram o cultivo do meloeiro. Esses autores também encontraram maiores rendimentos de frutos comercializáveis para os sistemas de gotejo subsuperficial em relação aos sistemas de irrigação por sulcos, com ou sem a cobertura plástica. Esse resultado também foi confirmado por Folegatti et al. (2004), que obtiveram as menores colheitas de frutos do melão tipo Cantaloupe na irrigação superficial.

A irrigação por gotejo pode ser ou não associada à cobertura do solo por filmes plásticos, técnica que é cada vez mais presente nos cultivos de frutas e hortaliças. Os tipos mais viáveis de cobertura plástica são os coloridos e opacos, destacando-se o polietileno de baixa densidade opaco preto. A cobertura com material orgânico é mais barata, porém, menos eficiente para fins de irrigação. A cobertura total da área, ou somente das linhas de cultivo, diminuem a evapotranspiração, conservando a umidade no solo e, conseqüentemente, contribuem para a redução do consumo de água e frequência de irrigação (CARON; HELDWEIN, 2000).

Conforme Medeiros et al. (2006), a cobertura do solo com *mulching* proporciona redução da necessidade hídrica do cultivo do meloeiro. Também melhora o controle de

plantas invasoras nas linhas, dispensando as capinas ou pelo menos reduzindo a aplicação de herbicidas. Também se observa maior desenvolvimento vegetativo, maior produtividade total e comercial e teor de sólidos solúveis totais (SILVA, 2002), maior firmeza de polpa (ARAÚJO, 2000) e redução da produção de frutos não comerciais (FERREIRA, 2001).

Em estufa plástica, Monteiro et al. (2008a) e Monteiro et al. (2008b), testaram tipos de cobertura do solo e profundidades do gotejamento para o melão rendilhado, verificando que o uso do plástico associado a menor profundidade de gotejo (0,20 m) aumentaram o peso, o diâmetro longitudinal e a espessura de polpa dos frutos, a taxa de crescimento diário da altura das plantas, a produção por planta e, conseqüentemente, a produtividade, quando comparado ao gotejo superficial ou em subsuperfície em maiores profundidades (0,40 m) (MONTEIRO et al., 2008b).

A temperatura do solo em condições de cobertura por plástico pode manter-se mais constante e as perdas de nutrientes por lixiviação podem ser reduzidas, melhorando a eficiência no uso da água e a absorção de fertilizantes (BAKER et al., 1998). A atividade microbiana e a mineralização do nitrogênio orgânico são favorecidos pela maior temperatura e umidade do solo aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas nas camadas mais superficiais do solo (SAMPAIO et al., 1999). No caso de espécies de hábito de crescimento rasteiro como o meloeiro, e que são irrigadas por gotejo superficial, inevitavelmente ocorrerá o encharcamento quase que permanente da área irrigada e durante o tempo da irrigação geralmente se formam poças de água em que os frutos podem ficar alojados. Nessa situação, a cobertura protege os frutos do contato direto com o solo úmido, mantendo-os em condições menos favoráveis aos danos por pragas e doenças e assegurando a qualidade relacionada à aparência e maior conservação para a comercialização (NEGREIROS et al., 2005).

Em estudo desenvolvido por Morais et al. (2008), o número de folhas, o índice de área foliar máximo, a taxa de crescimento absoluto e a taxa de crescimento relativo para o meloeiro foram influenciados pela cobertura do solo. Os resultados se refletiram em maior produtividade comercial no solo coberto com plástico em comparação com o solo descoberto, porém, os autores ressaltam que não houve diferença significativa na produtividade para a cobertura do solo com diferentes cores de plástico. Ibarra et al. (2001) observaram que o meloeiro cultivado com a cobertura plástica do solo por filme de polietileno preto apresentou valores mais elevados de área foliar, fitomassa seca da parte aérea, taxa de crescimento relativo e rendimento total de frutos em relação ao cultivo em solo descoberto. No trabalho de Costa et al. (2002), a cobertura do solo com filmes de polietileno também rendeu maior

produtividade comercial e total em relação ao cultivo em solo descoberto. Esses resultados diferem dos encontrados por Negreiros et al. (2005) que não encontraram diferenças significativas na produtividade do meloeiro com a utilização de coberturas do solo. Cabe salientar que neste caso as condições meteorológicas ocorridas na época de cultivo foram decisivas na eficiência da irrigação, uma vez que Costa et al. (2002) cultivaram o meloeiro na época seca e Negreiros et al. (2005) no período chuvoso. Silva et al. (2005) e Medeiros et al. (2006) corroboram com os resultados até então encontrados na bibliografia de que é possível obter maiores produtividades e melhor qualidade de frutos do meloeiro sob o cultivo com a cobertura do solo por filmes plásticos.

Resultados de pesquisas indicam que o uso de coberturas do solo proporciona melhor emergência, crescimento e maturidade dos frutos para vários vegetais como o tomate e pepino (WOLFE et al., 1989), couve chinesa (HERNÁNDEZ et al., 1996) e beterraba (GIMENEZ et al., 2002). No norte da China, Wang et al. (2009) mostraram que a cobertura plástica do solo incrementou o peso dos tubérculos por planta de batata e a eficiência no uso da água. Para o pimentão, Iqbal et al. (2009) encontraram maior crescimento vegetativo, altura da planta, área foliar e produção de frutos nos cultivos com o solo coberto, do que no solo sem cobertura. Esses autores mencionam que o plástico aumentou de forma significativa a temperatura do solo e reduziu o número de dias para a emissão da primeira flor. Díaz-Pérez (2009) refere que no brócolis irrigado por gotejamento, a cobertura do solo por filme plástico aumentou a temperatura da zona radicular pelo acúmulo de graus dia no solo, com respostas positivas no rendimento desta cultura. No pepineiro, a cobertura do solo com filmes de polietileno proporcionou maior rendimento total, além de antecipar a colheita (IBARRA et al., 2004). Portanto, é evidente que o cultivo de hortaliças em solo coberto é uma prática muito difundida e vantajosa.

As observações descritas a partir da bibliografia para os mais diferentes cultivos podem ser uma das justificativas da precocidade dos frutos e da antecipação da colheita dos cultivos do melão sob coberturas do solo como mencionado por Ibarra et al. (2004). Neste sentido há indicativos de que a cobertura plástica pode ser usada pelos produtores para antecipar a produção, principalmente quando podem ser obtidos maiores preços para esses produtos se oferecidos antes da safra. Goldberg et al. (1976) anteciparam a colheita do melão cultivado com irrigação localizada em uma e duas semanas em relação às áreas irrigadas por sulcos e aspersão, respectivamente. Isso provavelmente aconteceu devido ao maior tempo de molhamento da parte aérea das plantas com a aspersão e o maior molhamento da superfície do solo, que aumenta a dissipação de energia na forma de calor latente em detrimento do calor

sensível (FONTANA et al., 1991), diminuindo a soma térmica em relação a irrigação por gotejo, principalmente quando a cobertura do solo pelo filme plástico atuar restringindo a evaporação.

4.6 Monitoramento da umidade do solo

A utilização racional dos recursos hídricos esta intimamente relacionada com o sistema água-solo-planta, sendo o monitoramento do teor de umidade no solo uma informação imprescindível ao correto manejo. A instrumentação voltada para a obtenção dos dados relativos aos níveis de água no solo se intensifica com o avanço das metodologias, principalmente em relação à evolução de equipamentos eletrônicos. A determinação da umidade do solo pode ser medida por métodos diretos, como o gravimétrico, o qual é o mais utilizado, e os indiretos que permitem a determinação instantânea da umidade, tornando-os mais adequados para quantificar a irrigação em tempo real. Os principais métodos indiretos baseiam-se em medidas como da termalização de nêutrons, resistência elétrica e reflectometria no domínio do tempo, técnica conhecida como “TDR” (Time Domain Reflectometry). Há uma grande difusão de equipamentos de determinação da umidade do solo baseados no princípio do TDR. É um método indireto que informa a umidade volumétrica do solo e se baseia na determinação da constante dielétrica do solo, a qual esta relacionada com a umidade volumétrica do solo (ZEGELIN et al., 1992; DIRKSEN, 1999). As sondas TDR são consideradas métodos exatos e portáteis, permitindo fazer as leituras automaticamente em condições de laboratório ou de campo, em qualquer direção no perfil do solo e no tempo real, além de não serem radiativos e não destruírem o solo amostrado e ainda possibilitarem a multiplicação de leituras (SOUZA et al., 2004; GOMIDE, 1998; COELHO; OR, 1996). Topp et al. (1982) e Topp; Davis (1985) mostraram as vantagens do uso da técnica de TDR nas aplicações de campo e a sua utilidade para as avaliações do movimento de água no solo, explorando as potencialidades e as diferentes configurações das sondas TDR. Souza (2002) demonstrou que a sonda TDR apresentou resultados promissores na determinação do dimensionamento do bulbo molhado, posição e vazão dos emissores em sistemas de irrigação por gotejo. A sonda TDR pode ser uma aliada para o entendimento da infiltração e distribuição sob diferentes manejos da água, podendo resultar em benefícios para o dimensionamento da irrigação por gotejo como, por exemplo, determinar o número de

emissores necessários e sua adequada localização. Os resultados de Souza et al. (2007) mostraram que a distribuição da umidade no perfil do solo pode ser amostrada pela sondas TDR para o gotejo superficial e subsuperficial.

Um detalhe fundamental é que esses métodos precisam ser calibrados devido às variações em função do tipo e sensibilidade dos sensores aos fatores ambientais, quanto a variabilidade espacial e tipos de solo, variação de temperatura e profundidades de medida. Bitelli et al. (2008) salientam que o TDR é um dos métodos mais difundidos para medida do teor de umidade no solo, porém apontam para a necessidade de correção dos valores de umidade em determinadas situações. Por exemplo, em solos com grande capacidade condutora, como os argilosos e solos salinos, com alta concentração de eletrólitos, são casos em que as leituras com o TDR podem ser superestimadas.

Pesquisas têm sido conduzidas com o intuito de aprimorar o método do TDR, principalmente em relação a sua calibração (CICÍLIO; SANTOS, 2009; COELHO et al., 2006; SOUZA et al., 2006; TRINTINALHA et al., 2004; VILLWOCK et al., 2004; SERRARENS et al., 2000). Topp et al. (1980; 1982) são uns dos precursores nos estudos relativos ao TDR e sua calibração, principalmente em relação a variabilidade nos resultados que são influenciados pelas características dos solos, mencionando a presença de matéria orgânica e óxidos de ferro no solo. Tomaselli et al. (1997) e Tomaselli; Bachi (2001) demonstraram que a curva de calibração geral, que vem embutida nos equipamentos de TDR comercializados, pode não ser válida para todos os tipos de solo, necessitando de uma curva de calibração para cada tipo de solo (SOUZA et al., 2006).

De acordo com Serrarens et al. (2000) a precisão das medidas com o TDR na maioria das vezes é controlada pela instalação da sonda, especificamente relacionada com o grau de contato físico entre a sonda e o solo. Neste sentido, quando o contato do solo com a sonda for incompleto, o ar faz com que as leituras sejam menores e isso pode acontecer em leituras realizadas na superfície de solos secos, como na irrigação subsuperficial. Trintinalha et al. (2001) menciona que diferenças de leituras com o TDR entre repetições podem não decorrer do equipamento em si e sim da condição de instalação, não sendo somente a calibração de cada sonda isoladamente a solução para uso adequado do TDR. Também é importante que haja o adequado contato entre solo e sonda para que a instalação não seja um fator que induza a erros de medida da umidade do solo realizada com o uso desta técnica.

Outra opção para medida da umidade no solo são os sensores *watermark*, os quais são formados por dois eletrodos embutidos em um molde. Seu funcionamento utiliza a resistência elétrica para medir o nível de umidade do solo e quando a eletricidade é aplicada, o material

do molde mostra uma resistência elétrica que muda com a variação do volume de umidade do molde. Esta mudança na resistência é lida e convertida em potencial de água do solo. Os *watermarks* possuem as vantagens de ser um sensor sólido, que não se deteriora em contato com o solo, não ser afetado por baixas temperaturas, possuir uma compensação interna para níveis de salinidade do solo e praticamente não apresentar problemas de manutenção. Também apresentam um custo relativamente baixo e podem funcionar consistentemente ao longo de um intervalo de tensão de água no solo a partir de 10 kPa a 200 kPa (LEIB et al., 2003). No entanto, esses sensores podem não responder às mudanças no potencial hídrico do solo maiores que 10 kPa e, desta forma, podem limitar seu uso nos casos em que as práticas de irrigação mantem uma baixa tensão de água no solo (TABER et al., 2002). Além disso, segundo McCann et al. (1992), não respondem adequadamente à rápida secagem ou reidratação do solo, mostrando comportamento histerético, o que pode levar a obter estimativas incorretas do real teor de água no solo nessas situações. O trabalho de Intrigliolo; Castel (2004) aponta para a alta variabilidade nos dados do potencial matricial de água no solo medido com os sensores tipo watermark, sendo esta uma situação problemática.

Outros trabalhos como os de Thompson et al. (2006) e Shock et al. (1998), destacam que os sensores de resistência elétrica necessitam de uma rígida calibração e que mesmo assim não apresentam a precisão exigida em trabalhos de pesquisa. No entanto, para o manejo de irrigação poderá ser uma alternativa interessante, pois muitas vezes a variabilidade espacial do solo e, conseqüentemente, o teor de água no solo variam mais do que o erro que o sensor apresenta. O uso dos sensores *watermark* parece ser útil quando se faz necessário apenas uma indicação relativa da umidade do solo e se forem seguidas as recomendações indicadas para sua utilização podem ser bem sucedidos para fins de irrigação em algumas culturas (TABER et al., 2002).

4.5 Sistema radicular

As informações relativas à dinâmica do crescimento das raízes das plantas auxiliam a orientação do manejo dos sistemas produtivos, especialmente os agrícolas, por desempenharem um papel vital na arquitetura da planta, no fornecimento de água e nutrientes para o crescimento vegetal e na armazenagem e ciclagem da matéria orgânica por meio do carbono presente nas raízes. A distribuição do sistema radicular depende de fatores relativos

ao solo, como a resistência mecânica, o teor de umidade, a aeração e a fertilidade. Para fins de irrigação, a profundidade efetiva das raízes é um dos parâmetros básicos nos projetos de planejamento e de manejo da água para as culturas, contribuindo para a definição do volume irrigado e dos turnos de rega. Conforme Machado et al. (2005), a melhor eficiência do uso da água na produção agrícola depende da dinâmica do enraizamento da cultura a ser irrigada. Para o fornecimento racional da água, é fundamental que se tenha as informações adequadas em relação aonde e como as raízes se encontram dispostas no perfil do solo, pois é necessário estabelecer um sincronismo entre o crescimento e desenvolvimento radicular com a disponibilidade de água e nutrientes no solo. O comprimento radicular total por unidade de área de solo está diretamente relacionado com a quantidade e a taxa de absorção de água pelas plantas (HAMBLIN; TENNANT, 1987).

No entanto, a compreensão sobre a fisiologia e a bioquímica da raiz ainda é pequena, principalmente devido a razões metodológicas (STRACK et al., 2001). A avaliação do volume explorado, do comprimento de raiz e da atividade radicular é tarefa difícil, encontrando-se grandes dificuldades nas técnicas de amostragem, como no dispêndio do tempo necessário, a pouca informação e a grande variabilidade dos resultados (MACHADO et al., 2003). Nos estudos sobre as raízes e suas interações com o solo, o método de quantificação destaca-se como o principal fator limitante, seja pela grande variabilidade espacial e temporal inerente aos sistemas radiculares ou pelo custo, precisão e tempo para análise. Principalmente a campo, a investigação de raízes é um trabalho considerado tedioso e que consome muito tempo.

Não existe um método capaz de atender a todas as expectativas do estudo de raízes e todos apresentam certas vantagens e limitações. Na bibliografia há uma grande quantidade de trabalhos que abordam a necessidade de implementar os métodos existentes e aproveitar as ferramentas disponibilizadas pela tecnologia digital e informática para obter resultados rápidos e precisos no estudo do sistema radicular das plantas. Newman (1966) aborda a dificuldade encontrada por diversos pesquisadores em estabelecer a melhor maneira de conseguir expressar os valores de raízes coletadas por amostragem de solo. Conforme Kücke et al. (1995), o uso de metodologias distintas pode levar a resultados discrepantes, indicando que não podem ser comparados diretamente, exigindo fatores de correlação para os resultados. Isso se deve ao fato de que os resultados são influenciados pela cultura, tipo de solo, época de amostragem, variabilidade de cada esquema de amostragem e tamanho das amostras, não existindo uma única forma de se avaliar raízes e sim a adequação de um método às condições locais.

Os métodos que possibilitam a amostragem de raízes são classificados basicamente em duas categorias, os destrutivos ou não destrutivos. Nos métodos destrutivos, baseados na amostragem (KUMAR et al., 1993) encontra-se a maior diversidade de metodologias, cuja avaliação da estrutura e padrões morfológicos das raízes, em condições de campo são baseadas na lavagem e separação das raízes do solo no ambiente onde crescem. São considerados diretos e com elevado nível de confiabilidade, porém, são demorados e exigem a destruição da amostra. Foram os métodos precursores, mais acessíveis e de simples execução, porém mais trabalhosos demandando mais tempo e mão de obra. Nesta categoria, destacam-se os métodos do trado, do anel volumétrico, da prensa com pregos, do bloco ou monólito e da trincheira ou paredes de perfil de solo (RODRIGUES et al., 1991; VASCONCELOS et al., 2003; FARONI; TREVELIN, 2006; SOUZA et al., 2008). Aliado a estes métodos e como alternativa para facilitar a etapa de medição radicular, o comprimento das raízes poderá ainda ser obtido por intersecção, conforme metodologia descrita por Tennant (1975) e difundida em muitos trabalhos, como por Rosolem; Marcello (1998), Witschoreck et al. (2003) e Ceconi et al. (2008).

As principais dificuldades encontradas nos métodos destrutivos são de ordem metodológica, e estão relacionadas à separação das raízes de interesse do solo, como por exemplo, a possibilidade de identificação e separação de raízes metabolicamente ativas ou não (GREGORY, 2006).

Os métodos não destrutivos são tecnologias mais recentes, que utilizam equipamentos associados ao processamento digital de imagens, como a tomografia computadorizada ou *scanner* (PAN et al., 1991; PERRET et al., 2007). Os equipamentos fornecem subsídios para análises automáticas diretamente no computador de parâmetros como o comprimento, área superficial, volume e visualização da distribuição do sistema radicular ao longo do perfil do solo.

Outras metodologias integram etapas de métodos destrutivos e não destrutivos. Essas acoplam o processamento de imagens aos métodos da trincheira ou parede de perfil de solo ou aos de lavagem de raízes (BASSOI et al., 1994; CRESTANA et al., 1994; FANTE JR. et al., 1999; KIMURA; YAMASAKI 2001; SOUSA et al., 2002; ARAÚJO et al., 2004; HIMMELBAUER et al., 2004; NEVES et al., 2004; COELHO et al., 2005; LIMA et al., 2006; ELOI et al., 2007). Necessitam que se tenha disponível uma câmera digital ou um *scanner* de mesa e que se faça a devida limpeza e preparação do perfil do solo ou das raízes para fazer as imagens, que serão processadas em softwares para análise de raízes, como o SIARCS[®] (JORGE; CRESTANA, 1996; JORGE, 1996), ou o WinRhizo (Régent Instruments

Inc.-Quebec, Canadá) (ORTIZ-RIBBING; EASTBURN, 2003; HIMMELBAUER et al., 2004). Fante Jr.; Reichardt (1994) avaliaram o sistema radicular do milho utilizando os métodos do trado, do cilindro volumétrico e do processamento de imagens. Esses autores concluíram que o do trado foi o mais adequado para avaliações simples, rápidas e baratas e permitiu a possibilidade de realizar um grande número de amostragens, vantajosa em termos estatísticos, além de não haver a destruição de toda a área amostrada, quando comparado com métodos de escavação, porém parece ser insuficiente para a caracterização completa do sistema radicular. O método do cilindro volumétrico é mais apropriado para casos de amostragens localizadas, ou seja, permite um estudo quase pontual da distribuição radicular e agrega a vantagem de permitir correlacionar a densidade radicular e densidade do solo. Já o método de processamento de imagens foi considerado a ferramenta mais eficaz para o estudo detalhado do sistema radicular dessa cultura.

Nos resultados de Araújo et al. (2004) chama atenção a grande demanda de tempo necessária para a digitalização das amostras de raízes do feijoeiro. A digitalização de uma amostra do sistema radicular demandou 21 minutos e para digitalizar todas as 15 amostras que compunham o sistema radicular, foram necessárias 4 horas e 53 minutos.

Smit et al. (2000) fazem uma revisão abrangente sobre a medida e observação do sistema radicular das plantas no campo e no laboratório, desde os primeiros métodos até os mais modernos. Um de seus capítulos trata especificamente do uso do *rhizotron* ou *minirhizotron* (BLAND; DUGAS, 1988), um dos métodos exclusivamente não destrutivo e visto como promissor, o qual está associado à tecnologia de microcâmera de vídeo (UPCHURCH; RITCHIE, 1983).

O *minirhizotron* agrega vantagens importantes como o menor tempo envolvido na amostragem e a facilidade de manuseio das imagens para posterior quantificação das raízes. Ele possibilita o acompanhamento visual por meio de imagens do desenvolvimento radicular como um todo, ou de segmentos de uma raiz individual e o envelhecimento e mortalidade de raízes que podem ser seguidos continuamente ao longo do ciclo da cultura e no mesmo lugar no perfil do solo, sem haver destruição do meio de cultivo (BROWN; UPCHURCH, 1987; MAJDI et al., 1992; MAJDI, 1996; STEINKE et al., 1999; SMIT et al., 2000). Além disso, evitam-se os principais problemas relativos as análises de raízes, que envolvem as etapas desde a retirada das amostras, separação, lavagem e quantificação das raízes, principalmente em relação aos pelos absorventes e/ou radicelas que normalmente no momento da coleta e lavagem manual poderiam ser perdidos.

De forma simplificada, o método do *minirhizotron* consiste na obtenção de imagens do sistema radicular das plantas, que se distribuem no solo em interface com um tubo plástico transparente instalado com um ângulo variável entre 30 e 45° em relação à vertical, um sistema ótico, que é introduzido no tubo, e um sistema de processamento de vídeo para armazenar e analisar as imagens gravadas (POLOMSKI; KUHN, 2002). O recolhimento das imagens é realizado com o auxílio de uma câmara de vídeo acoplada a um endoscópio *BTC Minirhizotron Camera Systems* (BARTZ TECHNOLOGY CORPORATION, 1999), permitindo registrar sequencialmente no tempo e em profundidade, o desenvolvimento radicular da cultura.

Este método tem sido usado para medir o número, a ramificação e a frequência de raízes (BOX et al., 1989). O monitoramento das raízes é possível mediante comparação de uma série de imagens, as quais são tomadas durante períodos de tempo sucessivos e/ou na fase final do ciclo da cultura, quando o interesse é medir o crescimento final total do sistema radicular. No entanto, não é claro como a inserção dos tubos de plástico no solo pode afetar o crescimento radicular. Liedgens; Richner (2001) trabalharam com o *minirhizotron* na cultura do milho e neste caso, os tubos foram instalados horizontalmente em diferentes profundidades, para caracterizar a distribuição espacial do sistema radicular no solo e a variação de densidade de raízes em diferentes distâncias da linha de plantas. Ainda na cultura do milho, Wiesler; Horst (1994) estudaram o crescimento radicular por meio do *minirhizotron* e por amostragem com a coleta de solo com raízes para identificar as diferenças quantitativas nos resultados dos dados de raízes entre esses métodos e apontaram, neste caso, para uma subestimativa da densidade radicular obtida pelo *minirhizotron*. Machado et al. (2003) utilizaram o *minirhizotron* para verificar a distribuição radicular do tomateiro sob irrigação por gotejo subsuperficial, comparando com a amostragem destrutiva por meio de coletas de amostras de solo mais raízes. Concluíram ser necessário realizar mais estudos para correlacionar ambos os métodos, principalmente quanto ao local de amostragem e inclinação do ângulo de inserção dos tubos do *minirhizotron* no solo. Majdi et al. (1992) também observaram haver relação entre a densidade de raízes (comprimento de raízes por unidade de volume), determinada por amostragem, neste caso pelo método do monólito e a intensidade radicular (número de raízes por unidade de área), medida pelo *minirhizotron*. Estes autores argumentam que tais dados podem ser comparáveis, mas deve-se lembrar de que cada método fornece a estimativa de variáveis distintas. Assim, é importante que se estabeleçam relações entre os dados de raízes obtidos pelo *minirhizotron* com outros métodos, principalmente os destrutivos, para que seja possível definir a metodologia mais adequada na utilização do

minirhizotron e com isso quantificar o sistema radicular de uma maneira mais simples e rápida, a partir de observações somente com o *minirhizotron*.

Os resultados de Jose et al. (2001) indicam que o *minirhizotron* pode ser usado para quantificar raízes finas e mencionam a possibilidade de serem desenvolvidos, com base nesses dados de raízes, modelos preditivos para locais e espécies específicas. O *minirhizotron* também é uma ferramenta empregada em trabalhos que visam avaliar a biomassa de raízes finas em função da concentração de CO₂ no solo (BROWN et al., 2009) ou mesmo do potencial de contribuição das raízes para os estoques de carbono do solo (HULUGALLE et al., 2009). De acordo com o estoque de carbono orgânico no solo pode ocorrer alterações no efluxo de CO₂ para a atmosfera, visto que as raízes tem papel fundamental na preservação ou aumento do carbono no solo (GREGORY, 2006; BORDIN et al., 2008). Katayama et al. (2000) demonstraram que a relação entre a densidade de comprimento radicular e a água absorvida pelas raízes em culturas como o sorgo, milho, guandu, amendoim e caupi pode ser estimada com o auxílio do *minirhizotron* e o consideraram um instrumento adequado para monitoramento simultâneo das raízes e da dinâmica da água nas diferentes camadas de solo.

Esse equipamento também foi utilizado nos trabalhos de Pietola (2005) e Pietola; Alakukku (2005) para o estudo da dinâmica do crescimento e da morfologia radicular de cereais como aveia, cevada, colza e azevém sob sistemas de plantio conservacionista do solo.

A quantificação de atributos radiculares por meio de *minirhizotrons* apresenta-se como uma alternativa promissora aos métodos tradicionais destrutivos (BOHM, 1979) e a outros não destrutivos, porém trabalhosos, como o da capacitância elétrica (DALTON, 1995; PRESTON et al., 2004; REPO et al., 2005), o qual somente quantifica massa de raízes, e os do raio-x (PIERRET et al., 2005) e da tomografia computadorizada (CRESTANA, 1992), os quais ainda requerem mais estudos. Ephrath et al. (1999) reforçam que o *minirhizotron* pode ser utilizado como um método "in situ", não destrutivo para a medição do sistema radicular, com razoável confiança, quando comparado aos métodos de amostragens, destrutivos. Também se revela um método útil para compreender a dinâmica e função das raízes finas (HENDRICK; PREGITZER, 1996). Johnson et al. (2001) ressaltam a importância da fidelidade aos procedimentos operacionais de instalação e coleta das imagens exigidos pelo método para a redução dos erros e maior qualidade dos dados provenientes do *minirhizotron*.

Em se tratando de irrigação localizada, como gotejo localizado e microaspersão, apenas o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente para inferir as zonas de absorção de água e nutrientes, uma vez que a geometria de distribuição de água no solo nesse tipo de irrigação é de caráter multidimensional, diferindo do caráter

unidimensional da irrigação por aspersão. Na irrigação localizada, é necessário conhecer tanto a profundidade efetiva como a distância horizontal efetiva das raízes em relação à planta.

O conhecimento da distribuição do sistema radicular é também necessário para o posicionamento adequado dos sensores utilizados no monitoramento da água do solo no manejo da irrigação. Nesse caso, a instalação dos sensores deve ser na região de maior concentração das raízes (COELHO et al., 2005). Coelho; Or (1999) também salientam a importância do dimensionamento radicular em sistemas de irrigação por gotejo, principalmente para equacionar a dotação e turno de rega. Como o volume de solo a ser umedecido é limitado, as informações do sistema radicular podem ser extremamente úteis na formulação de equações ou modelos matemáticos (LIEDGENS et al., 2000; CHASSOT et al., 2001).

Apesar dos grandes avanços tecnológicos e experimentais, a confiabilidade da técnica do *minirhizotron* ainda não está inteiramente avaliada. Fatores, como ângulos de inserção dos tubos de observação das imagens e da curva de calibração entre a contagem de raiz e a densidade de comprimento radicular podem afetar a precisão dos resultados, sendo a medição precisa e eficaz das distribuições radiculares uma tarefa ainda transitória e desafiadora.

Verifica-se, portanto, que o método do *minirhizotron* tem muitas vantagens de ordem experimental e metodológica em relação aos demais, mas ainda apresenta certas restrições de exatidão. Para aferição pontual das observações com o *minirhizotron*, deveria ser utilizado, paralelamente outro método, como o destrutivo, o qual é tradicionalmente utilizado nas amostragens de raízes.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área experimental e clima

A área experimental localiza-se na Herdade da Mitra, no Departamento de Fitotecnia da Universidade de Évora, na cidade de Évora, região do Alentejo em Portugal (latitude: 38° 57' N; longitude: 8° 32' W; altitude: 200 m). O solo do local do experimento é um Litossolo de textura franco-argilo-arenosa, cujas características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1. O clima da região é mediterrâneo do tipo Csa, segundo a classificação de Köppen, com verão quente e seco e inverno suave a relativamente chuvoso. A temperatura média anual situa-se em torno de 15 °C e a precipitação média anual entre 600 e 700 mm. Os dados meteorológicos ocorridos ao longo do período experimental, apresentados na Figura 1, foram informados pelo Centro Operativo de Tecnologia de Regadio (COTR), através de uma de suas estações meteorológicas automáticas localizada a cerca de 30 km da área experimental (latitude: 38° 44' 16" N; longitude: 07° 56' 10" W; altitude: 246 m).

Tabela 1 – Características físicas e químicas do solo em que foi instalado o experimento de meloeiro na Herdade de Mitra, Évora, Portugal.

Características	Camada de solo (cm)				
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40
Areia (%)	-	-	-	-	72,6
Silte (%)	-	-	-	-	11,7
Argila (%)	-	-	-	-	15,7
Densidade aparente (g cm ⁻³)	-	-	-	-	1,48
Matéria orgânica (%)	-	-	-	-	2,2
pH (H ₂ O)	6,93	6,99	7,04	6,96	-
NO ₃ ⁻ (ppm)	21,0	32,0	36,50	39,50	-
P ₂ O ₅ (ppm)	>250	>250	>250	>250	-
K ₂ O (ppm)	>250	>250	>250	>250	-
Ca ²⁺ (meq/100g)	5,90	7,34	6,63	8,41	-
Mg ²⁺ (meq/100g)	1,15	1,25	1,30	1,35	-

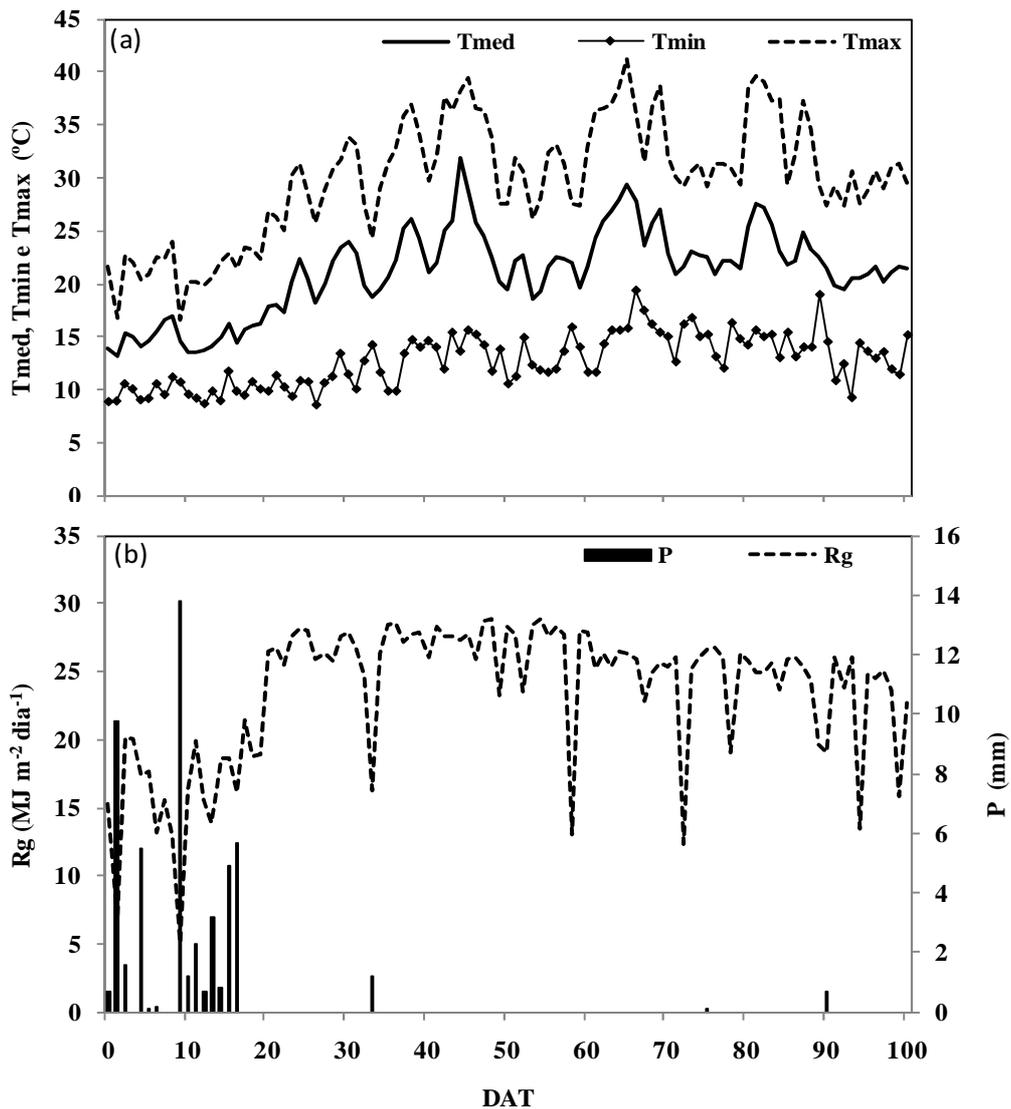


Figura 1 – Variação temporal da temperatura média, mínima e máxima (T_{med} , T_{min} , T_{max} , respectivamente) (a) e da precipitação diária (P) e radiação solar global incidente (R_g) (b) ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro, em função do número de dias após o transplante (DAT) no verão de 2008, em Évora, Portugal.

5.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi instalado no dia 14 de maio e encerrado em 22 de agosto de 2008, época de primavera/verão, sendo conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

Os tratamentos foram: (i) C – irrigação por gotejo superficial com cobertura do solo, em uma faixa de 0,50 m de largura nas linhas de cultivo, com filme plástico opaco preto de

polietileno de baixa densidade (PEBD), com 50 μm de espessura; (ii) S – irrigação por gotejo superficial sem qualquer cobertura do solo nas linhas de cultivo; e (iii) Sb – irrigação subsuperficial, com enterrio dos gotejadores a 0,10 m de profundidade, sem a cobertura do solo nas linhas de cultivo.

A área de cada repetição dos tratamentos tinha dimensão de 7,0 m de comprimento por 7,2 m de largura, onde eram cultivadas seis fileiras de plantas. A parcela experimental onde foram realizadas as coletas dos dados foi composta pelas três fileiras centrais, de modo que os tratamentos permaneciam isolados pela bordadura. Na Figura 2 está representada a vista geral do experimento.

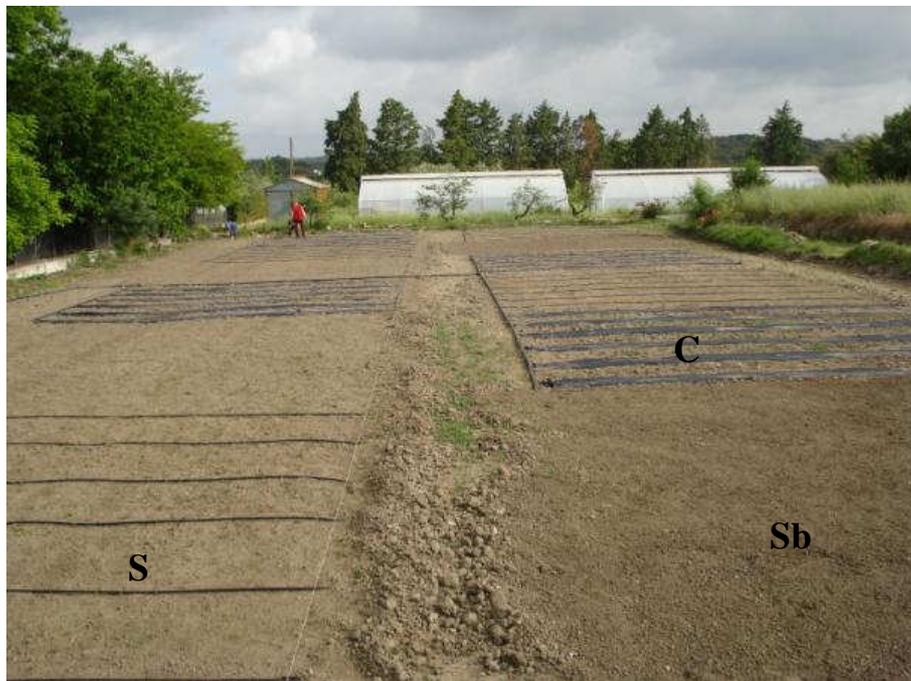


Figura 2 – Vista geral do experimento com a distribuição dos tratamentos no verão de 2008, em Évora, Portugal. Fonte: arquivo pessoal. C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

5.3 Preparo do solo e adubação

Primeiramente foram coletadas quatro amostras de solo, representativas da área experimental, por meio de um trado manual até a profundidade de 0,40 m, em pontos

escolhidos aleatoriamente. As amostras foram levadas ao laboratório de Física de Solos e Química Agrícola da Universidade de Évora para definição da fertilidade atual e textura do solo. A partir desta etapa foi efetuada a eliminação de plantas infestantes com a aplicação de herbicida, a gradagem e a homogeneização do terreno com enxada manual, e realizado o sorteio para a localização e demarcação dos tratamentos. Não foi aplicada adubação de base, sendo a reposição e manutenção dos nutrientes para a cultura realizada por meio da fertirrigação de acordo com as taxas de extração de nutrientes pelo meloeiro (SCAIFE; BARYOSEF, 1995) e também pelo acompanhamento dos níveis de nitrato (NO_3^-), da condutividade elétrica (CE) e do pH no solo através de coletas realizadas ao longo do ciclo.

A primeira coleta de amostras de solo para a determinação dos NO_3^- , CE e pH, foi realizada no quinto dia após o transplante (DAT). A partir desta, a segunda coleta ocorreu aos 29 DAT, a terceira aos 49 DAT, a quarta aos 78 DAT e a quinta aos 97 DAT, priorizando pelo menos uma coleta em cada estágio de desenvolvimento da cultura, ou seja, no transplante, no início da floração, na colheita e no final da colheita. Para essas análises, o solo foi coletado na camada de 0 a 0,30 m, com um trado manual, em pontos escolhidos aleatoriamente em cada repetição. A posição da coleta foi a cerca de 0,05 m de distância de uma planta, para evitar a danificação do tubo gotejador, especialmente no tratamento com os gotejadores enterrados. As amostras foram embaladas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Física de Solos para serem realizadas as determinações. Para a determinação da concentração de NO_3^- , o solo foi seco, crivado e posteriormente foi realizada a leitura do NO_3^- realizada em um eletrodo seletivo. A CE foi medida com um condutivímetro marca/modelo WTW LF 330, ajustado à temperatura da amostra, que era a mesma do ambiente.

5.4 Instalação e manejo da irrigação

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com uma rede hidráulica constituída por quatro linhas laterais equipadas por tubos gotejadores autocompensados (Netafin), espaçados em 0,40 m e com vazão de $2,30 \text{ L h}^{-1}$.

No tratamento com o gotejo subsuperficial, a rede de linhas laterais foi enterrada a 0,10 m ($\pm 0,01$ m) de profundidade. Primeiramente foram abertos os sulcos com uma enxada, até a profundidade de 0,10 m, demarcados pela orientação de um barbante fixado por estacas em cada extremidade da linha de cultivo. Depois de aberto e nivelado a base do sulco, foi

depositado o tubo gotejador, vedado na extremidade oposta à linha lateral e fixado com grampos de arame para posteriormente ser realizada a cobertura com o próprio solo retirado na abertura do sulco. Foram marcadas as posições do primeiro e último emissor de cada tubo em cada linha para facilitar a posterior abertura dos sulcos no dia do transplante das mudas.

Nos tratamentos com o gotejo superficial com e sem a cobertura do solo das linhas de cultivo pelo plástico, a linha lateral e os tubos gotejadores foram depositados sobre o solo. Também foi realizada a vedação da extremidade dos tubos gotejadores e fixados com grampos de arame. No tratamento de gotejo superficial com a cobertura do solo pelo plástico, paralelamente e distante 0,25 m de cada linha de gotejadores, já vedados e fixados, foi aberto um sulco para acomodar as bordas do filme plástico, de forma que pudessem ser enterradas e fixadas no solo. A largura de cobertura proporcionada pelo plástico na linha de cultivo foi de 0,50 m. O sulco para receber as mudas do meloeiro no dia do transplante foi aberto na posição de cada emissor de água e o mais próximo possível dos tubos gotejadores, tomando-se todo o cuidado para evitar que os mesmos fossem danificados.

O volume de água aplicado em cada irrigação foi o mesmo para todos os tratamentos e contabilizado por meio de um contador volumétrico (hidrômetro tipo unijato) acionado ao ligar a bomba d'água, que estava instalada próximo à fonte de água. Em cada irrigação foi anotado o valor inicial e o final registrado no contador volumétrico para posterior ajuste do volume irrigado para o planejamento das próximas irrigações.

A irrigação foi realizada diariamente, entre as 9:00 h e 10:00 h da manhã, calculando-se o volume de água de acordo com a evapotranspiração da cultura (ET_c). A ET_c foi obtida por estimativa, através do produto entre o coeficiente de cultura (K_c), estabelecido para cada estágio de desenvolvimento do meloeiro (ALLEN et al., 1998), e a evapotranspiração de referência (ET_o), calculada pelo método de Penman-Monteith, cujos dados de entrada foram obtidos da estação meteorológica automática e fornecidos diariamente pelo Centro Operativo de Tecnologia de Regadio (COTR) para acesso online (<http://www.cotr.pt/ema.asp?id=1008>).

Os valores calculados e ET_c diária ainda foram multiplicados por um fator de redução de 0,80, atribuído a diminuição das perdas por evaporação da água irrigada em consequência da cobertura dos gotejadores pelo plástico (ALLEN et al., 1998). Portanto, o valor diário da ET_c foi calculado por:

$$ET_c = K_c ET_o$$

e o valor irrigado (I) foi dimensionado por:

$$I = 0,8 ET_c$$

5.5 Distribuição da água no solo

O monitoramento dos níveis de umidade no solo foi realizado por meio de uma sonda TDR (*Timer Domain Reflectometer*), manual, portátil e equipada com haste de 0,10 m de comprimento. As medições foram realizadas antes da irrigação do dia, em três dias na semana e sempre na mesma localização dentro da parcela até o final do ciclo de desenvolvimento do meloeiro. Essas medições foram realizadas durante todo o ciclo da cultura, diariamente e em duas posições, ou seja, uma situada diretamente na localização do gotejador e a outra na metade do espaçamento entre dois gotejadores subsequentes (0,20 m do gotejador). Em cada posição de medida, as hastes eram inseridas verticalmente no solo no momento da determinação, aguardando-se o tempo de leitura da sonda, para posteriormente ser anotado o respectivo valor da umidade do solo para aquele ponto. Concomitantemente a este método, também foi feito o acompanhamento da tensão da água no solo, por meio de tensiômetros *Watermark* acoplados a um medidor digital para as leituras dos sensores. Estes sensores detectam a tensão de água no solo com base na resistência elétrica e a leitura digital pode variar de zero kPa (totalmente úmido) a 200 kPa (totalmente seco, sem contato com água). Foram instalados dois sensores em cada repetição dos tratamentos, junto à linha de cultivo com o auxílio de um trado manual a 0,40 m de profundidade e distanciados 0,10 m do tubo gotejador.

Na Figura 3 está apresentada a curva de retenção da água no solo para o local em que foi instalado o experimento. A partir desta curva foi calculado o valor da capacidade de campo (CC) e do ponto de murcha permanente (PMP), os quais foram 14,8% e 6,7%, respectivamente.

5.6 Condução da cultura

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) utilizado neste estudo foi o híbrido Duncan F1 pertencente ao grupo *Cantaloupensis* (melões rendilhados) do tipo Gália. As mudas foram produzidas em bandejas de 128 células e transplantadas com raiz protegida, no dia 14 de maio de 2008, com cerca de quarenta dias. O espaçamento foi de 1,20 m entre fileiras e 0,40 m

entre plantas, totalizando uma população de 20.833 plantas ha⁻¹. No dia do transplante teve-se o cuidado de manter a abertura do sulco para o transplante das mudas exatamente na posição do gotejador, ou seja, a cada 0,40 m, inclusive nos tratamentos com o gotejo em superfície com a cobertura do solo pelo plástico e no gotejo subsuperficial (enterrado). Nesses dois casos, a abertura do sulco foi orientada pela marcação do espaçamento entre os primeiros gotejadores nas duas extremidades de cada linha de cultivo, no dia da instalação dos mesmos.

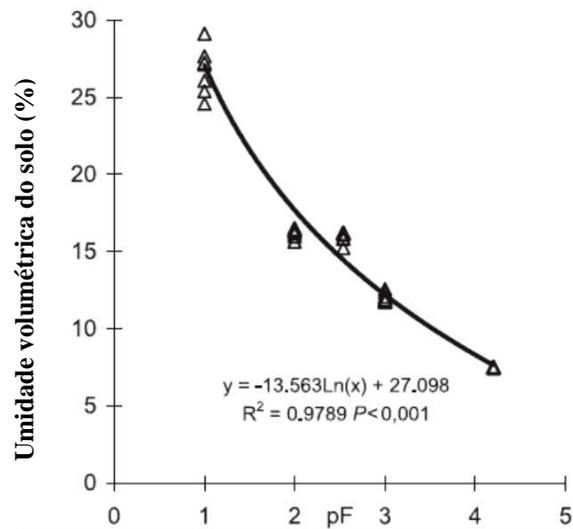


Figura 3 – Curva de retenção da água no solo para a camada de 0 – 0,40 m, na área experimental da Herdade da Mitra, em Évora, Portugal. Obs: pF = logaritmo do módulo do potencial matricial em centímetros de coluna d’água.

5.7 Variáveis determinadas

5.7.1. Fenologia

As determinações fenológicas constaram da data de transplante (T), início da floração (IF), observada pela abertura da primeira flor feminina (50% de plantas com flores), início da maturação dos frutos, que correspondeu ao início da colheita (IC) e final de colheita dos frutos (FC). Os intervalos de tempo entre esses estádios foram adotados para determinar os subperíodos de desenvolvimento da cultura, ou seja, do transplante ao início da floração (T-

IF), do IF ao IC (IF-IC) e do IC ao FC ou de colheita propriamente dita (C) (Tabela 2).

Tabela 2 – Datas de ocorrência dos estádios de desenvolvimento – transplante (T), início da floração (IF), início da colheita (IC) e final da colheita (FC) – e duração (em número de dias) dos respectivos subperíodos de desenvolvimento do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal.

Estádios de desenvolvimento	T	IF	IC	FC
Data de ocorrência	14/05	26/06	29/07	11/08
Subperíodos	T-IF	IF-IC	IC-FC	
Duração	41 dias	34 dias	25 dias	

5.7.2. Crescimento vegetativo das plantas do meloeiro

O ciclo do meloeiro se estendeu até os 100 DAT. As avaliações mais representativas do crescimento das plantas constituíram da determinação do índice de área foliar (IAF), do número de folhas (NF), da massa verde (MV), da massa seca (MS) e da porcentagem da massa seca na massa verde (%MS). Para tanto foram colhidas aleatoriamente duas plantas por cada parcela em cada coleta.

A primeira coleta de plantas foi realizada aos 41 DAT, no subperíodo do T-IF, a segunda aos 55 DAT (subperíodo IF-IC), a terceira aos 79 DAT, no início da colheita e a quarta aos 96 DAT, no final da colheita dos frutos. Em cada coleta, as plantas foram imediatamente e devidamente etiquetadas, identificando-se o tratamento e a repetição e levadas ao laboratório, onde cada uma foi separada em caules e folhas, contando-se o número de folhas. Após a contagem, todas as folhas tiveram sua área medida em um integrador eletrônico de área foliar (AF), LiCor, Modelo Li-3000A. O índice de área foliar (IAF), foi obtido através do quociente entre a área foliar e a área de solo disponível para cada planta (0,48 m²). Após a medição da AF, as folhas de cada planta foram juntadas novamente com os respectivos caules, sendo então procedida a pesagem da massa verde e a seguir depositadas em um tabuleiro para a secagem em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de 70 °C por dois a três dias para obter a massa seca, determinada com balança de precisão.

5.7.3 Sistema radicular

O estudo do sistema radicular foi realizado por métodos destrutivo e não destrutivo, obtendo-se valores de densidade (DR) e intensidade (IR) radicular, respectivamente.

5.7.3.1 Determinação da densidade radicular pelo método destrutivo

A densidade radicular constitui a quantificação do comprimento das raízes encontrado em um determinado volume de solo. As amostragens para a determinação da densidade radicular foram compostas de solo com raízes, coletadas manualmente com um trado de 0,10 m de altura e 0,069 m de diâmetro interno, nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m.

A primeira coleta foi realizada no subperíodo do de crescimento vegetativo, aos 41 DAT, a segunda no início da floração (aos 56 DAT) e a terceira em meio a colheita dos frutos (aos 84 DAT). As raízes foram amostradas em duas posições em cada parcela. Na primeira posição (posição 1) as amostras foram coletadas a uma distância de 0,10 m de uma planta e na segunda (posição 2) foi coletada a 0,40 m de distância da planta subsequente na mesma linha de cultivo, em direção à entrelinha. As amostras de solo com raízes foram retiradas do trado com ajuda de uma espátula e imediatamente acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados com a respectiva designação do tratamento, repetição e profundidade e levados para o laboratório onde foram conservadas em refrigerador à temperatura de -5 °C até que fosse processada a separação das raízes do solo e feita a determinação.

No dia anterior ao processamento das amostras de solo com raízes, as mesmas foram retiradas do refrigerador para que descongelassem. A separação das raízes do solo foi efetuada através de lavagem mecânica. O equipamento utilizado para a lavagem das raízes foi um sistema denominado elutriação hidropneumático (Figura 4), desenvolvido por Smucker et al. (1982), o qual associa a ação do ar pressurizado e da água para a separação das raízes do solo.

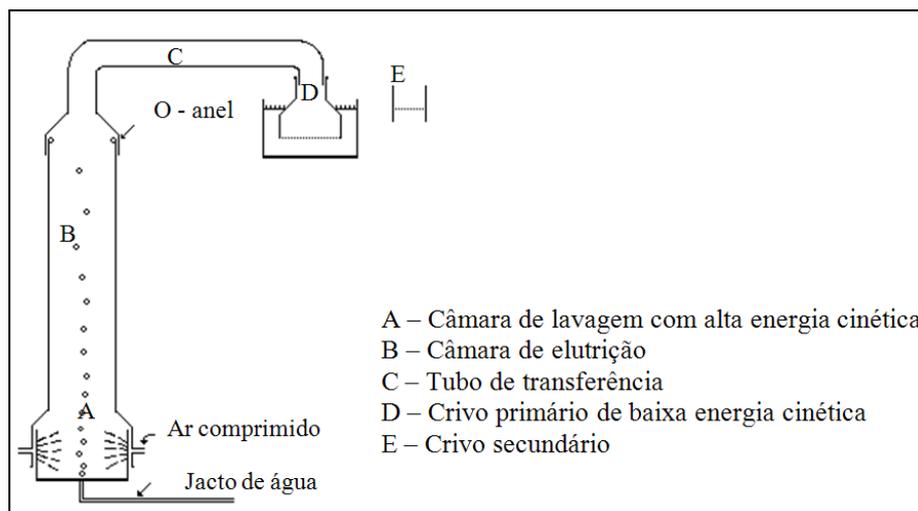


Figura 4 – Representação esquemática do sistema de elutrição hidropneumático para separar as raízes do solo (adaptado de Smucker et al. (1982)).

Depois de lavadas e separadas, cada uma das amostras de raízes foi acondicionada nos respectivos recipientes em solução de álcool etílico a 20%, identificados pelo tratamento e repetição, e armazenadas na câmara frigorífica para serem preservadas até sua medição. O comprimento radicular (m) foi medido em um *scanner* (Figura 5), modelo "Comair" (ROWSE; PHILIPPS, 1974; apud BÖHM, 1979), o qual utiliza o princípio do método das intersecções, sendo constituído por um prato circular de vidro, com movimento giratório. As amostras foram retiradas do refrigerador, depositadas em uma peneira, que por sua vez foi colocada em uma bacia com água para que as raízes ficassem imersas e soltas para facilitar a retirada com a pinça de uma a uma e espalhadas em cima do prato do *scanner* de modo a minimizar os erros de sobreposição. Localizados inferiormente e superiormente ao prato de vidro giratório existe, respectivamente, um microscópio binocular e um dispositivo fotoelétrico. Estes dois componentes formam um braço que percorreu radialmente o prato. À medida que o prato se deslocava, a luz emitida pelo dispositivo fotoelétrico atravessava o prato de vidro sendo recebida pelo microscópio. Cada intersecção da raiz com a luz emitida interrompia a sua emissão, sendo as interrupções registradas e convertidas eletronicamente, segundo uma escala apropriada, e o comprimento radicular total da amostra pôde ser visualizado num monitor. Quando o braço terminava o percurso ao longo do prato, no sentido do centro para a periferia, o dispositivo desligava automaticamente o movimento giratório, podendo-se também interromper este movimento em qualquer momento ou no caso de as raízes não preencherem todo o prato de vidro.

A densidade radicular foi obtida a partir do quociente entre o comprimento radicular, em cm, e o volume de solo correspondente em cada amostra (216,76 cm³).



Figura 5 – Medidor fotoelétrico de raízes, modelo "Comair" (ROWSE; PHILIPPS, 1974). Fonte: arquivo pessoal.

5.7.3.2 Determinação da intensidade radicular pelo método não destrutivo

A intensidade radicular foi determinada por meio do equipamento denominado *minirhizotron* (Figura 6), constituindo-se na quantificação do comprimento radicular encontrado em uma determinada área de imagem. Para a execução deste método foram colocados no solo, em cada repetição dos tratamentos, dois tubos de acrílico transparentes que mediam 0,060 m de diâmetro externo, 0,052 m de diâmetro interno e 0,60 m de comprimento (Figura 7). Enterrou-se 0,40 m de tubo, restando 0,20 m de cada tubo para fora da superfície do solo para facilitar a visualização e inserção da sonda do *minirhizotron*.



Figura 6 – Equipamento *minirhizotron* utilizado para observações do sistema radicular do meloeiro.
Fonte: arquivo pessoal.



Figura 7 – Ilustração da instalação dos tubos de acrílico do *minirhizotron* nas posições 1 e 2. Fonte: arquivo pessoal

Os tubos foram instalados na área experimental logo após o transplante do meloeiro, aos 2 DAT, de forma a evitar ao máximo o crescimento preferencial das raízes do meloeiro na

interface solo-tubo (MACHADO, 2002), pois existe a possibilidade do solo não ficar totalmente acomodado ao redor do tubo formando canais. Para a adequada instalação dos tubos foi utilizada uma armação metálica, onde uma sonda foi apoiada e encaminhada de forma a abrir os buracos com a inclinação em um ângulo de 30° em relação a vertical, pois os tubos sendo instalados verticalmente no solo podem ser um fator que também favoreceria o crescimento radicular preferencial. Após a inserção no solo, a parte exposta dos tubos foi vedada com um plástico preto para evitar a entrada de luz e de água. Da mesma forma que nas coletas manuais das amostras de solo com raízes, os tubos também foram instalados em duas posições, ou seja, na posição 1, a 0,10 m de distância de uma planta e na posição 2, a 0,40 m de outra planta subsequente.

As observações das raízes constaram da coleta de imagens do sistema radicular que se distribuía no solo, em interface com o tubo transparente na direção da planta (Figura 8). Para obter as imagens das raízes que intersectavam o tubo de acrílico, foi usada uma câmara de vídeo acoplada ao endoscópio do *BTC-2 Minirhizotron Camera Systems* (BARTZ TECHNOLOGY CORPORATION, 1999). O campo de visão da câmara a partir da parede interna do tubo de acrílico foi de 18 mm de distância horizontal e espaçamento de 13,5 mm entre si, em profundidade, com sobreposição, de forma que toda a superfície do tubo pudesse ser registrada. O registro das imagens foi realizado a cada 27 mm de distância vertical do perfil do solo. Para cada coleta foram captadas 14 imagens em cada um dos tubos, para as duas posições, ou seja, 14 camadas no perfil do solo. Para efeito de reduzir a variabilidade, os valores de IR dessas 14 camadas foram agrupados a cada 7,02 cm, resultando em 5 novas camadas compreendidas aproximadamente entre: 0-7, 7-14, 14-21, 21-28 e 28-33 cm.

No perfil vertical do solo, foi possível observar o desenvolvimento radicular até a profundidade de 32,76 cm. O endoscópio recebia luminosidade emitida por uma fonte de luz da própria câmara, podendo ser realizada a regulagem para ultravioleta ou infravermelho. As avaliações cronológicas do sistema radicular da cultura foram asseguradas pelo auxílio de um indexador (*BTC/Smucker Indexing Handle System*) acoplado à câmara e fixado no tubo conforme um determinado ângulo de observação, que garantia o rigoroso controle do posicionamento e da profundidade de inserção da câmara de vídeo (FERGUSON; SMUCKER, 1989).

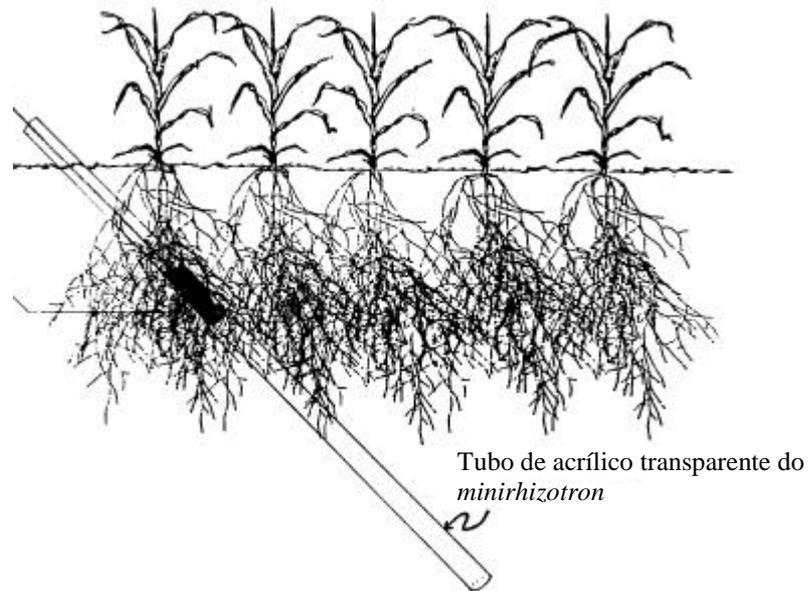


Figura 8 – Ilustração da instalação do tubo de acrílico transparente utilizado para inserção da sonda com a câmera do *minirhizotron* em um cultivo de milho (Adaptado de Smucker (1990)).

As imagens, quando visualizadas num monitor de 12'', foram ampliadas 15 vezes a partir da escala original (Figura 9), permitindo assim realçar determinados detalhes das raízes (BARTZ TECHNOLOGY CORPORATION, 2000). As imagens foram salvas em arquivo de imagem para posterior análise dos parâmetros morfológicos de interesse, que foram o comprimento e o diâmetro de raízes.



Figura 9 – Imagens ampliadas das raízes do meloeiro captadas por meio do *minirhizotron*. Fonte: arquivo pessoal.

A análise das imagens foi realizada com o software específico para a análise de

imagens, denominado *RootTracker Digital Image v.2.0.3. (Root Tracker 2.0©)*, desenvolvido na Duke University (TREMMELE, 2003), compatível com o sistema de captação de imagens utilizado no *minirhizotron* e que calcula o comprimento e o diâmetro das raízes em mm através da comparação com o número de pixels que a raiz ocupava na imagem digital. O software permite fazer três tipos de análise: a individual, que poderia caracterizar cada raiz observada individualmente; a sumária, para analisar todas as raízes observadas numa imagem e a cronológica (individual ou sumária) para a análise entre duas datas de observação. Neste trabalho foi realizada a análise sumária das imagens das raízes. A calibração deste software foi realizada por meio de uma fotografia de papel milimétrico, obtida com a mesma câmera usada no *minirhizotron*, onde foram medidas as quadrículas do papel milimétrico com o *RootTracker* e desta forma definindo-se que os pixels de uma determinada linha de uma quadrícula correspondiam a 1,0 mm na imagem e assim sucessivamente para outros tamanhos de quadrículas.

O cálculo da intensidade radicular foi efetuado pelo quociente entre o comprimento total das raízes (mm) e a área fotografada (mm²).

5.7.4 Rendimento e qualidade de frutos

Para contabilizar a produtividade do meloeiro foram demarcadas, com estacas, áreas de 6,0 m² nas parcelas úteis dos tratamentos. A partir do início da colheita, todos os frutos considerados maduros foram colhidos duas vezes por semana. Posteriormente foram classificados em comerciais e não comerciais de acordo com o tamanho e aparência externa dos frutos (uniformidade da coloração da casca, danos por pragas e podridões), também foram contados o número de frutos e determinada a sua massa fresca total (Kg), considerando separadamente os frutos comerciais e os não comerciais.

Relativo à qualidade dos frutos, foram medidos parâmetros como o teor de sólidos solúveis (TSS), determinado por refratometria, utilizando-se de um refratômetro digital da marca Atago[®]CO.LTD (Digital Refractometer PR-101), com correção automática de temperatura. Mediu-se também o diâmetro longitudinal (ϕ L) e transversal (ϕ T) dos frutos.

5.7.5 Eficiência no uso da água de irrigação (EUAI)

A EUAI foi obtida pelo quociente entre o rendimento da cultura e a lâmina total de água aplicada, somando-se a precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura, conforme a equação:

$$EUAI = \frac{R}{L + P}$$

em que, *EUAI* é a eficiência do uso da água de irrigação ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), *R* é o rendimento da cultura (kg ha^{-1}), *L* é a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura (mm) e *P* é a precipitação total durante o ciclo da cultura (mm).

5.8 Análise estatística dos dados

Os dados foram tabulados em planilhas do Excel e a análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SOC – NTIA (EMBRAPA, 1997). Por tratar-se de investigação de variáveis qualitativas, ou seja, a profundidade de gotejo e a utilização da cobertura do solo das linhas de cultivo pelo filme plástico, foi utilizada a comparação entre as médias pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Umidade do solo

O teor de umidade do solo é um dos fatores condicionantes da distribuição do sistema radicular, do crescimento e desenvolvimento das plantas e da produção da cultura, sendo essa a principal razão para primeiro analisar a sua variação espacial e temporal ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de meloeiro.

Os valores diários de irrigação, correspondentes a 80% dos valores da evapotranspiração máxima da cultura ($0,8 E_{Tc}$), da evapotranspiração de referência (E_{To}) e de precipitação (P), ao longo do ciclo do meloeiro, são apresentados na Figura 10. O início do ciclo do meloeiro foi condicionado por sucessivos eventos pluviométricos até 16 DAT, o que manteve o solo muito úmido, dispensando a irrigação (Figura 10). Com a redução de 20% dos valores de E_{Tc} como critério de quantificação da irrigação, além da redução proporcionada pelo uso dos K_c , dos 21 aos 39 DAT e dos 76 aos 100 DAT, a quantidade diária de água irrigada ficou abaixo de 50% da E_{To} na maioria dos dias.

A condição de alta umidade volumétrica no solo, verificada até os 36 DAT na profundidade de 0,10 m (Figura 11) e a 0,40 m de profundidade, expressa em termos de tensão da água no solo (Figura 12), respectivamente, pode ser assim caracterizada, pela umidade remanescente no solo originada das chuvas e provavelmente, pela irrigação excessiva, visto que a medida da umidade foi sempre realizada pela manhã antes da irrigação e também pelas plantas ainda estarem com uma pequena área foliar transpirante. Nesse caso, o maior contribuinte no cômputo da E_{Tc} foi a evaporação de água na superfície do solo, a qual estava limitada no tratamento com a cobertura do solo das linhas de cultivo pelo plástico e na irrigação subsuperficial. Passados 10 dias do período chuvoso, ocorreu diminuição da umidade no solo, tendendo ao secamento natural, principalmente na camada superficial, em torno de 0,05 m, em função da evaporação na superfície do solo.

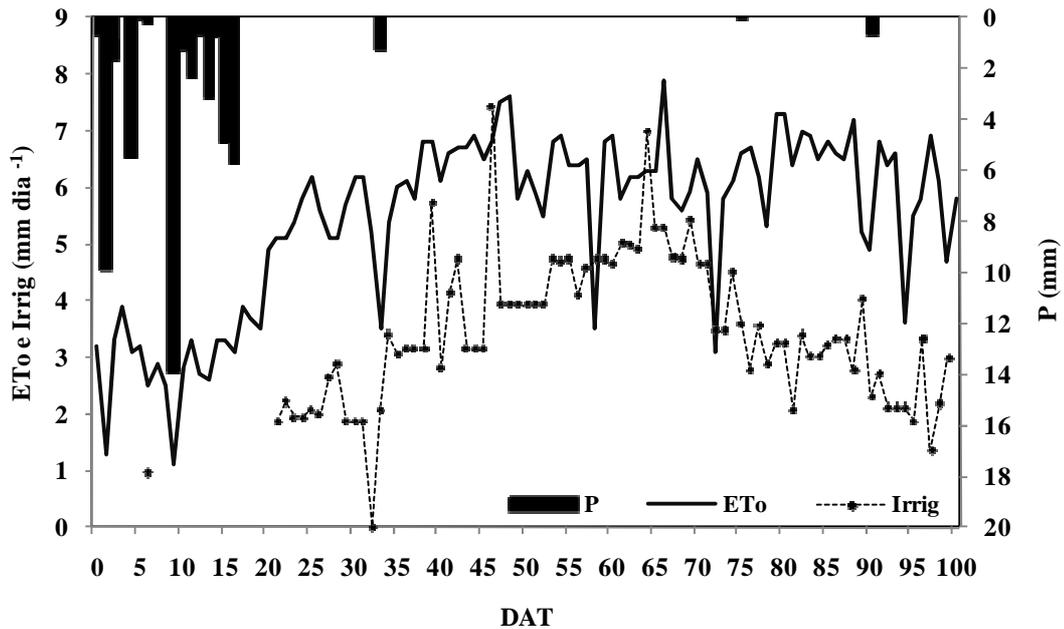


Figura 10 – Valores diários de precipitação (P), irrigação (Irrig = 0,8 ETo) e evapotranspiração de referência (ETo) em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no período primavera/verão de 2008, em Évora, Portugal.

A umidade volumétrica na camada superficial do solo na linha de gotejadores foi relativamente maior nos dois tratamentos com irrigação superficial, com e sem a cobertura pelo filme plástico, do que com a irrigação subsuperficial (Figura 11a). O enterrio dos gotejadores fez com que a camada superficial do solo ficasse menos úmida que as subsuperficiais. Conforme Barros et al. (2009), os sistemas de irrigação instalados em subsuperfície apresentam menor área superficial molhada e atingem maior largura e profundidade, disponibilizando água a uma distância maior a partir do ponto de emissão.

A umidade volumétrica do solo foi menor quando avaliada entre os gotejadores do que ao longo dos gotejadores, apresentando valores próximos ou abaixo do ponto de murcha permanente (PMP) aos 47 DAT e após os 59 DAT na profundidade de 0,10 m (Figura 11b). Esses valores são explicados pela maior infiltração da água em profundidade do que lateralmente, provavelmente por tratar-se de um solo muito arenoso (72,6% de areia) e pelo fato da medida do teor de umidade do solo ser realizado imediatamente antes da irrigação. No caso específico da irrigação subsuperficial, a frente de molhamento tem pequena expansão logo acima do gotejador, contribuindo para uma menor expansão lateral do bulbo molhado, a qual poderia ser insuficiente para alcançar a posição de medição distante 0,20 m dos pontos de gotejo.

Na avaliação entre os tratamentos, a umidade volumétrica do solo entre os gotejadores foi maior no solo coberto com filme plástico, principalmente até os 40 DAT, possivelmente porque 80% da ET_c estimada seria suficiente para atender a demanda de água transpirada pelas plantas de meloeiro, mas não suficiente para atender a evaporação e a transpiração ocorrentes nos tratamentos com solo descoberto. Por outro lado, a menor umidade superficial no tratamento com irrigação superficial sem cobertura pode ser devida à diferença de perda de água por evaporação na superfície do solo em função da elevada demanda hídrica atmosférica combinada à exposição da superfície do solo. Além disso, até os 28 DAT o IAF do meloeiro se encontrava inferior a 1,0 e não havendo cobertura total do solo nas entrelinhas de plantas.

A umidade volumétrica do solo a 0,10 m de profundidade apresentou tendência decrescente em todos os tratamentos no decorrer do ciclo do meloeiro, com pequena variação entre os valores obtidos nos gotejadores (Figura 11a) e entre os gotejadores (Figura 11b). Observa-se que após os 36 DAT a redução foi acentuada e especialmente aos 47 DAT a redução da umidade do solo foi abrupta em todos os tratamentos. Isso ocorreu porque aos 44, 45 e 46 DAT a irrigação diária por ser realizada por um temporizador automático, foi insuficiente porque a prévia egulagem de tempo de irrigação no temporizador foi inferior à calculada posteriormente para o cultivo. O cálculo da ET_c foi feito com base na ET_o do dia da programação da rega. No entanto, a irrigação realizada nos dias seguintes deveria ter sido maior em função da demanda hídrica atmosférica que se apresentou em elevação, com valores de ET_o da ordem de 6 a 7 mm dia⁻¹, muito acima do que vinha ocorrendo nos últimos dias.

Identificada esta situação, foi realizada uma irrigação sem a correção de menos 20% da ET_c para compensar o déficit hídrico (Figura 10), o que no dia seguinte à irrigação resultou na recuperação da umidade do solo para níveis iguais ou pouco acima da capacidade de campo (CC) junto aos gotejadores e para pouco abaixo da CC na posição de 0,20 m distante dos gotejadores (Figura 11a e 11b). Assim, a umidade do solo aumentou na mesma proporção em todos os tratamentos e o solo apresentou tendência de perder umidade em conformidade com o real volume irrigado e as diferenças de evapotranspiração do cultivo nos três tratamentos.

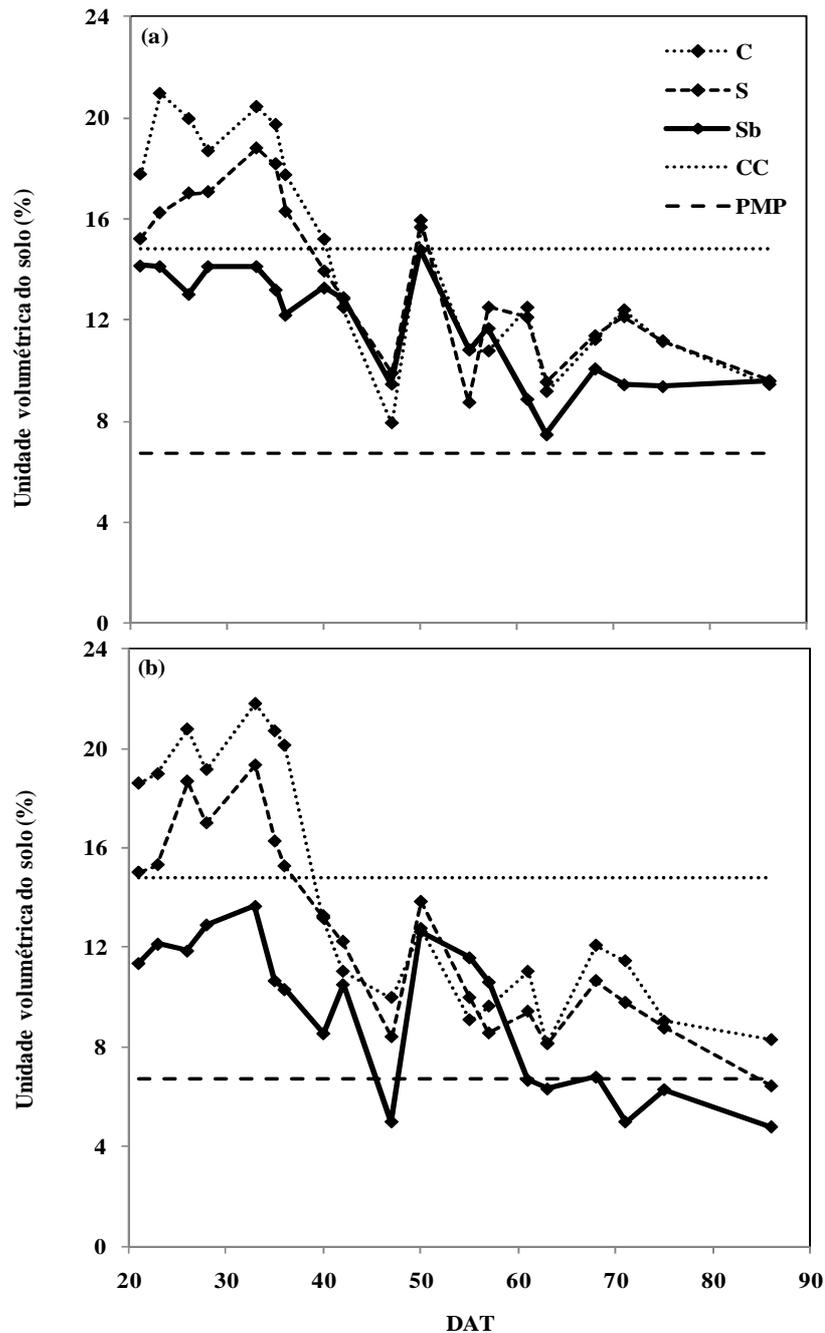


Figura 11 – Valores médios da umidade volumétrica do solo – medida com sonda TDR – na profundidade de 0,10 m para a posição do gotejador (a) e entre os gotejadores (b), em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

Semelhante ao observado visualmente na superfície do solo, o tratamento com irrigação superficial e cobertura do solo pelo plástico manteve o solo mais úmido na profundidade 0,10 m, pelo menos até os 40 DAT. Isso se deve ao efeito do plástico na

redução das perdas de água por evaporação direta a partir da superfície do solo e pela contribuição da condensação da água sob a superfície interna do plástico durante o resfriamento noturno, pois durante o dia ocorre um maior aquecimento embaixo do plástico fazendo com que a água evapore e a noite, em contato com o plástico já mais resfriado, condensa e umedece novamente o solo. Sendo assim, constitui-se em uma importante alternativa para economia de água, principalmente em regiões de ocorrência de altas amplitudes térmicas diárias, com elevada demanda hídrica atmosférica, e baixa precipitação.

No início do ciclo da cultura, a umidade do solo no tratamento com irrigação superficial (sem cobertura do solo) foi intermediária aos tratamentos com irrigação subsuperficial e superficial com a cobertura do solo. A partir dos 40 DAT, a discrepância na umidade do solo entre os tratamentos foi menor, parecendo haver um fator compensatório das diferenças de evaporação na superfície do solo em termos de evapotranspiração real menor, ou talvez em função do desenvolvimento vegetativo do meloeiro, que se equivaleu em termos de cobertura do solo, ao plástico e ao enterrio dos gotejadores. Os valores de umidade do solo nos tratamentos com irrigação superficial com e sem a cobertura plástica, praticamente foram iguais, principalmente na posição dos gotejadores (Figura 11a) onde havia a abertura do plástico por ocasião do transplante das mudas e desta forma também ocorria alguma perda de água por evaporação, assim como na irrigação superficial sem a cobertura do solo. Quanto à cobertura do solo pelas plantas, aos 40 DAT a folhagem do meloeiro cobria todo o solo das entrelinhas, estando próximo ao IAF máximo, que ocorreu aos 55 DAT (Figura 13b). Além disso, o suprimento hídrico foi mantido o mesmo, independente do tratamento, restando somente o efeito do manejo do sistema de irrigação em função da ETc como fator de variação.

O enterrio dos gotejadores a 0,10 m de profundidade não favoreceu a conservação da umidade do solo nesse mesmo nível em relação à irrigação superficial com ou sem a cobertura do solo pelo plástico (Figura 11a e 11b). No entanto, é descartada a hipótese de que nessa profundidade os níveis de umidade do solo com irrigação subsuperficial tenham sido prejudiciais ao meloeiro, a não ser no final do ciclo da cultura, quando a condição de umidade no solo com irrigação subsuperficial passou a se tornar crítica com os valores tendendo a situar-se abaixo do limite do PMP após a evapotranspiração do dia. Nessa fase, porém, o meloeiro já estava senescente por conta do final da colheita de frutos. O fato de os valores da umidade no solo a 0,10 m, no tratamento com irrigação subsuperficial permanecerem abaixo da CC, mesmo quando os tratamentos com irrigação superficial com e sem a cobertura pelo plástico indicavam valores de umidade no solo superiores a CC até os 40 DAT (Figura 11a e 11b), pode ser devido ao efeito da irrigação, pois a partir dos 17 DAT não houve mais

precipitação e a irrigação iniciou novamente aos 22 DAT e neste período o secamento do solo foi maior na irrigação subsuperficial.

A 0,40 m de profundidade, os valores de tensão da água no solo foram próximos de zero kPa até os 29 DAT (Figura 12), indicando saturação do solo decorrente dos eventos pluviométricos no início do ciclo (Figura 10). A partir dos 34 DAT, o efeito da cobertura das linhas de cultivo pelo plástico na conservação da umidade do solo na profundidade de 0,40 m foi reduzido, visto pelas tensões da água no solo, superiores aos 100 KPa encontradas neste tratamento (Figura 12), para o que não se encontrou uma explicação.

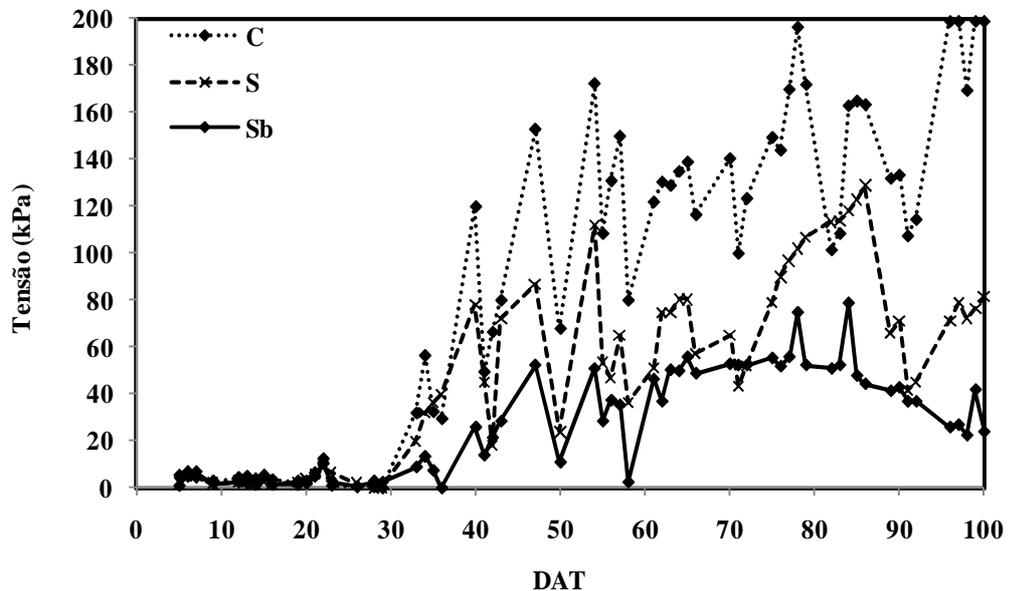


Figura 12 – Evolução dos valores médios da tensão da água no solo, medida com tensiômetros *Watermark*, na profundidade de 0,40 m em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura o solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

Ainda a 0,40 m de profundidade, é verificado que a irrigação superficial sem cobertura do solo nas linhas de cultivo, proporcionou uma condição intermediária quanto à sua eficiência em conservar a umidade do solo em relação aos outros dois tratamentos (Figura 12). Esse foi um resultado esperado em relação a condição de irrigação subsuperficial, devido ao maior umedecimento superficial, pelo menos próximo aos gotejadores, e a consequente maior evaporação na superfície do solo. Na irrigação subsuperficial, a umidade se concentrou mais a 0,40 m do que a 0,10 m de profundidade, indicando ter maior infiltração, com os

menores valores de tensão da água no solo na maior profundidade medida durante todo o ciclo do meloeiro (Figura 12). Outra observação relevante é que os valores de umidade estão dentro da faixa de 30 a 40 kPa, que normalmente é a faixa de tensão encontrada no campo em sistemas irrigados. O movimento descendente da água no perfil do solo abaixo da profundidade de 0,10 m é esperado, pelo fato dos gotejadores já estarem posicionados nessa profundidade dentro do solo e possibilitando primeiramente a maior expansão do bulbo molhado em profundidade do que lateralmente.

A redução da lâmina irrigada em 20% da ET_c diária pode ter contribuído para a diminuição significativa da umidade do solo, tanto nas camadas superficiais (até 0,10 m) como na profundidade de 0,40 m, principalmente no final do ciclo. Porém, não foi prejudicial ao desenvolvimento do meloeiro, até porque o maior volume de raízes ativas do meloeiro tende a se concentrar nos primeiros 0,30 m no perfil do solo (DUSI, 1992) e a produtividade foi alta, alcançando 58,6 t ha⁻¹ (Figura 17). Gurovich (1979), verificou que o meloeiro pode ser mantido sem irrigação até uma tensão de água no solo de 50 a 60 kPa, sem que ocorram perdas consideráveis na produção e, desta forma, pode-se obter economia de água em torno de 15% a 31% para as condições do semiárido brasileiro.

6.2 Crescimento e desenvolvimento das plantas de meloeiro

O número de folhas por planta (NF) e o índice de área foliar (IAF) aumentaram conforme o padrão normal de crescimento de um dossel vegetal (Figura 13a e 13b). Em termos de valores, são similares aos encontrados para o meloeiro cultivado a campo no nordeste brasileiro por Nascimento et al. (2002), que demonstraram haver pouca influência do teor de umidade no solo sobre o crescimento da parte aérea do meloeiro, o qual foi submetido a variação na lâmina de irrigação de 55% a 130% da sua necessidade hídrica. Infere-se também, que a redução da lâmina de irrigação diária para 80% da ET_c não resultou em deficiência hídrica (DH) suficiente para ter efeito significativo no crescimento do meloeiro. No meloeiro, a DH tem como principais sintomas reduções na área foliar e na produção de matéria seca (SINGH, 1989), o que não foi verificado até os 55 DAT.

Verifica-se que a diferença de IAF entre os tratamentos foi pequena no subperíodo vegetativo (Figura 13b), compreendido desde o transplante das mudas até o início da floração, aos 41 DAT, sendo muito semelhante nos três tratamentos, principalmente até os 20 DAT. No

entanto, a partir dos 41 DAT o tratamento com irrigação superficial e cobertura pelo plástico apresentou IAF cerca de 20% maior. Ao considerar o incremento do IAF, até os 41 DAT foi pequeno nos três tratamentos em comparação aos valores observados nas duas semanas seguintes. Assim, aos 55 DAT, o IAF alcançou valor de cerca de $3,0 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ no tratamento com irrigação na superfície sem a cobertura do solo e em torno de $3,8 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ nos outros dois tratamentos.

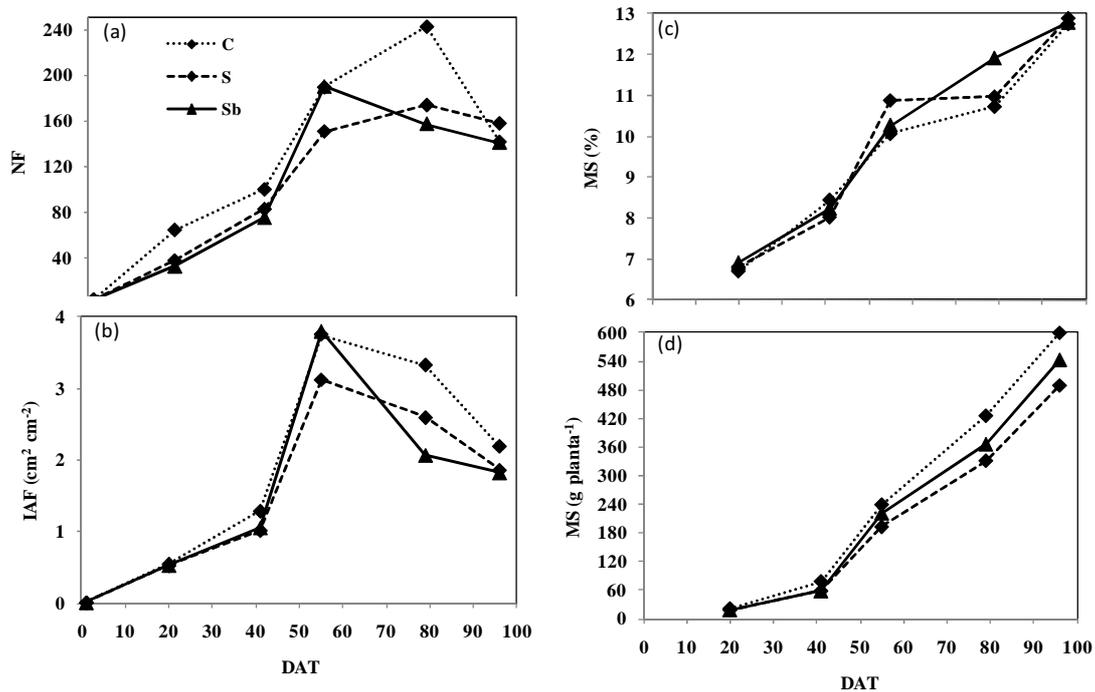


Figura 13 – Valores médios do número de folhas (NF) (a), índice de área foliar (IAF) (b), porcentagem de massa seca na massa verde (%MS) (c) e massa seca acumulada (MS) (d) em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no verão de 2008, em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

A semelhança do IAF entre os tratamentos e a inércia no crescimento inicial do meloeiro, podem ser atribuídas à ocorrência de precipitação desde o transplante até os 16 DAT. Nesse período, na maior parte dos dias, as plantas estiveram submetidas a condições de solo encharcado, baixa insolação e com menor temperatura diurna do ar, decorrentes da nebulosidade, o que desfavoreceu o seu crescimento e reduziu a demanda hídrica atmosférica, mas favoreceu a homogeneização da umidade no solo em todos os tratamentos.

Em condições normais para a região (Figura 1), com pouca precipitação e sob o efeito apenas da lâmina de irrigação, as plantas do tratamento com irrigação subsuperficial poderiam ter atrasado mais seu desenvolvimento inicial pela maior dificuldade no pegamento das mudas, em virtude do não umedecimento total da superfície do solo pelo enterrio dos gotejadores. Em contrapartida, o efeito do plástico na elevação da temperatura do ar junto às plantas, aumentando a soma térmica, causaria a emissão de um maior número de folhas (NF), principalmente no período em que a temperatura do ar na região não foi muito alta. Isso realmente foi verificado, pois desde o início do ciclo o NF manteve a tendência de ser maior nos tratamentos com cobertura pelo plástico do que nos tratamentos em que o solo não recebeu a cobertura (Figura 13a).

A partir dos 55 DAT, quando o IAF atingiu o valor máximo, as diferenças entre os valores dessa variável nos tratamentos foram maiores, o que poderia ser decorrente de dois fatores. Com o início da floração e da frutificação, houve aumento do número de drenos para os fotoassimilados, havendo detrimento da alocação para as folhas mais velhas que em parte senesceram, tendendo a reduzir a área foliar da planta. Cecílio Filho et al. (2006) mencionam ser significativamente reduzido o incremento das variáveis NF e IAF, quando o meloeiro inicia o período reprodutivo. Sobretudo, após o início da colheita, aos 76 DAT, a redução no NF e IAF foi mais marcante, principalmente nos tratamentos que não receberam cobertura plástica na superfície do solo e que apresentaram menores valores de umidade volumétrica no solo. A redução da umidade disponível no volume de solo ocupado pelas raízes pode ter sido de tal ordem que fosse insuficiente para atender a demanda hídrica e apresentasse diferenças, o que foi verificado aos 79 DAT. Em parte, isso se deve à redução na lâmina de irrigação em função do coeficiente de cultura adotado para este subperíodo. Também se deve a senescência e abscisão foliar natural e aos danos físicos causados na folhagem por ocasião da colheita manual dos frutos, visto que o meloeiro foi cultivado em hábito de crescimento rasteiro.

O tratamento com irrigação superficial e cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo filme plástico favoreceu o aumento do NF e IAF (Figura 13a e 13b). É provável que, nesta condição, as plantas tenham se beneficiado de melhores condições ambientais, estando sujeitas a menos competição com ervas daninhas e maior disponibilidade e aproveitamento da água no solo, se comparado com o cultivo sem a cobertura pelo plástico ou irrigação subsuperficial. O maior desenvolvimento vegetativo nesse tratamento refletiu-se na produtividade, que foi 10,16% e 11,07% superior à encontrada nos tratamentos com irrigação superficial sem cobertura pelo plástico e irrigação subsuperficial, respectivamente (Figura 17). Medeiros et al. (2006), também verificaram o efeito benéfico da cobertura do solo como

um dos fatores responsáveis pelo maior rendimento de frutos no meloeiro.

Ao contrário do NF e IAF, a porcentagem de massa seca na massa verde (%MS) e a massa seca acumulada aumentaram continuamente, inclusive na fase final do ciclo, até aos 96 DAT (Figura 13c e 13d), apresentando características de uma contínua lignificação dos tecidos. De acordo com Gunton; Evenson (1980), o IAF e a taxa de produção de matéria seca são altamente correlacionados. No entanto, o menor IAF encontrado aos 96 DAT para o tratamento com irrigação subsuperficial não afetou o incremento na %MS (Figura 13c). Além da lignificação, a principal razão parece estar relacionada também com a redução na relação entre folhas e caules, isto é, ocorreu redução no NF e IAF. No entanto, os caules se mantiveram, sendo os maiores contribuintes para a massa seca no ciclo, principalmente na irrigação subsuperficial. Conforme Grisi et al. (2008), sob condição de déficit hídrico alguns tecidos das plantas mostram características de processo de lignificação e neste sentido sugere-se que as condições inerentes à distribuição da água no solo, na irrigação subsuperficial, possam ter induzido o metabolismo da planta a investir mais em lignificação, com maior porcentagem de massa seca em detrimento do crescimento vegetativo (Figura 13d).

6.3. Crescimento radicular do meloeiro

A intensidade radicular (IR) do meloeiro foi influenciada significativamente pelo manejo do sistema de irrigação (Tabela 3). O efeito maior foi em relação ao local de amostragem, ou seja, na posição 1, distante 0,10 m da planta, e na posição 2, a 0,40 m da planta subsequente em direção a entrelinha, do que em função das datas de amostragem. As observações da IR ocorreram aos 77, 85 e 99 DAT, todas no subperíodo da colheita iniciada aos 76 DAT. Em tese, nessa fase a planta segue sem emissão de novas raízes até o final do ciclo, ocorrendo, inclusive, a morte de parte das raízes, pois por si próprias não são capazes de se manterem metabolicamente (KLAPP, 1997). As raízes são dependentes da importação de fotoassimilados oriundos da parte aérea da planta (KLAPP, 1997) e no caso deste cultivo, aos 79 DAT as plantas de meloeiro já apresentavam redução de seu IAF (Figura 13b).

Na posição 1, a maior discrepância entre os tratamentos ocorreu dentro da primeira amostragem de raízes, aos 77 DAT (Tabela 3). Da segunda para a terceira amostragem a diferença dos valores absolutos foi menor entre os tratamentos, principalmente devido a redução da IR no tratamento com irrigação subsuperficial, porém, manteve a distinção

estatística do tratamento com a cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico em relação aos demais, inclusive na posição 2. No entanto, deve ser considerado que na posição 2 os valores da IR apresentaram-se de forma inversa aos da posição 1.

A maior diferença ocorreu entre os valores de IR encontrados no tratamento com irrigação superficial com a cobertura do solo pelo plástico em relação à irrigação subsuperficial. De modo geral, na posição 1, a IR sob a cobertura plástica foi a menor nos três momentos de observação, demonstrando menor concentração de raízes nas proximidades da planta. Contudo, deve-se levar em consideração que o sistema radicular do meloeiro é fasciculado e seria normal que se estendesse mais horizontalmente do que em profundidade.

Analisando a IR, na posição 2, nos tratamentos com irrigação superficial sem a cobertura do solo e com irrigação subsuperficial, percebe-se que a tendência de expansão horizontal não se confirmou, pois os valores de IR nesses dois tratamentos foram sempre menores do que a verificada sob a cobertura plástica (Tabela 3). Esse fato indica que o manejo da irrigação pode ter influenciado na distribuição das raízes do meloeiro, sendo a distribuição horizontal altamente favorecida pela presença da cobertura do solo pelo filme plástico.

No tratamento com irrigação superficial com a cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico, a maior IR ocorreu nas observações registradas na posição 2, evidenciando um maior desenvolvimento de raízes horizontalmente. Como foi realizada uma irrigação diária, o volume da lâmina de água aplicada em cada irrigação foi elevado o suficiente para tal expansão. Em consequência, o umedecimento pode ter sido mais acentuado, como visto na evolução da umidade do solo a 0,10 m de profundidade para os tratamentos com irrigação superficial com e sem a cobertura pelo plástico (Figura 11a e 11b). Sob a cobertura, por ser praticamente inexistente a evaporação da água, a conservação da umidade na camada superficial do solo proporcionou o encharcamento por mais tempo próximo ao emissor. Essa condição, que se repetiu diariamente, pode ter favorecido a maior expansão das raízes para fora do volume de solo muito molhado, em direção à entrelinha. Provavelmente, diante da possível limitação do fluxo de oxigênio para as raízes, essas buscaram espaços no solo mais favoráveis para seu crescimento, por meio da expansão lateral. Em cultivos irrigados, as condições de taxa de difusão de oxigênio e o teor de água no solo exercem grande influência no crescimento das raízes. Com irrigação excessiva, a taxa de difusão de oxigênio limita o crescimento radicular, principalmente em profundidade. Por outro lado, a irrigação insuficiente limita o crescimento radicular por falta de água ou pela alta resistência do solo, e quando a irrigação mantém a superfície do solo úmido, a maior parte do sistema radicular é encontrado na parte superior do perfil do solo (KLEPPER, 1991).

Com base nas informações de Klepper (1991) pode-se inferir que essa tendência se manifestou de forma mais acentuada no tratamento com irrigação superficial com a cobertura do solo pelo plástico, onde ela evitou que a demanda evaporativa atmosférica interferisse na distribuição da água e assim foi potencializada a manutenção da umidade na camada superficial do solo. O maior aquecimento proporcionado pelo plástico pode ter aumentado a evaporação e posterior condensação na superfície interna do plástico durante a noite, quando ocorreu o resfriamento e desta forma manteve-se a umidade no solo abaixo do plástico. Essa maior umidade superficial induziu as raízes a direcionarem seu crescimento para os espaços do solo mais aerados, resultando em maior volume de raízes distribuídas horizontalmente, posição 2, e nas camadas superficiais do solo, até os primeiros 0,14 m (Figura 14b, 14d e 14f). Na posição 1, mais úmida, as raízes se aprofundaram um pouco mais, situando-se preferencialmente nas camadas entre 0,14 e 0,28 m (Figura 14a, 14c e 14e).

A irrigação superficial sem a cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico e a irrigação subsuperficial tiveram a IR distribuída mais em profundidade do que no sentido horizontal. Os maiores valores de IR foram encontrados na posição 1, tendência que se repetiu nas três datas de amostragem (Tabela 3). Nas Figura 14a, 14c e 14e, verifica-se essa informação, com predominância da distribuição radicular nas camadas mais profundas do perfil do solo, entre 0,20 e 0,33 m.

Tabela 3 – Intensidade radicular (IR) do meloeiro em função dos dias após o transplante (DAT) para as medições efetuadas na posição 1 (0,10 m distante da planta em direção à entrelinha), na posição 2 (0,40 m) e o valor total de IR (soma das posições 1 e 2) no verão de 2008, em Évora, Portugal.

Datas de amostragem	Manejo da irrigação	Intensidade radicular (mm mm ⁻²)			
		Tratamentos	Posição 1	Posição 2	Total
77	C		0,9784 c*	3,6564 a	4,6348
	S		3,4805 b	1,7996 b	5,2801
	Sb		5,3293 a	2,2802 b	7,6095
85	C		2,8097 b	4,7212 a	7,5309
	S		3,6106 ab	2,0183 b	5,6289
	Sb		4,2072 a	2,1580 b	6,3652
99	C		2,3130 b	4,4561 a	6,7691
	S		4,1577 a	1,8438 b	6,0015
	Sb		3,5680 a	2,2887 b	5,8507
CV%			42,27	50,11	-

C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo; CV% = coeficiente de variação; *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A IR na irrigação superficial sem a cobertura pelo plástico apresentou similaridade com a irrigação subsuperficial, porém, a concentração maior de raízes ocorreu nas camadas superficiais, até os 0,20 m (Figura 14a, 14c e 14e) e na média total a IR foi menor (Tabela 3). Outra observação relevante é a de que a IR na irrigação subsuperficial tendeu a se igualar estatisticamente à irrigação superficial sem cobertura do solo pelo plástico no decorrer do avanço do ciclo dos 77 para os 99 DAT (Tabela 3). De acordo com Ben-Asher; Phene (1993), na irrigação subsuperficial o bulbo molhado assume um formato mais esférico e o seu volume é maior do que o bulbo molhado formado com a irrigação superficial, que nesse caso, as raízes tendem a se concentrar ao redor do emissor de água. Sendo assim, o espaço molhado para o uso das raízes sob irrigação subsuperficial também é maior em relação a irrigação superficial. Costa et al. (2003) verificaram que no meloeiro irrigado por gotejamento a aplicação de lâminas de irrigação superiores a necessidade hídrica da cultura proporcionou maior acúmulo de raízes na camada superficial (0-0,10 m) do solo. Também verificaram que a menor quantidade de raízes sempre foi encontrada na maior profundidade estudada, que no caso foi até os 0,40 m, demonstrando que o sistema radicular do meloeiro não tende a atingir grandes profundidades, mesmo com irrigação insuficiente. Ao efetuar a soma dos valores de IR da posição 1 com os da posição 2, percebe-se que os valores totais de IR entre os tratamentos são semelhantes, independente da data de amostragem (Tabela 3). Isso indica que a maior diferença entre IR ocorre na distribuição das raízes entre as posições 1 e 2, mas no total o volume de raízes tende a ser o mesmo em todos os tratamentos.

Essas informações são importantes quando se trata de irrigação localizada associada ao uso da fertirrigação, onde os fertilizantes, assim como a água, também são depositados no nível do bulbo molhado e as raízes tendem a se concentrar nesse espaço do solo. Dependendo da profundidade de instalação dos gotejadores, poderá até ser feita uma previsão do dimensionamento ou abrangência do sistema radicular. Medeiros (1998) verificou que quanto mais salina a água de fertirrigação mais superficialmente ocorre a absorção de água, o que em parte é explicado pelo fato de que na região próxima ao gotejador, na irrigação superficial, a salinidade do solo ficar mais baixa e desta forma permitir o maior crescimento radicular.

A comparação entre os dados das raízes obtidos por meio do *minirhizotron* e pela coleta de amostras de solo mais raízes, com o trado, deve ser realizada com cautela, pois se trata de estimativas de variáveis distintas. A alta variabilidade observada entre as camadas de solo na distribuição da IR (Figura 14) e densidade radicular (DR) (Figura 15) é uma das causas que dificultam a obtenção de resultados padronizados independente do método que é usado para as amostragens, principalmente em relação a quantificação das raízes por camadas

ao longo do perfil do solo (VAN NOORDWIJK et al., 1985). A variabilidade pode ser tão grande que a diferença entre tratamentos pode não ser detectada por um método, enquanto que, por outro as diferenças passam a ser perceptíveis.

Neste estudo, IR e DR não representaram da mesma forma a distribuição radicular do meloeiro em função dos tratamentos aplicados. A diferença é marcante em relação aos valores de IR e DR encontrados para a posição 1 e posição 2 (Figura 14 e Figura 15). A grande quantidade de raízes encontradas na camada superficial, até os 0,14 m do solo, na posição 2, para o tratamento com irrigação superficial e cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico nas observações com o *minirhizotron* (Figura 14), não foi identificada em termos de DR (Figura 15). Neste mesmo tratamento a IR sempre foi menor nas camadas superficiais para a posição 1, o que não foi demonstrado com a DR. Sendo assim, é preciso fazer referência a alguns detalhes de cada uma das metodologias e que podem contribuir para a interpretação dos dados.

Primeiramente, deve-se considerar que as datas de amostragem diferiram para cada método. A DR foi amostrada aos 41, 56 e 84 DAT, enquanto a IR foi obtida aos 77, 85 e 99 DAT. Mesmo assim, os valores de DR dos 84 DAT e IR dos 85 DAT foram diferentes, sendo praticamente opostos. No entanto, para esta variação pondera-se o fato de que a DR foi obtida por um método destrutivo e não foi amostrado na mesma planta em que foram realizadas as coletas das imagens pelo *minirhizotron*, podendo ser resultado do acaso e variabilidade espacial. Já na irrigação superficial sem a cobertura do solo, a DR e a IR apresentaram a mesma tendência, pelo menos para a amostragem na posição 1. A subestimativa na quantificação das raízes pelo método destrutivo, em parte pode ser decorrente das perdas de raízes ao longo do processo, pois no momento da coleta pela inserção do trado verticalmente no solo pode haver o esmagamento de raízes, além do que os tubos do *minirhizotron* são inseridos no solo com 45° de inclinação. Na lavagem das raízes também pode haver perdas, mais precisamente de raízes finas, que nas imagens são visíveis e quantificadas.

A variação da DR entre as diferentes DAT, não demonstra a cronologia de crescimento radicular, provavelmente porque em cada data a coleta foi realizada em plantas diferentes, estando sujeita a variabilidade espacial e amostragem de plantas que não representem a condição do cultivo. A maior demanda de tempo e mão de obra é a razão pela qual a maioria dos trabalhos de quantificação do sistema radicular que dispõem apenas de métodos destrutivos, realizam somente uma coleta de amostras, a qual geralmente é realizada na fase final do ciclo e desta forma avalia-se o crescimento final das raízes. Por meio do *minirhizotron*, foi possível o acompanhamento do crescimento radicular no tempo e sempre

na mesma planta, pois não foi preciso destruir a amostra. Analisando apenas em termos de proporção da distribuição das raízes, fica claro que com a coleta destrutiva das amostras de raízes, não foi detectada a grande expansão que as raízes sob a irrigação superficial com a cobertura do solo pelo plástico tiveram no sentido horizontal, quando amostradas pelo minirhizotron (Figura 14b, 14d e 14f).

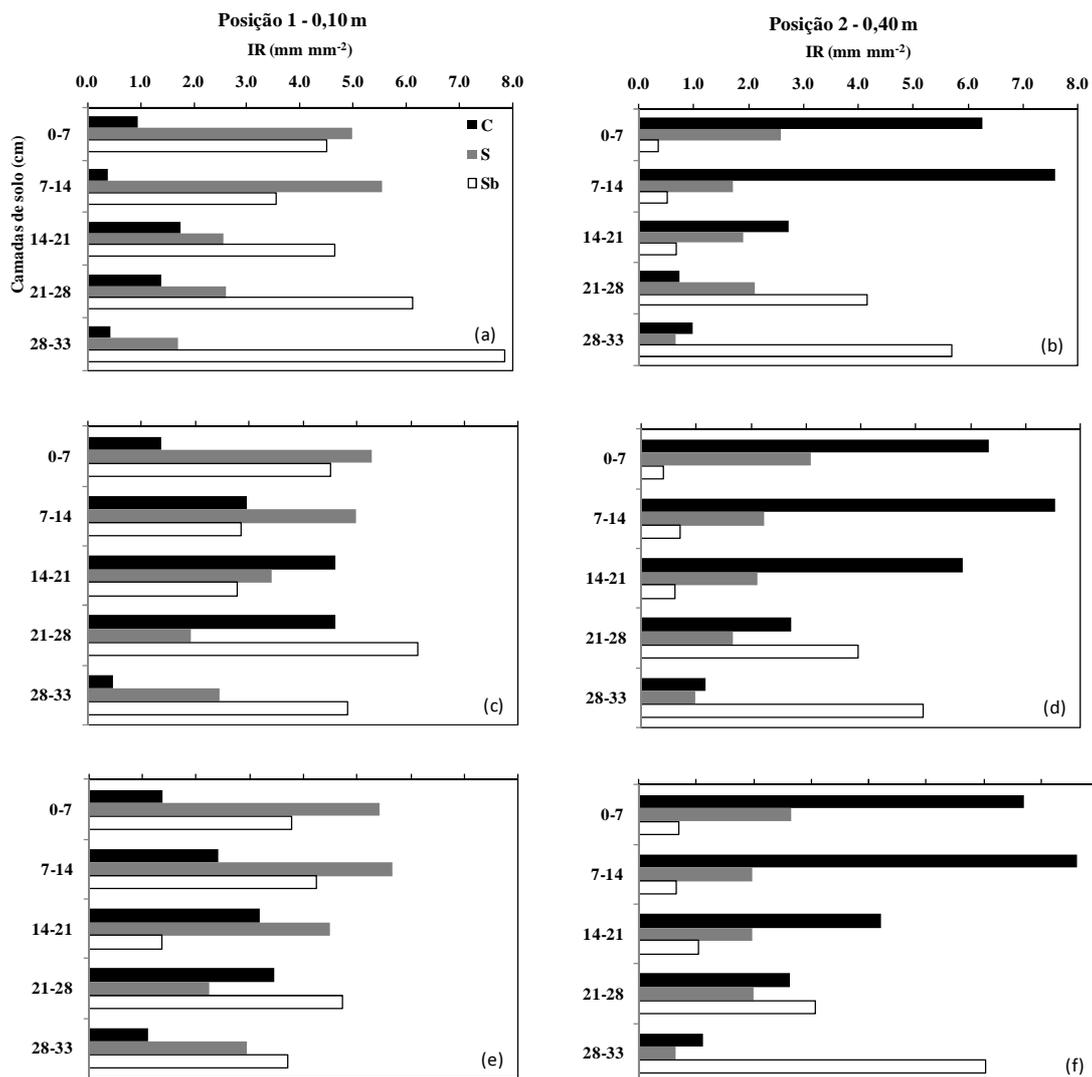


Figura 14 – Intensidade radicular (IR), obtida pelo método do *minirhizotron*, para as determinações realizadas aos 77 dias após o transplante (DAT) (a,b), aos 85 DAT (c,d) e aos 99 DAT (e,f) no meloeiro cultivado no período de primavera/verão de 2008, em Évora, Portugal. Para cada determinação, os valores foram medidos nas posições de 0,10 e 0,40 m distante da planta em direção à entrelinha para as diversas camadas de solo. C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

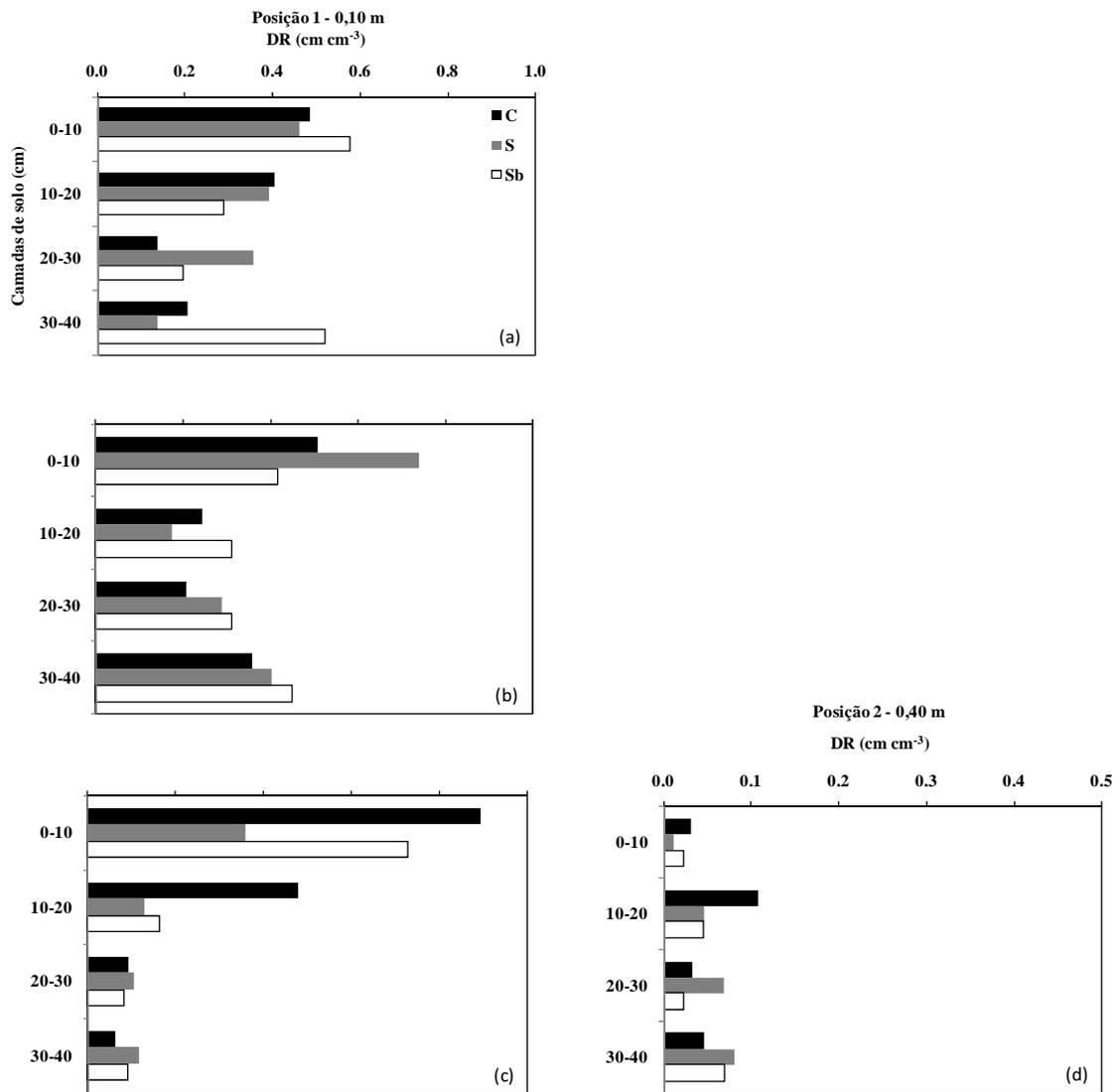


Figura 15 – Densidade radicular (DR), obtida pelo método do trado manual, para as determinações realizadas aos 77 dias após o transplante (DAT) (a), aos 85 DAT (b) e aos 99 DAT (c, d) no meloeiro cultivado no período de primavera/verão de 2008, em Évora, Portugal. Para cada determinação, os valores foram medidos nas posições de 0,10 e 0,40 m distante da planta em direção à entrelinha para as diversas camadas de solo. C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

6.4 Produtividade, qualidade dos frutos e eficiência do uso da água de irrigação

A cobertura do solo pelo filme plástico ou o enterrio dos gotejadores não determinaram diferença significativa para o diâmetro longitudinal e transversal, nem para o teor de sólidos solúveis totais e o peso médio de frutos (Tabela 4). No tratamento com

irrigação superficial com cobertura do solo pelo plástico, a razão entre o diâmetro longitudinal e transversal foi a mais próxima de 1,0. Segundo Forster (1967), para os melões do grupo Cantaloupe são indicados índices ao redor de 1,0, ou seja, com o formato próximo ao esférico, característica favorável à comercialização.

Tabela 4 – Valores médios das características físico-químicas e massa fresca dos frutos de melão rendilhado em diferentes manejos do sistema de irrigação em Évora, Portugal, 2008.

Manejo da irrigação	Diâmetro Longitudinal (cm)	Diâmetro Transversal (cm)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)	massa média dos frutos (g)
C	12,58 a *	13,32 a	11,79 a	950,42 a
S	12,38 a	12,79 a	11,34 a	930,58 a
Sb	11,95 a	13,14 a	11,31 a	951,41 a
CV%	3,51	2,91	9,59	7,63

C = irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m de profundidade sem cobertura do solo. *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

O teor de sólidos solúveis totais obtidos para todos os tratamentos estão acima da média de 6,98 °Brix encontrada por Aroucha et al. (2007), também para um híbrido de meloeiro rendilhado. No entanto, foram similares aos apresentados por Gualberto et al. (2001) e Castoldi et al. (2008) e no geral, estão em torno dos valores exigidos para melões com destino à exportação. Filgueiras et al. (2000) mencionam que o teor de sólidos solúveis deve ser de pelo menos 9,0 °Brix e, especificamente, para o mercado europeu a exigência é de que o teor de sólidos solúveis totais esteja entre 9,0 e 10,0 °Brix. Esse parâmetro é usado para assegurar a qualidade do melão, embora não seja considerado como fator de qualidade único.

A condição de alta luminosidade e temperatura, associadas à baixa umidade relativa do ar ocorrida na região, proporcionaram condições para obter os altos teores de sólidos solúveis totais em todos os tratamentos. Conforme explicam Taiz; Zeiger (2004), o acúmulo em sólidos solúveis totais no decorrer do processo de maturação, ocorre devido aos componentes químicos provenientes da fotossíntese, que correspondem principalmente aos carboidratos que são carreados para os frutos. Analogamente, para um cultivar do tipo amarelo cultivado em clima temperado, Martins et al. (1998) verificaram que a cobertura do solo proporcionou valores de sólidos solúveis totais superiores aos obtidos com o solo descoberto. Os autores atribuíram esse resultado ao aumento da temperatura do solo coberto,

que elevou também a temperatura do fruto e, conseqüentemente, o metabolismo para aumentar o teor de sólidos solúveis totais. No entanto, a explicação mais plausível é a de que a cobertura do solo isola, tanto o fruto quanto o ar, do contato com o solo. Isso propicia um maior resfriamento noturno do ar e do fruto e, conseqüentemente, atenua a respiração noturna do fruto, preservando os seus teores de açúcares.

Câmara et al. (2007) encontraram valor de sólidos solúveis totais de 10,9 °Brix para o melão cultivado em solo descoberto e 12,0 °Brix no solo coberto com plástico preto. Esses autores salientam o efeito positivo dos tipos de cobertura do solo, neste caso também só das linhas de cultivo, no teor de sólidos solúveis totais dos frutos, em comparação com o solo descoberto. No caso das características físico-químicas, teor de sólidos solúveis totais e peso médio de frutos, pode ter ocorrido um efeito compensatório entre os tratamentos. Todas as plantas estavam submetidas à mesma lâmina de irrigação e às mesmas condições edafoclimáticas. A elevada intensidade luminosa, comum na região nesta época do ano, também pode ter aumentado a atividade fotossintética e, como em nenhum tratamento foi percebido deficiência hídrica - seja pela cobertura do solo, enterrio dos gotejadores ou o efeito da cobertura do solo pela própria folhagem da planta - este híbrido conseguiu expressar seu potencial produtivo de maneira similar, independente do manejo de irrigação empregado.

A evolução do número e peso de frutos em cada colheita (Figura 16a e 16b), mostra que o pico da colheita ocorreu aos 82 DAT quando o NF e o IAF já apresentavam decréscimo (Figura 13a e 13b). Verifica-se também que os maiores volumes colhidos precocemente na fase inicial da colheita (dos 70 aos 79 DAT), foram no tratamento com irrigação superficial e cobertura do solo pelo filme plástico, evidenciando uma antecipação e melhor distribuição da colheita ao longo do ciclo, provavelmente devido a uma possível maior soma térmica. Esta informação é de grande valia para os agricultores que almejam obter maior margem de lucro, pois conseguem ofertar no mercado consumidor a produção ainda no final da entressafra.

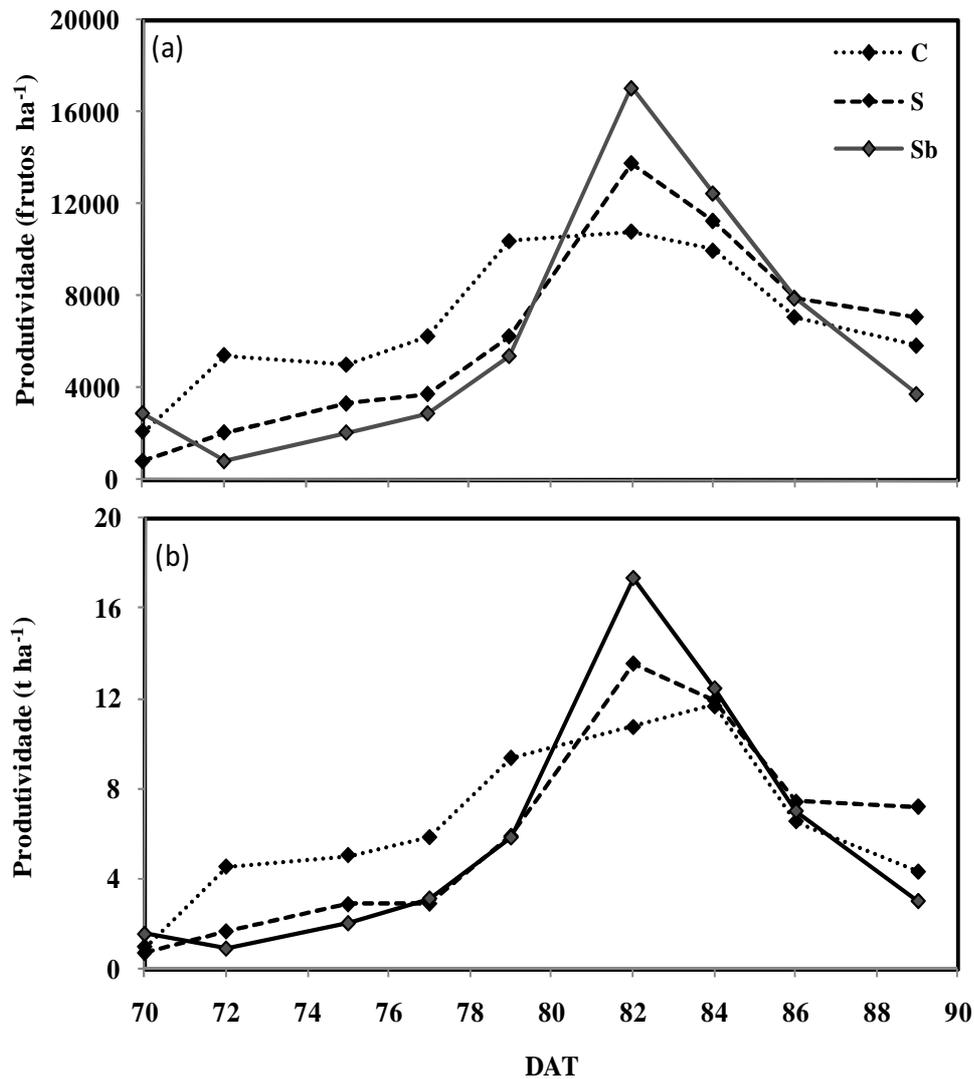


Figura 16 – Valores médios da produtividade ($t\ ha^{-1}$) e número de frutos comerciais ($frutos\ ha^{-1}$) em cada colheita em função dos dias após o transplante (DAT) do meloeiro cultivado no período de primavera/verão de 2008 em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo.

No tratamento com irrigação superficial sem a cobertura do solo pelo filme plástico e no tratamento com irrigação subsuperficial, o número de frutos e a produtividade em cada colheita foram muito próximos entre si e inferiores ao tratamento com a cobertura pelo plástico. No entanto, no auge da colheita produziram mais e se considerado a produção total, foram pouco inferiores ao tratamento com irrigação superficial com cobertura do solo pelo plástico, não diferindo estatisticamente (Figura 17). Dogan et al. (2008) também concluíram que a produção de frutos de melão não apresentou diferença significativa entre a irrigação por

gotejo superficial ou enterrada. Estatisticamente, os resultados encontrados nesse trabalho apenas indicam a não dependência da produtividade com o uso ou não da cobertura do solo pelo plástico e a profundidade de enterrio dos gotejadores utilizada. Porém, reporta-se para as vantagens referidas ao uso das coberturas do solo, que nesse caso, embora não foram significativamente maiores, apontam para a tendência de bons resultados. Medeiros et al. (2006) reforçam essa hipótese, pois obtiveram produtividade 28% maior no meloeiro do tipo Cantaloupe com o uso da cobertura do solo em relação ao cultivo em solo descoberto. No entanto, na adoção de alternativas com o intuito de melhorar a eficiência da irrigação por gotejo, nem sempre se chega aos resultados esperados. Da mesma forma, Araújo et al. (2003) observaram que não houve influência da cobertura do solo no peso médio de frutos, número de frutos e produtividade de frutos comerciais de meloeiro. Por outro lado, Moraes et al. (2008) obtiveram maior produtividade de melão sob gotejo com a cobertura do solo por plástico. De qualquer forma, é possível que ao reduzir ainda mais a irrigação em relação a ETc as diferenças de produção se manifestem com mais clareza, o que só pode ser respondido com mais experimentos.

A produtividade comercial total do meloeiro não foi significativamente afetada pelos tratamentos (Figura 17). Os valores médios encontrados estão muito acima da média mundial que é de 22,1 t ha⁻¹ (FAO, 2007), das 23,0 t ha⁻¹ referente à média brasileira (IBGE, 2007) e das médias do maior pólo produtor de melão no nordeste brasileiro, cuja produtividade situa-se em torno de 15 t ha⁻¹. Portanto, pode-se inferir que sob condições de alta disponibilidade de radiação solar para a fotossíntese, mesmo que a demanda hídrica seja alta devido a energia disponível e grande déficit de saturação do ar durante o dia, a redução da irrigação para 80% da ETc não deve ter afetado significativamente a produção. Assim, essa talvez seja a principal razão da produção ser estatisticamente similar sob os três tratamentos.

No tratamento com irrigação superficial e a cobertura do solo das linhas de cultivo pelo plástico, a produtividade comercial foi 10,16 e 11,07% maior em relação à irrigação superficial sem cobertura do solo e a subsuperficial, respectivamente, porém não houve diferença estatística. Isso pode decorrer da interação de fatores que favoreceram o desenvolvimento das plantas e desfavorecem o ataque dos frutos por insetos e patógenos do solo. Tal, como mencionado anteriormente, para explicar o desenvolvimento vegetativo do meloeiro, o filme plástico contribuiu para a manutenção da umidade do solo e pode ter aumentado a temperatura no solo. Por conseqüência, pode ser inferido que houve maior atividade microbiana, maior mineralização do nitrogênio orgânico do solo e a nitrificação dos adubos, aumentando a disponibilidade desse nutriente nas camadas mais superficiais do solo,

além de reduzir as perdas por lixiviação e a volatilização de nutrientes essenciais para as plantas. Também pode ter aumentado a área fotossintetizante pela capacidade de refletir o espectro solar às folhas da parte inferior e do interior da planta, e desta forma garantir fotossintatos para o desenvolvimento (TSEKLEEV et al., 1993). Mais especificamente, há relatos de que ocorre um aumento da concentração de CO₂ liberado pelas raízes e pelos microrganismos que habitam o solo sob o filme plástico, o qual é canalizado pela abertura onde se encontra a planta e auxilia no aumento da fotossíntese (KANAVEL; MOHR, 1967; SANDERS, 2001). Esse microclima favorável à planta pode ser a resposta para o maior crescimento vegetativo e desenvolvimento em termos de NF e IAF (Figura 13a e 13b) e sistema radicular (Figura 14 e Figura 15).

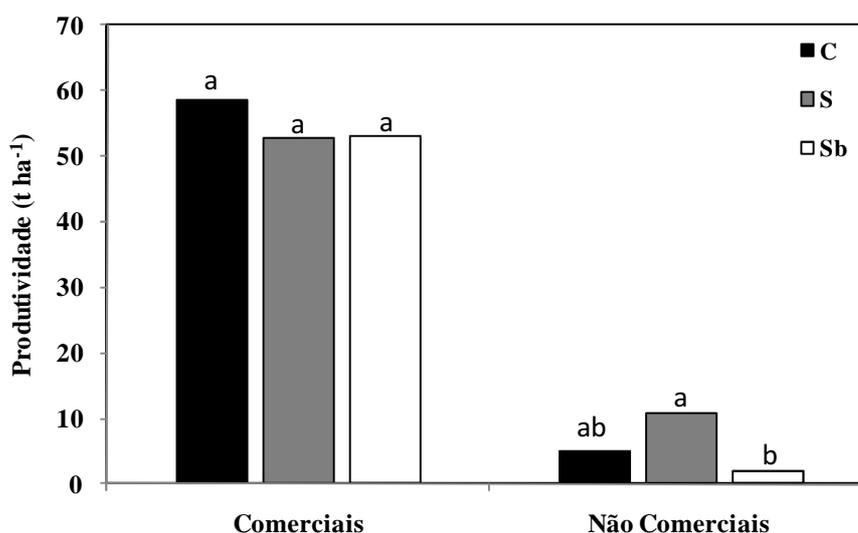


Figura 17 – Produtividade total de frutos comerciais e não comerciais de melão (t ha⁻¹) cultivado no período de primavera/verão de 2008 em Évora, Portugal. C = tratamento sob irrigação superficial com cobertura do solo nas linhas de cultivo por filme plástico; S = irrigação superficial sem cobertura do solo; e Sb = irrigação subsuperficial a 0,10 m sem cobertura do solo. Obs: médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A produção não comercial de frutos foi estatisticamente superior aos demais no tratamento com irrigação superficial sem a cobertura pelo plástico (Figura 17). As causas estão relacionadas aos danos causados por podridões, atribuídas ao contato dos frutos com a superfície umedecida do solo e encharcada quando da realização da irrigação. Frutos não comerciais ocorrem com certa percentagem em cultivos de meloeiro, mas essa perda pode ser

diminuída quando o solo estiver coberto ou ao utilizar sistema de irrigação subsuperficial. No experimento atual a irrigação subsuperficial e o uso da cobertura do solo pelo plástico formaram um microambiente desfavorável à proliferação desses patógenos, pois as respectivas superfícies do solo e do plástico se mantêm mais secas. Reportando-se novamente às Figura 11a e 11b, observa-se que os valores da umidade na camada superficial do solo (0,10 m) nos tratamentos com irrigação superficial, com solo coberto e descoberto, são similares. No entanto, a cobertura plástica evitou o contato dos frutos com o solo úmido, o que não ocorreu quando se utilizou a irrigação superficial sem cobrir o solo.

São de longa data os estudos que comprovam que a irrigação por gotejo é uma alternativa para aumentar a eficiência do uso da água (EUA) e o rendimento de grande parte das culturas em que pode ser empregada. Nesse trabalho, a EUA foi de 208, 188 e 189 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para o tratamento com irrigação superficial com a cobertura do solo das linhas de cultivo pelo plástico, para a irrigação superficial sem a cobertura pelo plástico e para a irrigação subsuperficial, respectivamente. Numericamente, a variação entre os tratamentos foi pequena. No entanto, os valores são muito elevados, representando a grande economia de água, além de uma pequena melhora no potencial produtivo das plantas. Salienta-se que, na condição desse experimento, a EUA foi obtida com uma redução de 20% na lâmina de irrigação diária em relação a ETc. Segundo as conclusões de Yldirim et al. (2009), a aplicação de 75% da lâmina diária de água relativa a ETc seria o programa de irrigação mais conveniente para o meloeiro em termos de EUA. Contudo, para uma variedade do grupo amarelo, cultivada na região nordeste do Brasil, Sousa et al. (2000) constataram que a maior produtividade total, que foi de 78 t ha⁻¹, e a máxima eficiência do uso da água, da ordem de 282 kg ha⁻¹ mm⁻¹, foram obtidas com a frequência de irrigação diária de ETc total. Assim, há resultados conflitantes com relação a EUA e utilização da lâmina total de irrigação ou não. No entanto, os resultados apresentados neste trabalho evidenciam que 0,8 ETc é uma lâmina de irrigação suficiente para alcançar alta produtividade em cultivos de meloeiro, inclusive para a condição de solo sem cobertura pelo filme plástico.

7 CONCLUSÕES

O enterrio dos gotejadores evita o umedecimento excessivo da superfície do solo e agrega maior qualidade aos frutos do meloeiro.

A cobertura do solo por filme plástico mantém a umidade superficial do solo e favorece o desenvolvimento e o crescimento vegetativo e melhora a distribuição radicular do meloeiro.

O crescimento radicular lateral (horizontal) é maior sob a cobertura das linhas de cultivo por plástico.

A irrigação subsuperficial induz ao aprofundamento do sistema radicular do meloeiro.

A produtividade comercial pode ser maior com irrigação superficial e cobertura do solo nas linhas de cultivo pelo plástico, devido à redução de frutos não comerciais.

A irrigação superficial sem cobertura do solo por filme plástico aumenta a proporção de produção de frutos não comerciais no meloeiro.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **Crop Evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R. G.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O.; PEREIRA, L. S.; JENSEN, M. E. Water requirements. In: HOFFMAN, G. J.; EVANS, R. G.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L.; ELLIOTT, R. L. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASABE, chap. 8, p. 208-288, 2007.

ALMEIDA, D. et al. Microbial carbon, nitrogen and phosphorus on soil under different mulchings in organic apple orchard in southern of Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1069-1077, 2009.

ANTUNEZ, A. et al. Impact of surface and subsurface drip irrigation on yield and quality of 'honey dew' melon. In: VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IRRIGATION OF HORTICULTURAL CROPS, 11, 2009. Viña del Mar. **Anais...** Viña del Mar Chile, 2009. p. 129.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2009, 136 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2006, 136 p.

ARAÚJO, A. P. **Cobertura do solo e métodos de plantio no cultivo de melão amarelo**. 2000. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Mossoró. 2000.

ARAÚJO, A. de P. et al. Rendimento de melão amarelo cultivado em diferentes tipos de cobertura do solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 123-126, jan./mar. 2003.

ARAÚJO, A. de P. et al. Sample size for measurement of root traits on common bean by image analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 313-318, abr. 2004.

AROUCHA, E. M. M. et al. Caracterização física e química de melão durante o seu desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 296-301, ago. 2007.

AYARS, J. E. et al. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Manage**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 1-27, Sept. 1999.

BAKER, J. T. et al. Interactions of poultry litter, polyethylene mulch, and floating row covers on triploid watermelon. **Hortscience**, Virgínia, v. 33, n. 5, p. 810-813, Aug. 1998.

BARBOSA, G. R. A fruticultura irrigada no nordeste: estímulo ao desenvolvimento Sustentável? In: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2006. Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza, 2006.

BARROS, V. da S.; COSTA, R. N. T.; AGUIAR, J. V. de. Função de produção da cultura do melão para níveis de água e adubação nitrogenada no vale do curu-CE. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, maio/ago. 2002.

BARROS, A. C. et al. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 700-707, nov./dez. 2009.

BARTZ TECHNOLOGY CORPORATION. **Video system design and manufacture: Products and Services**. Santa Barbara CA, EUA. 1999. Disponível em: <http://www.bartztechnology.com/products.htm>. Acesso em: 21 mar. 2009.

BARTZ TECHNOLOGY CORPORATION. **Operation manual BTC Minirhizotron Camera Systems**. Santa Barbara, CA, EUA, 2000.

BASSOI, L. H. et al. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: II - Comparação entre cultura irrigada e fertirrigada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 541- 548, Sept./Dec. 1994.

BATISTA, P. F. et al. Yield and quality of melon in two irrigation systems. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 246-250, abr./jun. 2009.

BEN-ASHER, J.; PHENE, C. J. Analysis of surface and subsurface drip irrigation using a numerical model. In: JORGENSEN, G. S.; NORUM, K. N. **Subsurface drip irrigation**. Theory, practices and application. Fresno: California Center of Irrigation Technology. 1993,

p. 185-201.

BHATTARAI, S. P. et al. The response of cotton to subsurface drip and furrow irrigation in a vertisol. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 42, n. 1, p. 29-49, Jan. 2006.

BLAND, W. L.; DUGAS, W. A. Root length density from minirhizotron observations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 2, p. 271-275, Mar. 1988.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Berlin Heidelberg, 1979, 190 p.

BORDIN, I. et al. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1785-1792, dez. 2008.

BOX, J. E.; SMUCKER, A. J. M.; RITCHIE, J. T. Minirhizotron installation techniques for investigating root responses to drought and oxygen stresses. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, n. 1, p. 115-118, Jan. 1989.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p. 161-193.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola. **Melão**. 12 p. (FrutiSéries. Ceará. Melão, 2). 2003.

BROWN, D. A.; UPCHURCH, D. R. Minirhizotrons: a summary of methods and instruments in current use. In: Taylor, H. M. (Eds.) **Minirhizotron Observation Tubes: Methods and Applications For Measuring Rhizosphere Dynamics**. American Society of Agronomy Publication Special Number 50, Madison, 1987. p. 15-30.

BROWN, A. L. P.; DAY, F. P.; STOVER, D. B. Fine root biomass estimates from minirhizotron imagery in a shrub ecosystem exposed to elevated CO₂. **Plant and Soil**, The Hague, v. 317, n. 1-2, p. 145-153. Apr. 2009.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF)**. Goteo, microaspersión, exudación. 2. ed. Madri: Mundi-Prensa, 1990. 278 p.

CÂMARA, M. J. T. et al. Produtividade e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 58-63, jan./fev. 2007.

CANTERO-MARTINEZ, C.; O'LEARY, G. J.; CONNOR, D. J. Stubble retention and nitrogen fertilisation in a fallow-wheat rainfed cropping system. 1. Soil water conservation, growth and yield. **Soil Tillage Research**, v. 34, n. p. 79-94. 1995.

CARNEIRO FILHO, J. **Produção e qualidade de frutos de melão cantaloupe influenciadas pela poda e pelo tutoramento, em condições de estufa e de campo**. 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

CARON, B. O.; HELDWEIN, A. B. Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 19-25, jan. 2000.

CASTOLDI, R. et al. Qualidade de frutos de cinco híbridos de melão rendilhado em função do número de frutos por planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 455-458, jun. 2008.

CEBDS & ANA. **Água** – Fatos e Tendências. Brasília: 2006. 32 p.

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Crescimento e partição de assimilados em melão cantaloupe em função de concentrações de fósforo em solução nutritiva. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 123-130, jan./jun. 2006.

CECÍLIO, A. R.; SANTOS, D. B. dos. Metodologia de calibração de equipamento de tdr para determinação da umidade do solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 524-533, set./dez. 2009.

CECONI, D. et al. Biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de *Acacia mearnsii* de wild. estabelecido em área degradada por mineração de carvão. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2008.

CHASSOT, A. et al. Root distribution and morphology of maize seedlings as affected by tillage and fertilizer placement. **Plant and Soil**, The Hague, v. 231, n. 1, p. 123-135, Apr. 2001.

CHEN, S. Y. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain. **Annals of Applied Biology**, v. 158, n. 3, p. 261-268, Feb. 2007.

CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar**. Disponível em: www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm. 1997. 14 p. Acesso em: 07 nov. 2009.

COELHO, E. F.; OR, D. Flow and uptake patterns affecting soil water sensor placement for drip irrigation management. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, p.2007-2016, 1996.

COELHO, E. F.; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 225-234, fev. 1999.

COELHO, E. F. et al. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em latossolo de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 175-178, abr. 2005.

COELHO, E. F.; et al. Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a TDR e a multiplexadores em três tipos de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p 23-30, 2006.

COSTA, F. de A. et al. Rendimento de melão cantaloupe em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. **Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1-2, p. 49-55, dez. 2002.

COSTA, M. C. et al. Distribuição do sistema radicular do meloeiro sob diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 106-112, maio/ago. 2003.

COSTA, N. D. et al. **Cultivo do melão**. Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2000. 67 p. (Circular Técnica, 59).

CRESTANA, S. **Caracterização de raízes e compactação do solo através do minirhizotron e da tomografia computadorizada**. São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1992. (Relatório parcial).

CRESTANA, S. et al. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 365-371, 1994.

CRISÓSTONO, L. A. et al. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no nordeste**. Fortaleza: EMBRAPA: Agroindústria Tropical. 2002. 21 p. (Circular técnica, 14).

DALTON, F. N. In-situ root extent measure by electrical capacitance methods. **Plant and Soil**, The Hague, v. 173, n. 1, p. 157-165, June 1995.

DÍAZ-PÉREZ, J. C. Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* (Plenck) var. itálica) as affected by plastic film mulches. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 123, n. 2, p. 156-163, Dec. 2009.

DIRKSEN, C. **Soil physics measurements**. Reiskirchen: Catena-Verlag, 1999, 154 p.

DOGAN, E. et al. Water stress imposed on muskmelon (*Cucumis melo* L.) with subsurface and surface drip irrigation systems under semi-arid climatic conditions. **Irrigation Science**, New York, v. 26, n. 2, p. 131-138, Jan. 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO. 1979. 212 p. (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 33).

DUSI, A. N. **Melão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: MARA/DENACOOP-IICA: Embrapa Frupex, 1992. 38 p.

ELOI, W. et al. Efeitos da fertirrigação de n e K₂O na distribuição do sistema radicular da gravioleira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 2, 2007. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema/article/view/311/112>. Acesso em: 25 out. 2009.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258 p.

EPHRATH, J. E.; SILBERBUSH, M.; BERLINER, P. R. Calibration of minirhizotron readings against root length density data obtained from soil cores. **Plant and Soil**, The Hague, v. 209, n. 2, p. 201-208, Feb. 1999.

FANTE JR., L.; REICHARDT, K. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 513-518, Sept./Dec. 1994.

FANTE JR., L. et al. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1091-1100, Oct./Dec. 1999.

FAO. **Agricultural production, primary crops**. 2007. Disponível em <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=en>. Acesso em: 30 nov. 2009.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O. Quantificação de raízes metabolicamente ativas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1007-1013, jun. 2006.

FERGUSON, J. C.; SMUCKER, A. J. M. Modifications of the minirhizotron video camera system form measuring spatial and temporal root dynamics. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 53, n. 5, p. 1601-1605. Sept. 1989.

FERREIRA, R. L. F. **Produção e qualidade de melão cultivado sob condições climáticas resultantes de diferentes coberturas de solo e métodos de plantio**. 2001. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Mossoró. 2001.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Colheita e manuseio pós-colheita. In: _____. **Melão pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 23-41. (Frutas do Brasil, 10).

FOLEGATTI, M. V. et al. Qualidade física do melão fertirrigado com diferentes dosagens de potássio e lâminas de irrigação, em gotejamentos superficial e subsuperficial. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 52-61, jan./abr. 2004.

FONTANA, D. C. et al. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 403-410, 1991.

FORSTER, R. E. F1 hybrid muskmelons, I. Superior performance of selected hybrids. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 9, p. 390-395, 1967.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, Jan./Mar. 2005.

GIHEL, R. F. H. et al. Crescimento e mudanças físico-químicas durante a maturação de frutos de meloeiro (*Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naud.) híbrido Torreon. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 371-377, mar./abr. 2008.

GIMENEZ, C.; OTTO, R. F.; CASTILLA, N. Productivity of leaf and root vegetable crops under direct cover. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 94, n. 1-2, p. 1-11, May 2002.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation: a method used under arid desert conditions of high water and soil salinity. **Transactions of the ASAE**, Michigan, v. 13, n. 1, p. 38-41, Jan. 1970.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; RIMON, D. **Drip irrigation: principles design and agricultural practices**. Telaviv: Drip Irrigation Scientific Publications, 1976. 296 p.

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, MG, **Anais ...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998, p. 133-238.

GORNAT, B.; NOGUEIRA, L. C. **Avaliação da economia de água com irrigação localizada convencional e subterrânea em fruteiras tropicais**. 2003. Disponível em: <<http://www.iica.org.uy/p2-4.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2009.

GREGORY, P. J. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science? **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 57, n. 1, p. 2-12, Jan./Fev. 2006.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'catuaí' e 'siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.

GUALBERTO, R.; RESENDE, F. V.; LOSASSO, P. H. L. Produtividade e qualidade do melão rendilhado em ambiente protegido, em função do espaçamento e sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 373-376, nov. 2001.

GUNTON, J. L.; EVENSON, J. P. Moisture stress in Navy beans II: Relationship between leaf water potential and growth and yield. **Irrigation Science**, New York, v. 2, n. 1, p. 59-65, Oct. 1980.

GUROVICH, L. A. **Relatório Final de Consultoria em Manejo de Suelos y Agua**. Petrolina: EMBRAPACPATSA, 1979. 10 p.

HAMBLIN, A. P; TENNANT, D. Root length density and water uptake in cereals and grain legumes: how well are they correlated. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 38, n. 3, p. 513-527, maio/jun. 1987.

HANADA, T. The effect of mulching and row covers on vegetable production. **Food and Fertilizer Technology Center**, p. 1-23, 2001. Disponível: <http://www.agnet.org/library-/abstract/eb332.html>

HAYNES, R. J. The use of polyethylene mulches to change soil microclimate as revealed by enzyme activity and biomass nitrogen, sulphur and phosphorus. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 5, n. 3, p. 235-240, Nov. 1987.

HENDRICK, L. R.; PREGITZER, S. K. Applications of minirhizotrons to understand root function in forests and other natural ecosystems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 185, n. 2, p. 293-304, Sept. 1996.

HERNÁNDEZ, J.; ROMERO, L.; CASTILLA, N. Análisis comparativo del crecimiento. In: Romero, L. (Eds.) **Valoración agronómica y análisis microclimático de la técnica de semiprotección de cubiertas flotantes sobre col china**. Imp. Plácido Cuadros S. L., Granada, Spain, 1996. p. 139-146.

HIMMELBAUER, M. et al. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analysis systems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 260, n. 1-2, p. 111-120, Mar. 2004.

HULUGALLE, N. R. et al. Potential contribution by cotton roots to soil carbon stocks in irrigated Vertosols. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v. 47, n. 3, p. 243-252, May 2009.

IBARRA, L. J.; FLORES, J.; DÍAZ-PÉREZ, J. C. Growth and yield muskmelon in response to plastic mulch and row covers. **Scientia Horticulturae**, Coah, v. 87, n. 1-2, p. 139-145, Jan. 2001.

IBARRA, L. J.; MARTÍN, M. R. Q.; IBARRA, M. de la R. The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, n. 1, p. 91-94, Dec. 2004.

IBGE, 2007. Produção Agrícola Municipal. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/-bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=23>. Acesso em: 18 dez. 2009.

INTRIGLILOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum. **Irrigation Science**, Berlin, v. 23, n. 2, p. 93-102, May 2004.

IQBAL, Q. et al. Vegetative and reproductive evaluation of hot peppers under different plastic mulches in poly/plastic tunnel. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Deshwar, v. 46, n. 2, p. 113-118, 2009.

ITOH, H. et al. Effects of Soil Type, Vertical Root Distribution and Precipitation on Grain Yield of Winter Wheat. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 12, n. 4, p. 503-513, Oct./Dec. 2009.

JOHNSON, M. G.; TINGEY, D. T.; PHILLIPS, D. L.; STORM, M. J. Advancing fine root research with minirhizotrons. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 45, n. 3, p. 263-285, June 2001.

JORGE, L. A. C. **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS®**. EMBRAPA (Circular Técnica, 1), 1996.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996. Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 1996. 5 p.

JOSE, S. et al. Comparison of minirhizotron and soil core methods for quantifying root biomass in a temperate alley cropping system. **Agroforestry Systems**, The Netherlands, v. 52, n. 3, p. 161-168, July 2001.

KATAYAMA, K. et al. Analysis of Relationship between Root Length Density and Water Uptake by Roots of Five Crops Using Minirhizotron in the Semi-Arid Tropics. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Nagasaki, v. 34, n. 2, p. 81-86, Apr. 2000.

KIMURA, K.; YAMASAKI, S. Root length and diameter measurement using NIH Image: application of the line-intercept principle for diameter estimation. **Plant and Soil**, The Hague, v. 234, n. 1, p. 37-46, July 2001.

KLEPPER, B. Root-shoot relationships. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KADAFKI, V., (Eds.) **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Decker, 1991. 1120 p.

KLAPP, E. **Prados e Pastagens**. 4 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 873 p.

KNAVEL, D. E.; MOHR, H. C. Distribution of roots of four different vegetables under paper and polyethylene mulches. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v. 91, p. 589-597, 1967.

KÜCKE, M.; SCHMID, H.; SPIESS, A. A comparison of four methods for measuring roots in field crops in three contrasting soils. **Plant Soil**, The Hague, v. 172, n. 1, p. 63-71, May 1995.

KUMAR, K.; PRIHAR, S. S.; GAJRI, P. R. Determination of root distribution of wheat by auger sampling. **Plant Soil**, The Hague, v. 149, n. 2, p. 245-253, Feb. 1993.

LAMONT Jr., W. J. Plastic mulches for the production of vegetable crops. **Horticulturae Technology**, v. 3, n. 1, p. 35-39, Jan. 1993.

LESKOVAR, D. I. et al. Yield, quality, and water use efficiency of muskmelon are affected by irrigation and transplanting versus direct seeding. **Hortscience**, Virginia, v. 36, n. 2, p. 286-291. Apr. 2001.

LESTER, G. Melon (*Cucumis melo* L.) fruit nutritional quality and health functionality. **HortTechnology**, Alexandria, v. 7, n. 3, p. 222-227, July/Sept. 1997.

LEIB, B. G.; JABRO, J. D.; MATHEWS, G. R. Field evaluation and performance comparison of soil moisture sensors. **Soil Science**, Berlin, v. 168, n. 6, p. 396-408, June 2003.

LIEDGENS, M. et al. A rhizolysimeter facility for studying the dynamics of crop and soil processes: Description and evaluation. **Plant and Soil**, The Hague, v. 223, n. 1-2, p. 87-97, Aug. 2000.

LIEDGENS, M.; RICHNER, W. Minirhizotron Observations of the Spatial Distribution of the Maize Root System. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 5, p. 1097-1104, Sept. 2001.

LIMA, W. L. de. et al. Editoração de imagens para avaliação de crescimento de plantas ou microrganismos com o programa SIARCS. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2006. 32 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 14).

MACHADO, R. M. A. **Estudos sobre a influência da rega gota-a-gota subsuperficial na dinâmica de enraizamento, no rendimento físico e na qualidade da matéria-prima do tomate de indústria**. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade de Évora. Évora. 2002.

MACHADO, R. M. A. et al. Comparison of tomato root distributions by minirhizotron and destructive sampling. **Plant and Soil**, The Hague, v. 255, n. 1, p. 375-385, Aug. 2003.

MACHADO, R. M. A. et al. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. **Irrigation Science**, New York, v. 24, n. 1, p. 15-24, Oct. 2005.

MACHADO, R. M. A.; OLIVEIRA, M. R. G. Efeito da profundidade de colocação do tubo de rega gota-a-gota na uniformidade de rega e na eficiência do uso da água em tomate de indústria. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 162-171, jan. 2007.

MAHAJAN, G. Effect of plastic mulch on economizing irrigation water and weed control in baby corn sown by different methods. **African Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 1, p. 019-026, Jan. 2007.

MAJDI, H.; SMUCKER, A. J. M.; PERSSON, H. A comparison between minirhizotron and monolith sampling methods for measuring root growth of maize (*Zea mays* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 147, n. 1, p. 127-134. Nov. 1992.

MAJDI, H. Root sampling methods - applications and limitations of minirhizotron technique. **Plant and Soil**, The Hague, v. 185, n. 2, p. 225-258, Sept. 1996.

MARTINS, S. R. et al. Produção em função de diferentes sistemas de condução de plantas em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 24-30, jan./mar. 1998.

MATOS, J. A. et al. Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante. **Irriga**, Botucatu, v. 4, n. 3, p. 168-174, jul./set. 1999.

MCCANN, I. R., KINCAID, D. C.; WANG, D. Operational characteristics of the Watermark model 200 soil water potential sensor for irrigation management. **Applied Engineering in Agriculture**, Michigan, v. 8, n. 5, p. 603-609. 1992.

MEDEIROS, J. F. de. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152 f. Tese (Doutorado em Irrigação em Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1998.

MEDEIROS, F. A. S. B. de et al. Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 234-238, abr./jun. 2005.

MEDEIROS, J. F. de et al. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes freqüências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v. 10, n. 4, p. 792-797, out./dez. 2006.

MELO, E. A. de. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, abr./jun. 2008.

MONTEIRO, S. B. **Irrigação por gotejamento na cultura do melão em estufa e seu efeito na produção**. 1995. 83 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 1995.

MONTEIRO, R. O. C. **Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido**. 2007. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2007.

MONTEIRO, R. O. C. et al. Net melon performance as affected by the drip irrigation depth and mulching. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 447-451, out./dez. 2008a.

MONTEIRO, R. O. C. et al. Aspectos produtivos e de qualidade do melão sob gotejo subterrâneo e “mulching” plástico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 453-457, Feb. 2008b.

MORAIS, E. R. C. de. et al. Crescimento e produtividade do meloeiro goldex influenciado pela cobertura do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 129-137, abr./jun. 2008.

MOREIRA, S. R. et al. Melão (*Cucumis melo* L.). Artigo em Hypertexto. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/melao/index.htm>. Acesso em: 22 nov. 2009.

NASCIMENTO, I. B. et al. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 555-558, dez. 2002.

NEGREIROS, M. Z. de. et al. Rendimento e qualidade do melão sob lâminas de irrigação e cobertura do solo com filmes de polietileno de diferentes cores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 773-779, jul./set. 2005.

NEVES, C. S. V. J. et al. Sistema radicular de aceroleiras propagadas por sementes e por estacas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 193-196, jul./set. 2004.

NOGUEIRA, C. C. P. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 315-320, jul./set. 2000.

NEWMAN, E. I. A method of estimating the total root length in a sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 139-145, 1966.

OLITTA, A. F. L.; ABREU, T. A.; MARCHETTI, D. A. B. Estudo comparativo dos métodos de irrigação por sulcos e gotejo na cultura de melão. **Solo**, Piracicaba, v. 70, n. 2, p. 7-14, 1978.

OLIVEIRA, C. A. P.; SOUZA, C. M. de. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 345-347, ago. 2003.

ORTIZ-RIBBING, L. M.; EASTBURN, D. M. Evaluation of digital image acquisition methods for determining soybean root characteristics. **Crop Management**. Online, 2003. Disponível em: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2003/digital/>. Acesso em: 25 jun. 2009.

PAN, W. L. et al. Root quantification by edge discrimination using a desktop scanner. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 6, p. 1047-1052, Nov. 1991.

PERRET, J. S. et al. Non-destructive visualization and quantification of roots using computed tomography. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 391-399, Feb. 2007.

PIERRET, A.; MORAN, C. J.; DOUSSAN, C. Conventional detection methodology is limiting our ability to understand the roles and functions of fine roots. **New Phytologist**, Cambridge, v. 166, n. 3, p. 967-980, June 2005.

PIETOLA, L. M. Root growth dynamics of spring cereals with discontinuation of mouldboard ploughing. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 80, n. 1-2, p. 103-114, Jan. 2005.

PIETOLA, L. M.; ALAKUKKU, L. Root growth dynamics and biomass input by Nordic annual field crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 108, n. 2, p. 135-144, June 2005.

PINTO, J. M.; COSTA, N. D.; ASSIS, J. S. de. Manejo de água e nutrientes em meloeiro irrigado por gotejamento e sulco no vale do salitre. s/d. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA/34250/1/OPB735.pdf>. Acesso em: 13 set. 2009.

PINTO, J. M. et al. Efeitos de períodos e de frequências da fertirrigação nitrogenada na produção do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1345-1350, set. 1994.

POLOMSKI, J.; KUHN, N. Root research methods. In: WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.). **Plant Roots: The Hidden Half**. Marcel Dekker, New York, 2002. p. 295-321.

PRESTON, G. M. et al. Estimating root mass in young hybrid poplar trees using the electrical capacitance method. **Agroforestry Systems**, The Netherlands, v. 60, n. 3, p. 305-309, May 2004.

RAMAKRISHNA, A. et al. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 95, n. 2-3, p. 115-125, Feb. 2006.

REGHIN, M. Y. et al. Produção de alface utilizando cobertura do solo e proteção das plantas. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 69-77, jan. 2002.

REPO, T.; LAUKKANEN, J.; SILVENNOINEN, R. Measurement of the tree root growth using electrical impedance spectroscopy. **Silva Fennica**, Helsinki, v. 39, n. 2, p. 159-166, 2005.

RIZZO, A. A. N. **Obtenção e avaliação de genótipos de melão rendilhado em ambiente protegido**. 2004. 38 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2004.

RODRIGUES, C. G. da, et al. Número de raízes como parâmetro de avaliação do desenvolvimento do sistema radicular de *brachiaria humidicola* em solos de tabuleiro do sul da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 7, p. 1091-1095, set. 1991.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

ROWSE, H. R.; PHILLIPS, D. A. An instrument for estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 11, p. 309-314, 1974.

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.

SANDERS, D. C. **Using plastic mulches and drip irrigation for vegetable production**. North Carolina, NCSU, 2001. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil-33.html>>. Acesso em: 06 jan. 2010.

SCAIFE, A.; BAR-YOSEF, B. **Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables**. Basel: International Potash Institute, 1995. p. 66-89. (IPI. Bulletin, 13).

SEBRAE: Região de Campanha (RS) inaugura colheita de melão - **Agência Sebrae de Notícias – RS**. 2009. Disponível em: www.interjornal.com.br/noticia_pdf.kmf?noticia=8142359. Acesso em: 15 out. 2009.

SENAR. **Cultivo de melão**: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização/Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília: SENAR, 2007. 104 p. (Coleção SENAR).

SEKHON, N. K. Effect of straw mulching, irrigation and fertilizer nitrogen levels on soil hydrothermal regime, water use and yield of hybrid chilli. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 54, n. 2, p. 163-174, Apr. 2008.

SILVA, H. R. et al. **Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa SPI, Embrapa Hortaliças, 2000. 20 p. (Circular Técnica, 20).

SILVA, M. C. de C. **Crescimento, produtividade e qualidade do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Mossoró. 2002.

SILVA, H. R. da.; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H. R. da.; COSTA, N. D. (eds) **Melão**: produção, aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2003. Cap. 5. p. 23-28. (Frutas do Brasil, 33).

SILVA, M. C. C. et al. Produtividade de frutos do meloeiros sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com e sem cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 202-205, abr./jun. 2005.

SILVA, H. S. da.; MAROUELLI, W. A. Avanços na eficiência da irrigação em horticultura. In: II SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA. 2006. **Palestras...** Passo Fundo, 2006. 1 CD-ROM.

SINGH, P. B. Irrigation water management for bush snap bean production. **Hortscience**, Virginia, v. 24, n. 1, p. 69-70, Fev. 1989.

SHOCK, C. C.; BARNUM, J. M.; SEDDIGH, M. Calibration of Watermark soil moisture sensors for irrigation management, p. 139-146, Proceedings of the International Irrigation Show, San Diego, CA. Irrigation Association. 1998.

SMIT, A. L. et al. **Root Methods: A Handbook**: Springer -Verlag, Berlin Heidelberg, 2000, 587 p.

SMUCKER, A. J. M. et al. Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 500-503, May 1982.

SMUCKER, A. J. M. Quantification of root dynamics in agroecological systems. **International Journal of Remote Sensing**, v. 5, n. 1, p. 237-248, 1990.

SOUSA, V. F. de. et al. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no meio-norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999. 68 p. (Circular Técnica, 21).

SOUSA, V. F. de. et al. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 183-188, maio/ago. 2000.

SOUSA, V. F. de. et al. 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, Jan./Apr. 2002.

SOUZA, C. F. **A utilização da reflectometria no domínio do tempo (TDR) na modelagem do bulbo molhado do solo irrigado por gotejamento**. 2002. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade estadual de Campinas, Campinas. 2002.

SOUZA, C. F.; OR, D.; MATSURA, E. E. A variable-volume TDR probe for measuring water content in large soil volumes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 1, p. 25-31, Jan. 2004.

SOUZA, C. et al. Calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para a Estimativa da concentração da solução no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 282-291, jan./abr. 2006.

SOUZA, E. A. de. Distribuição da umidade num perfil de solo irrigado por gotejamento superficial e subsuperficial. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1161-1166, jul./ago., 2007.

SOUZA, L. da S. et al. Distribuição do sistema radicular de citros em uma topossequência de solos de tabuleiro costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 503-513, mar./abr. 2008.

STEINKE, W. et al. Minirhizotron and soil core comparison for measuring root growth. **Marine Biodiversity**, Berlin, v. 29, n. 1, p. 141-143, Oct. 1999.

STRACK, D. Book Reviews: Root Methods: A Handbook: Edited By SMIT, A. L.; BENGOUGH, A. G.; ENGELS, C.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S. C. 2000, 587 p. **Phytochemistry**, Berlin, v. 57, n. 1, p. 143-144, May 2001.

STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Modificações físicas causadas pelo mulching. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 131-142, jul. 1994.

STRECK, et al. Efeito da largura do “mulch” na solarização do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, n.1, p. 25-29, jul. 1995.

STRECK, N. A. et al. Effect of polyethylene mulches on soil temperature and tomato yield in plastic greenhouse. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 587-593, set./dez. 1995.

STRECK, et al. Efeito da cor do plástico para cobertura do solo sobre a temperatura do solo e do ar no interior de estufa plastica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, dez. 1997.

TABER, H. G. et al. Scheduling microirrigation with tensiometers or Watermarks. **International Water Irrigation**, v. 22, p. 22-26, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, London, v. 63, n. 3, p. 995-1001, June 1975.

THOMPSON, R. B. et al. Evaluation of the Watermark sensor for use with drip irrigated vegetable crops. **Irrigation Science**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 185-202, mar. 2006.

TOLK, J. A. et al. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, n. 2, p. 137-147, Mar. 1999.

TREMMEL, D. C. Roottracker 2.0[©] -**Software for root image analysis**, Duke University, 2003.

TOMMASELLI, J. T. G. **Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho de TDR (Time - Domain Reflectometry)**. 1997. 109 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1997.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade dos solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.9, p. 1145-1154, set. 2001.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, v. 16, p. 574-582, 1980.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content using TDR: II. Evaluation of installation and configuration of parallel transmission lines. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 4, p. 672-684, July 1982.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L. Measurement of soil water content using time domain reflectometry (TDR): A field evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.49, n. 1, p.19-24, Jan. 1985.

TRINTINALHA, M. A. et al. Efeito da instalação e da variabilidade entre sondas no uso da técnica de TDR em um Nitossolo Vermelho Distroférico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1165-1171, 2001.

TRINTINALHA, M. A. et al. Comparação dos sistemas TDR e ECHO para medida de umidade, em um solo argiloso e em areia. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, p. 353-360, 2004.

TSEKLEEV, G. et al. Influence of photoselective mulch films on tomatoes in greenhouses. **Plasticulture**, Paris, v. 95, p. 45-49, 1993.

UPCHURCH, D. R.; RITCHIE, J. R. Root observations using a video recording system in minirhizotrons. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 6, p. 1009-1015, Nov. 1983.

VAN NOORDWIJK, M.; JAYER, A.; FLORIS, J. A new dimension to observations in minirhizotrons: a stereoscopic view of root photographs. **Plant and Soil**, The Hauge, v. 86, n. 3, p. 447-453, Oct. 1985.

VASCONCELOS, A. C. M. et al. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 849-858, set./out. 2003.

VILLWOCK, R. Calibração de um equipamento TDR em condições de campo. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 82-88, jan./abr. 2004.

WANG, F. X. et al. Potato growth with and without plastic mulch in two typical regions of Northern China. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 110, n. 2, p. 123-129, Feb. 2009.

WITSCHORECK, R. et al. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 177-183, mar./abr. 2003.

WIESLER, F.; HORST, J. W. Root growth of maize cultivars under field conditions as studied by the core and minirhizotron method and relationships to shoot growth. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Berlin, v. 157, n. 5, p. 351-358, Sept./Oct. 1994.

WOLFE, D. W.; ALBRIGHT, L. D.; WYLAND, J. Modeling row cover effects on microclimate and yield: growth response of tomato and cucumber. **Journal of American Society for the Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 4, p. 562-568, July 1989.

YILDIRIM, O. et al. Effects of different irrigation programs on the growth, yield, and fruit quality of drip-irrigated melon. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 33, n. 3, p. 243-255, June 2009.

ZEGELIN, S. L.; WHITE, I.; RUSSELL, G. F. A critique of the Time-Domain Reflectometry technique for determining field soil water content. In: TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. O.; GREEN, R. E. (eds). **Advances in measurements of soil physical properties: Bringing theory into practice**. Madison, 1992, p.187-208.