

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DO SOLO E DA ÁGUA

***INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO E DO
REGIME HÍDRICO NA PRODUÇÃO DO GIRASSOL***

JOÃO PAULO GONÇALVES DA SILVA MENDES

Évora
1998

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DO SOLO E DA ÁGUA

***INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO E DO
REGIME HÍDRICO NA PRODUÇÃO DO GIRASSOL***

95-949

JOÃO PAULO GONÇALVES DA SILVA MENDES

*Dissertação apresentada na Universidade de
Évora para satisfação parcial dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre*

Évora

1998

*Para a elaboração deste trabalho beneficiou-se de uma bolsa da
Fundação para a ciência e Tecnologia/Programa PRAXIS XXI*

Á minha Mãe

Agradecimentos

O trabalho apresentado só foi possível devido à colaboração de diversas pessoas e entidades, a todos queria aqui deixar o meu muito obrigado.

- Ao Prof. Doutor Gottlieb Basch, meu orientador científico pela sua orientação, apoio e disponibilidade total que sempre me dispensou apesar dos seus numerosos compromissos.

- Ao Prof. Doutor Mário de Carvalho, pela sua disponibilidade, sugestões e críticas que foi fazendo ao longo da realização deste trabalho.

- A toda a Comissão de Mestrado: à Prof^a Doutora Maria do Rosário Oliveira, ao Prof. Doutor Francisco Lúcio Santos e ao Prof. Doutor Ricardo Serralheiro, pelos seus ensinamentos, apoio e incentivo.

- Aos meus colegas de mestrado pela ajuda e companheirismo com especial destaque para o Eng^o Luís Simões e para a Eng^a Paula Brás.

- Ao Eng. Fernando Marques pelas informações, disponibilidade e colaboração.

- Aos técnicos e colaboradores do departamento de Fitotécnia com um especial agradecimento para aos Eng. ^{os} Fernando Teixeira, Filipa Santos e Manuel Brandão pela ajuda nas tarefas relacionadas com os trabalhos de campo.

- Aos técnicos do Laboratório de Física e Solo nomeadamente à Sr.^{as} Eng.^a Helena Mafalda Carolino e D. Luiseta Palma pela colaboração e boa vontade que sempre tiveram para comigo.

- Aos Eng. ^{os} Casas-Novas e Nuno Riscado e ao restante pessoal da Herdade da Revilheira pelo seu apoio e colaboração incondicional, sempre que era necessário.

- Ao Eng^o José Barros pela sua disponibilidade e informações fornecidas.

- Aos meus amigos Eng. ^{os} : André Ramos pela sua colaboração informática, José Alberto Neves, pela sua ajuda e conselhos e José António Paulo que apesar dos seus afazeres arranjaram ainda tempo para me ajudar

- Aos meus familiares pelo incentivo e amizade e à minha namorada Mariana pela sua paciência e colaboração na fase final desta tese.

ÍNDICE

RESUMO	I
SUMMARY	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE QUADROS	VII
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS	IX
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 - ALGUNS ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO GIRASSOL.....	5
2.1.1 - <i>Fases de desenvolvimento</i>	5
2.1.2 - <i>Aspectos da fisiologia da produção</i>	5
2.1.3 - <i>Água</i>	6
2.2 - INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO E PARÂMETROS FÍSICOQUÍMICOS DO SOLO	7
2.2.1 - <i>Parâmetros químicos</i>	8
2.2.2 - <i>Parâmetros físicos</i>	10
2.2.2.1 - <i>Estrutura, densidade aparente e porosidade</i>	10
2.2.2.2 - <i>A utilização do penetrometro na avaliação da resistência mecânica do solo</i>	16
2.3 - INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO RADICAL.....	20
2.4 - INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO E REGIME HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE GIRASSOL	22
2.5 - MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO RADICAL E SUA DISTRIBUIÇÃO	24
2.5.1 - <i>Método do perfil</i>	25
2.5.2 - <i>Métodos de quantificação de raízes</i>	25
3 - MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 - LOCALIZAÇÃO DO ENSAIO.....	29
3.2 - SOLO	29
3.3 - DADOS METEOROLÓGICOS E CLIMÁTICOS	31
3.3.1 - <i>Evapotranspiração</i>	32
3.4 - TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
3.5 - PREPARAÇÃO DO SOLO E INSTALAÇÃO DO ENSAIO	34
3.5.1 - <i>Enquadramento do ensaio</i>	34
3.5.2 - <i>Instalação e condução do ensaio</i>	35

3.5.3 - Rega	38
3.5.3.1 - Equipamento	38
3.5.3.2 - Dotações e calendarização	41
3.6 - PARÂMETROS ESTUDADOS E MÉTODOS UTILIZADOS AO NÍVEL DO SOLO	42
3.6.1 - <i>Medições de humidade</i>	42
3.6.1.1 - Instalação dos tubos para o acesso da sonda de neutrões	43
3.6.1.2 - Curva de calibração da sonda de neutrões	43
3.6.2 - <i>Perfil de humidade, consumo de água pela cultura e stress hídrico</i>	45
3.6.3 - <i>Densidade aparente, pF e porosidade</i>	45
3.6.4 - <i>Resistência à Penetração</i>	46
3.6.5 - <i>Parâmetros químicos do solo</i>	47
3.7 - PARÂMETROS MEDIDOS E MÉTODOS UTILIZADOS A NÍVEL RADICAL	47
3.7.1 - <i>Método da sonda</i>	48
3.7.1.1 - Obtenção das amostras	48
3.7.1.2 - Lavagem das amostras	49
3.7.1.3 - Determinação do comprimento radical	50
3.7.1.4 - Determinação do peso seco das amostras de raízes	53
3.7.2 - <i>Método do perfil</i>	54
3.7.2.1 - Preparação do perfil e exposição das raízes	54
3.7.2.2 - Fixação do painel e mapeamento das raízes	55
3.7.2.3 - Determinação do comprimento radical	56
3.7.3 - <i>Algoritmo para determinar comprimentos de raízes e o Programa MedeRaizV1</i>	57
3.7.3.1 - Descrição do programa MedeRaizV1	58
3.7.3.2 - Determinação do comprimento considerando a sobreposição	60
3.8 - PARÂMETROS MEDIDOS E MÉTODOS UTILIZADOS AO NÍVEL DA CULTURA	63
3.8.1 - <i>Fases do desenvolvimento do girassol</i>	63
3.8.2 - <i>Número de plantas emergidas</i>	63
3.8.3 - <i>Evolução da matéria seca</i>	63
3.8.4 - <i>Índice e duração da área foliar</i>	64
3.8.5 - <i>Contagem do número de pares de folhas secas a partir da base da planta</i>	65
3.8.6 - <i>Produção e componentes de produção</i>	65
3.9 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS E SOFTWARE UTILIZADO	66
4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
4.1 - PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO	68
4.1.1 - <i>Perfil de humidade, consumo de água pela cultura e stress hídrico</i>	68
4.1.1.1 - Evolução do volume de água no solo e perfil de humidade	68
4.1.1.2 - Consumo de água pela cultura e stress hídrico	76
4.1.2 - <i>Densidade aparente, pF, porosidade e resistência à penetração</i>	79

4.1.3 - <i>Parâmetros químicos do solo</i>	84
4.2 - PARÂMETROS AO NÍVEL RADICAL	86
4.2.1 - <i>Método da sonda</i>	86
4.2.2 - <i>Método do perfil</i>	90
4.2.3 - <i>Discussão do desenvolvimento radical</i>	95
4.3 - PARÂMETROS RELACIONADOS COM A CULTURA.....	100
4.3.1 - <i>Evolução da matéria seca</i>	100
4.3.2 - <i>Índice e duração da área foliar</i>	102
4.3.3 - <i>Produção e componentes de produção</i>	105
5 - CONCLUSÕES.....	109
6 - BIBLIOGRAFIA CITADA.....	110
7 - ANEXOS.....	116

RESUMO

Estudos realizados em diferentes tipos de solo no Alentejo mostraram que com a redução da intensidade de mobilização do solo, especialmente através da sementeira directa, se obtém produções para as culturas arvenses de sequeiro de Outono-Inverno semelhantes às do sistema tradicional. Verificou-se, no entanto, a existência de uma interacção significativa entre o solo, os sistemas de mobilização e as condições meteorológicas, nomeadamente na cultura do girassol.

Uma possível explicação para as limitações à sementeira directa em culturas de Primavera de sequeiro, está provavelmente associada a uma maior resistência do solo à penetração das raízes, em particular nos solos mal estruturados e com teores de humidade muito variáveis em função da precipitação primaveril.

A fim de testar esta hipótese, realizou-se um ensaio que iria permitir estudar a interacção do sistema de mobilização do solo com vários regimes hídricos na produção do girassol, optando-se no factor mobilização do solo pelo estudo dos dois extremos em termos de intensidade, isto é, mobilização tradicional e sementeira directa. Procedeu-se à avaliação dos efeitos destes dois factores nas propriedades físicas do solo, no crescimento radical, no crescimento da cultura e na produção de matéria seca total e de grão.

Com o objectivo de facilitar e tornar mais expedita a determinação do comprimento das raízes desenvolveu-se, no âmbito deste trabalho, um método original de medição de raízes (programa MedeRaizV1), podendo este ser consultado e utilizado a partir da disquete em anexo.

Devido à Primavera de 1997 ter registado precipitações elevadas, somente o regime hídrico mais elevado se diferenciou dos outros dois regimes em termos da produção de grão de girassol. As diferenças observadas entre a sementeira directa e o sistema tradicional foram significativas, apresentando este último valores um pouco mais elevados. No que diz respeito à interacção entre sistemas de mobilização e regimes hídricos, o sistema tradicional apenas se destacou positivamente da sementeira directa no regime hídrico 3, devido a um elevado

número de grãos por m² e a um peso relativamente elevado de mil grãos, o que indica que houve outros factores limitativos nos talhões não mobilizados para além da água disponível.

Tanto os rendimentos finais da cultura nos diferentes tratamentos, como o desenvolvimento da cultura ao longo do seu ciclo, registado através da evolução do índice de área foliar e da matéria seca, mostraram que existiram maiores limitações na sementeira directa no que respeita à exploração dos recursos pelo sistema radical. Apesar da grande disponibilidade de água no início do ciclo e das pequenas diferenças em termos de nutrientes disponíveis no solo, observaram-se, logo após a emergência, menores taxas de crescimento na sementeira directa. As medições da resistência à penetração bem como, mais tarde, a determinação da densidade e distribuição das raízes confirmaram a maior dificuldade no crescimento radical neste sistema de mobilização.

O facto de ter havido uma diferenciação em termos de produção entre os dois sistemas de mobilização apenas no regime hídrico 3, indica que a água se tornou o factor mais limitante no final do ciclo nos outros 2 regimes hídricos, permitindo nestes uma recuperação da cultura sob sementeira directa devido a um menor consumo de água antes da floração. Ao mesmo tempo pode-se concluir que em solos mal estruturados mesmo um elevado teor de água no solo, no caso da não mobilização, não consegue atenuar suficientemente a resistência à penetração, a fim de permitir um crescimento radical comparável às condições existentes após a mobilização. Assim as vantagens económicas e agronómicas da sementeira directa para estas culturas parecem estar um pouco restringidas a solos bem estruturados.

Summary

Studies on several soil types of the Alentejo show that in autumn sown arable crops under rainfed conditions the reduction of the tillage intensity, including direct drilling, results in similar yields as compared to the traditional tillage system. However, a pronounced interaction between soil type, tillage system and weather conditions can be observed in summer crops, especially sunflower.

A possible explanation for these limitations under no-tillage in rainfed summer crops could be a higher penetration resistance for the roots, especially on badly structured soils with a great variation in soil moisture as a result of the precipitation in spring.

In order to study these relationships a trial was installed to analyse the interaction of the tillage system and the soil moisture regime on the performance of sunflower, comparing the traditional and the no-tillage system as the two extremes in terms of tillage intensity. The effects of these two factors on the physical soil properties, root and crop development and total and seed dry matter yield were analysed.

In order to facilitate and accelerate the measurements of the root length of a considerable number of root samples, a new root measurement method (MedeRaizV1) was developed, which can be consulted and applied using the program attached to this thesis.

Due to the unusual precipitation in spring 1997, only the highest irrigation level differed from the two others in terms of the seed yield of sunflower. Traditional tillage showed significantly higher yields as compared to no-tillage. Regarding the interaction between tillage system and water regime, only the traditional tillage system under the highest moisture regime yielded significantly better due to a higher number of seeds per m² and a higher grain weight, indicating that there were other limiting factors than water availability under no-tillage.

Both the final yields under the different treatments and the development of the crop during its vegetation period, determined through leaf area and dry matter measurements, showed that there must have been greater limitations under no-tillage in what the exploitation of the soil through the roots is concerned. Despite the high water availability in the beginning of the season and the small differences in available nutrients, reduced growth rates of the crop under no-tillage could be observed right after emergence. Measurements of the penetration

resistance as well as the determination of the root density and distribution confirmed the increased difficulties for the root growth under this tillage system.

The fact that the differentiation in terms of grain yield between the two tillage systems only occurred in the highest moisture regime indicates that water became the limiting factor at the end of the season under the two other moisture regimes, allowing a recovery of the crop under no-tillage due to a reduced water consumption before flowering. It can also be concluded that on badly structured soils a high soil moisture content is not enough to decrease penetration resistance sufficiently under no-tillage, in order to enable a root growth similar to the conditions under ploughing. Therefore, it seems that for summer crops the economical and agronomic advantages of no-tillage are somehow restricted to well structured soils.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Agregação estável em água num solo vermelho acastanhado influenciada pelo conteúdo de carbono orgânico. Os diferentes conteúdos de carbono são provenientes de talhões experimentais com diferentes rotações de culturas onde P = pastagem, T = Trigo e A = Alqueive. (Adaptado de TISDALL e OADES, 1982).....	13
Figura 2 - Variação da resistência ao cone com o conteúdo em água a uma alta e a uma baixa densidade aparente (baseada em dados de EHLERS <i>et al.</i> (1983) e apresentado em CAMPBELL e O'SULLIVAN, 1991). ..	20
Figura 3 - Curva de pF do solo do ensaio sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa antes da emergência da cultura nos primeiros 30 cm de solo	30
Figura 4 – Gráfico termopluviométrico de Abril a Setembro com as médias de 30 anos e os valores do ano.....	32
Figura 5 - Esquema do ensaio em estudo	34
Figura 6 –Esquema geral abrangendo os dois ensaios	35
Figura 7 – Pressão no gotejador (em bares) vs Intensidade de dotação previstos para os vários blocos para uma pressão à saída da estação de bombagem de 0,4 bar (gráfico da esquerda) e 1,0 bar (gráfico da direita). ..	40
Figura 8 – Esquema de fornecimento de água ao bloco	41
Figura 9 – Valores decenais de irrigação, precipitação e evapotranspiração de referência (Penman Monteith) durante o período de ensaio	42
Figura 10 – Gráfico com a curva de calibração da sonda de neutrões e esquema com as posições relativas de leitura da sonda de neutrões e das amostras volumétricas em anéis.	44
Figura 11 – Esquema da sonda utilizada na recolha de amostras de solo mais raiz	48
Figura 12 – Representação esquemática do sistema de elutriação hidropneumático de separação das raízes do solo (adaptado de SMUCKER <i>et al.</i> 1982)	50
Figura 13 – Esquema em planta de um tabuleiro em vidro para distribuição de amostras de raiz	51
Figura 14 - Imagem ampliada de uma raiz de girassol captada a 150 PPP. A zona a preto e verde, corresponde á imagem inicial da raiz antes do processo de erosão e a zona a verde, corresponde à raiz reduzida a um pixel de espessura após o processo de erosão. O comprimento da raiz apresentada na imagem antes do processo de erosão mede 33 cm, após a erosão mede 35 cm e o comprimento final após as compensações das ligações é 43 cm	59
Figura 15 - Esquema representando 5 pixels numa imagem após o processo de erosão	59
Figura 16 - Esquema do cruzamento de dois segmentos com 5 e 3 cm sobrepostos à esquerda e os mesmos elementos mas mais delgados à direita	60
Figura 17 - Esquema com o símbolo de um pixel e os oito pixels vizinhos identificados com um número.....	61
Figura 18 – Evolução do volume total de água dos diferentes Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos determinados antes da rega nos primeiros 60 cm de solo.....	69
Figura 19 – Evolução do perfil de humidade ao longo do tempo para duas profundidades, determinado antes da rega em ambos os Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos	69
Figura 20 - Evolução do perfil de humidade (antes de cada rega) em cinco profundidades e para três datas.....	72
Figura 21 – Evolução dos perfis de humidade em seis profundidades ao longo de um ciclo de rega (25 mm no Regime 3) em plena fase de floração da cultura	74

Figura 22 – Diferenças de humidade após e antes da rega	75
Figura 23 – Evolução do consumo diário de água da cultura sob diferentes Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos	77
Figura 24 - Evolução do stress hídrico diário da cultura sob diferentes Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos.....	78
Figura 25 - Perfil de resistência à penetração sob o Sistema Tradicional e a Sementeira Directa antes da emergência e próximo da floração a 28 de Junho apenas para o Regime Hídrico 3, acompanhado do respectivo perfil de humidade.	83
Figura 26 - Densidade radical obtida pelo método da sonda antes da fase de floração a 23 de Junho. Interação do Sistema de Mobilização com a profundidade (gráfico a), interação do Regime Hídrico com a profundidade (gráfico b) e interação do Sistema de Mobilização e Regime Hídrico com a profundidade (gráfico c).....	89
Figura 27 - Densidade radical obtidas pelo método do perfil após a fase de floração a 23 de Julho. Interação do Sistema de Mobilização com a profundidade (gráfico a), interação do Regime Hídrico com a profundidade (gráfico b) e interação do Sistema de Mobilização e Regime Hídrico com a profundidade (gráfico c).....	92
Figura 28 - Densidade radical da repetição I, obtida 20 dias após o início da floração com os dados recolhidos com o método do perfil	93
Figura 29 - Densidade radical da repetição II, obtida 27 dias após o início da floração com os dados recolhidos com o método do perfil	94
Figura 30 - Regressão linear entre a densidade radical obtida pelo método da sonda e do perfil (antes e após a floração respectivamente).....	95
Figura 31 - Evolução relativa da matéria seca do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de cinco datas.....	101
Figura 32 - Evolução relativa do Índice de Área Foliar do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de sete datas	102
Figura 33 - Imagens de uma amostra de raiz de girassol, com graus de distribuição diferentes.....	122
Figura 34 - Imagem A-150.BMP, no seu tamanho original, tal como digitalizada.....	123

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento de uma variedade de girassol semitardia segundo SEMIHNENKO (1968) citado por VRÂNCEANU (1977).....	5
Quadro 2 - Variação do tamanho dos diferentes componentes do solo adaptado de KAY, (1990) e a relação da escala de pF com o tamanho do poro a 15 °C adaptado de SMART (1975).....	11
Quadro 3 - Influência da agregação na porosidade e no arejamento do solo. (Adaptado de BAVER, 1965) e apresentado em COSTA, (1985).	14
Quadro 4 - Valores experimentais da taxa de crescimento máximo da raiz, R_{max} , máxima pressão a que a raiz pode crescer, σ_{max} e a resistência obtida pelo penetrómetro correspondente a uma redução de 50% da taxa de crescimento radical $Q_{1/2}$	18
Quadro 5 - Textura e densidade aparente dos horizontes A e B do solo no local da experiência	29
Quadro 6- Densidade aparente na camada dos 0-30 cm sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa	29
Quadro 7- Retenção de humidade contra diferentes valores de pF (fase de secagem) sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa nos primeiros 30 cm.	30
Quadro 8 - Características químicas do solo nos talhões sujeitos a Sementeira Directa (SD) e ao Sistema Tradicional (Trad) a diferentes profundidades (amostragem antes da emergência)	31
Quadro 9 - Valores mensais de evapotranspiração de referência (ET ₀), precipitação e dotação.....	33
Quadro 10 Correspondência entre os valores de pF e o diâmetro do maior poro capaz de reter água contra a respectiva força de extracção.	46
Quadro 11 - Fases de desenvolvimento do girassol observadas	63
Quadro 12 - Valores de humidade antes da rega para duas profundidades e três datas (SD = Sementeira directa, Trad = Sistema Tradicional).....	71
Quadro 13 - Consumo total de água pela cultura entre 29 de Maio e 22 de Agosto	76
Quadro 14- Valores de pF com o respectivo diâmetro do poro abaixo do qual está preenchido com água e a densidade aparente em três profundidades sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa ...	80
Quadro 15- Percentagem do volume de porosidade compreendida entre diferentes diâmetros de poro e os respectivos valores de PF em três profundidades sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa	81
Quadro 16- Dados químicos do solo antes da sementeira	84
Quadro 17 - Densidade radical, diâmetro médio da raiz e matéria seca por volume de solo, obtidos pelo método da sonda antes da fase de floração a 23 de Junho.....	87
Quadro 18 - Densidade radical, obtida pelo método do perfil após a fase de floração (23 de Julho Bloco 1 e a 27 de Julho Bloco 2)	90
Quadro 19 - Evolução da matéria seca do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de cinco datas	100

Quadro 20 - Índice de área foliar do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de sete datas	102
Quadro 21 - Duração da área foliar do girassol entre 20 de Junho e 17 de Julho e entre 4 de Junho e 4 de Agosto	103
Quadro 22 - Pares de folhas secas a 17 de Julho e 4 de Agosto.....	104
Quadro 23 - Produção total de matéria seca (g/m ²).....	105
Quadro 24 - Produção total de grão (g/m ²).....	105
Quadro 25 - Índice de colheita	105
Quadro 26 - Peso de mil grãos (g).....	107
Quadro 27 - Número de grãos por m ²	107
Quadro 28 - Número de capítulos por m ²	107
Quadro 29 - Número de grãos por capítulo	107
Quadro 30 - Eficiência do uso da água tendo por base o consumo entre 29 de Maio e 22 de Agosto	108
Quadro 31 - Dados diários de precipitação, dotação, evapotranspiração, temperatura média do ar, humidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação líquida	116
Quadro 32 - Valores de humidade obtidos com sonda de neutrões, consumo e stress hídrico diário, com alguns cálculos intermédios para os vários Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos	119
Quadro 33 - Valores de comprimento e diâmetro de uma amostra de raiz de girassol, com diferentes graus de distribuição	121

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Sementeira do Sistema Tradicional (a) e Sementeira Directa (b).....	36
Fotografia 2 - Pormenor da mobilização na linha feita pelo semeador de Sementeira Directa.	37
Fotografia 3– Pormenor da localização dos tubos junto à linha e na entrelinha (distância média de 37,5 cm) numa fase inicial de rega	39
Fotografia 4 – Estação de bombagem composta em sequência por um grupo moto-bomba centrífuga, um contador volumétrico, um filtro, e um regulador de pressão com manómetro.....	40
Fotografia 5 - Pormenor do perfil e fixação do painel em módulos de vidro acrílico revestido a plástico cristal e fixados com pregos.....	56
Fotografia 6 - Torrão com raízes, retirado directamente sobre o horizonte B a 35 cm de profundidade durante o processo de abertura do perfil para análise radical no Sistema Tradicional Regime Hídrico 2. Na superfície do horizonte B, é observável a presença de algumas fendas naturais.	96
Fotografia 7- Exemplos de raízes de várias plantas de girassol retiradas nas várias modalidades de Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos em plena fase de floração. (Sequeiro = Regime Hídrico 1; Regadio = Regime Hídrico 3; Trad = Sistema Tradicional; SD = Sementeira Directa).....	98

1 - INTRODUÇÃO

A agricultura, tal como todas as actividades humanas tem sofrido uma evolução ao longo dos tempos e de um modo mais acentuado, à medida que nos vamos aproximando dos tempos actuais. Ao longo dessa evolução, passou-se de uma agricultura sustentada, desenvolvida ao longo de séculos, em que o arado era utilizado essencialmente com o objectivo de controlar infestantes com sucessivas gradagens superficiais e preparar a cama para a semente. Esse sistema foi substituído por alqueives profundos e gradagens pesadas, com a generalização da utilização do tractor nos anos cinquenta e sessenta. Na região mediterrânea, à semelhança de outras regiões quentes do mundo, esta alteração contribuiu para acentuar a degradação dos solos nomeadamente a deterioração da estrutura já de si normalmente fraca, a sua erosão e a diminuição do teor em matéria orgânica.

Actualmente a utilização do tractor é inquestionável, mas também é inquestionável, a curto e médio prazo, a exigência de restabelecer tanto quanto possível um sistema coerente que passe pela redução da intensidade das mobilizações do solo, com a adopção de sistemas de conservação,

permitindo simultaneamente compatibilizar uma redução significativa dos custos de produção com a preservação do património solo.

Estudos realizados em diferentes tipos de solo no Alentejo, mostraram que com a redução da intensidade de mobilização do solo e em especial através da sementeira directa, obtém-se produções para as culturas arvenses de sequeiro de Outono-Inverno semelhantes às do sistema tradicional, verificou-se, no entanto, a existência de uma interacção significativa entre sistemas de mobilização, o solo e as condições meteorológicas (CARVALHO e BASCH, 1994). Simultaneamente, tem-se verificado que nas culturas de Primavera de regadio a sementeira directa tem apresentado bons resultados (CARVALHO et al, 1991).

No caso da cultura de girassol de sequeiro, semeada tradicionalmente na Primavera, tem-se registado, com frequência, um menor desenvolvimento com a aplicação da sementeira directa nas primeiras fases da cultura que conduzem a reduções tanto da produção de matéria seca total como de grão. Estes resultados contradizem a bibliografia estrangeira, sobretudo a norte-americana (UNGER, 1981; DEIBERT et al. 1989; HALVORSON et al., 1995), onde se refere que a sementeira directa é favorável quando a água é um factor limitante, pois este sistema de mobilização tende a reduzir a evaporação do solo e a aumentar a sua infiltração. Os climas a que a bibliografia se refere, diferem das condições climáticas no Alentejo, pois apesar da água ser o factor limitante, é distribuída geralmente em chuvadas de fraca intensidade.

Uma possível explicação, para as limitações à sementeira directa em culturas de Primavera de sequeiro, está provavelmente associada a uma maior resistência do solo à penetração das raízes, em particular nos solos mal estruturados e com um teor de humidade baixo, ficando reduzido o seu crescimento tanto em profundidade como lateralmente, levando a que um menor volume de solo seja explorado pelas raízes, implicando, assim, uma menor disponibilidade de água e de nutrientes.

Durante o estabelecimento das culturas de Outono-Inverno o solo está normalmente mais húmido e conseqüentemente apresenta uma menor impedância mecânica e simultaneamente mais tempo para o crescimento da raiz, o que permite à cultura, quando ocorre o stress hídrico já ter as raízes estabelecidas abaixo da camada mobilizada. A menor resistência do solo à penetração das raízes com teores de humidade mais elevados, é uma possível explicação do sucesso da sementeira directa nas culturas de Primavera de regadio, onde se verificam apenas pequenas ou nenhuma diferenças entre sistemas de mobilização do solo. A fim de testar esta hipótese, realizou-se um

ensaio que irá permitir estudar a interacção do sistema de mobilização do solo com vários regimes hídricos na produção do girassol.

Assim, o presente trabalho teve como objectivo o estudo comparativo de dois Sistemas de Mobilização do solo na cultura de girassol de Primavera com três Regimes Hídricos. Pretendeu-se avaliar os efeitos destes tratamentos nas propriedades físicas do solo, no crescimento radical, no crescimento da cultura e na produção de matéria seca total e de grão.

Pretendeu-se, ainda, contribuir para esclarecer quais os factores mais limitantes à utilização da sementeira directa na cultura de girassol de sequeiro, de forma a sugerir procedimentos e linhas de investigação que permitam uma redução considerável da mobilização necessária sem por em risco a obtenção de produções economicamente favoráveis.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - ALGUNS ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO GIRASSOL

2.1.1 - FASES DE DESENVOLVIMENTO

O ciclo vital do girassol foi objecto de numerosos estudos (ALEKSEEV 1955; SINSKAIA 1956; SEMIHENKO 1968) cit. por VRANCEANU (1977) que permitiram estabelecer as seguintes fases de desenvolvimento (Quadro 1).

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento de uma variedade de girassol semitardia segundo SEMIHENKO (1968) citado por VRANCEANU (1977)

Fase	Começo e fim da fase	Duração (dias)
1. Germinação das sementes e emergência	Desde a sementeira até ao aparecimento dos cotilédones	10 - 30
2. Formação das folhas	Desde a emergência até 4-5 pares de folhas verdadeiras	20 - 24
3. Diferenciação dos primórdios do capítulo floral	De 4-5 pares de folhas até 7-8 pares	8 - 10
4. Crescimento activo	De 7-8 pares de folhas até à floração	26 - 28
5. Floração	Princípio - fim da mesma	14 - 16
6. Formação das sementes e acumulação de óleo	Desde o final da floração até os capítulos apresentarem uma cor amarelo - esverdeada	20 - 25
7. Enchimento das sementes	Desde a cor amarelo – esverdeada dos capítulos até a cor amarelo escura	15 - 20

2.1.2 - ASPECTOS DA FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO

Como noutras culturas a produção de grão de girassol depende da produção total de matéria seca e da sua distribuição pelas diferentes partes da planta. Esta relação entre a produção de grão e

a produção total de matéria seca é traduzida através de um coeficiente designado por índice de colheita.

A produção total de matéria seca de uma cultura depende directamente da duração do período de crescimento e da taxa de crescimento da cultura (CARVALHO, 1987). A taxa de crescimento da cultura, por sua vez, é função da área fotossintética e da taxa de assimilação líquida (COX e JOLLIFF, 1986).

Podemos assim enunciar a área fotossintética, a duração do período de crescimento e a taxa de assimilação líquida como sendo os parâmetros que condicionam a produção total de matéria seca, o seu índice de colheita e, conseqüentemente, a produção total de grão.

2.1.3 - ÁGUA

A produção da cultura do girassol, em condições de sequeiro no clima mediterrânico, é limitada pela deficiência hídrica, particularmente a que se faz sentir durante a fase reprodutiva da cultura (CARVALHO *et al.* 1991 a).

O girassol dispõe de mecanismos fisiológicos que lhe permitem uma resposta adaptativa ao déficit hídrico (GIMENEZ e FERERES 1987; ORDOÑEZ e COMPANY 1990). Um dos mecanismos fisiológicos é o ajustamento osmótico, que permite manter os processos fisiológicos, continuando a fotossintetizar e a acumular matéria seca, apesar do stress hídrico. Este ajustamento osmótico deve-se à redução do potencial de água nas células estomáticas, que mantêm a sua turgescência com a acumulação de solutos (RADIN 1983, cit. por GIMENEZ e FERERES 1987; ORDOÑEZ e COMPANY 1990). O ajustamento osmótico é mais acentuado nas variedades de ciclo longo, sobretudo quando a capacidade evaporativa é elevada, e se atingem valores de potencial hídrico nas folhas mais baixas (GIMENEZ e FERERES 1987). Outro mecanismo fisiológico de que o girassol dispõe é a capacidade de adaptar a sua superfície foliar à disponibilidade de água, provocando uma senescência acelerada das folhas inferiores, o que reduz a área foliar, permitindo diminuir as perdas de água por transpiração (ORDOÑEZ e COMPANY 1990).

ROBELIN (1967) considera o período que decorre desde vinte dias antes a vinte dias após a floração, como o mais crítico relativamente às necessidades hídricas da cultura, no qual a deficiência hídrica no solo provoca uma diminuição considerável da produção (VRANCEANU 1977; ORDOÑEZ e COMPANY 1990).

Consegue-se um aumento da produção com adequado fornecimento de água à cultura durante o período de floração e enchimento do grão (ROBELIN 1967; UNGER 1982 cit. por JONES 1984).

A condição de deficiência hídrica no solo durante a fase da antese e de enchimento do grão pode afectar a produção, através da indução de alterações no processo de polinização na fase da antese, que provocam redução no número de grãos e nos processos de fotossíntese e translocação de substâncias na fase de enchimento do grão, provocando uma redução no número e dimensão final dos grãos (ORDOÑEZ e COMPANYY 1990).

Assim, uma boa disponibilidade hídrica até ao final da fase de floração garante um elevado número de sementes viáveis, enquanto uma fase de maturação grande e a conservação de uma grande superfície foliar, acompanhadas de disponibilidade hídrica, aumenta o rendimento da cultura. Uma vez que o número de grãos já está definido, o benefício expressa-se no aumento do peso médio de um grão.

2.2 - INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO E PARÂMETROS FÍSICOQUÍMICOS DO SOLO

O solo apresenta um conjunto de propriedades físicas e químicas que variam significativamente em resposta ao tipo e intensidade da mobilização utilizada na instalação e condução das culturas. A alteração destas propriedades vai causar uma resposta diferenciada da cultura que se desenvolve sobre o solo em causa.

As características físicas e químicas de um solo são alteradas consoante o tipo de mobilização a que o solo é submetido. Algumas alterações são sensíveis num curto período de tempo por acção de uma simples operação de mobilização e, outras, apenas com uma acção continuada se tornam detectáveis. Assim, as relações de massa e volume do solo variam a cada mobilização, enquanto que outros processos são mais demorados, como a deterioração ou a melhoria da estrutura (VIEIRA, 1991).

Dado que os assuntos relacionados com a mobilização do solo e as suas implicações são extremamente amplos, optou-se por fazer uma revisão que foque apenas os aspectos essenciais propostos neste trabalho. Para simplificar mais um pouco, tenta-se, sempre que possível, abordar essencialmente dois Sistemas de Mobilização extremos: O Sistema Tradicional e a Sementeira Directa. O Sistema Tradicional consiste normalmente numa lavoura com uma charrua de aivecas

seguida de duas ou três gradagens antes da sementeira, enquanto na Sementeira Directa, se procede simplesmente à aplicação prévia de um herbicida, sendo a sementeira realizada com um semeador especial que mobiliza apenas uma estreita faixa na linha de sementeira.

2.2.1 - PARÂMETROS QUÍMICOS

Apesar de o girassol ser um grande consumidor de elementos nutritivos, este responde menos à fertilização que o trigo ou outras culturas. Este facto, está em grande medida relacionado com a elevada capacidade do seu sistema radical extrair os elementos nutritivos de que necessita, inclusivamente os menos solúveis, dos perfis profundos do solo, esgotando em muitos casos solos ricos em nutrientes, (VRANCEANU, 1977). ORDOÑEZ e COMPANYY (1990), referem que o girassol pode absorver até 2/3 do azoto de que necessita, a partir do que existe disponível no solo, proveniente de adubações de culturas anteriores. Os mesmos autores confirmam o facto de as raízes do girassol penetrarem mais fundo do que a maioria das outras culturas, permitindo-lhe obter o azoto, que se desloca para baixo da zona de enraizamento normal.

O azoto é considerado como um dos elementos decisivos na nutrição do girassol, em que a maior parte do azoto é consumido entre a formação do capítulo e a floração. Nos solos aráveis, a quase totalidade do azoto encontra-se na matéria orgânica, na forma de azoto orgânico, tendo de se mineralizar para ficar disponível para as plantas.

A disponibilidade de fósforo nos estados iniciais de crescimento é um factor vital para o desenvolvimento e rápido crescimento do girassol, apesar de a taxa de absorção ser máxima só à floração (ORDOÑEZ e COMPANYY, 1990).

O girassol absorve grandes quantidades de potássio, 75% do total deste nutriente é absorvido antes da floração e desempenha um papel activo nos processos de regulação, assimilação, transformação e equilíbrio interno de outros princípios nutritivos na planta para além de cumprir um importante papel na regulação osmotica (ORDOÑEZ e COMPANYY, 1990).

Em geral, a disponibilidade de azoto entre diferentes Sistemas de mobilização, não deve diferir significativamente, pois o azoto é facilmente arrastado em profundidade com a água. No entanto o fósforo e o potássio são muito pouco móveis no solo. Este facto, leva a que tendam a acumular-se muito à superfície na ausência de mobilização. Esta maior concentração à superfície de nutrientes pouco móveis não significa uma menor disponibilidade para as plantas, uma vez que, na Sementeira Directa, é frequente verificar-se um teor de humidade relativamente mais elevado

nessa zona, que tende a facilitar a difusão dos nutrientes (HERNÁNDEZ, 1990) e o crescimento das raízes.

SHEAR and MOSCHLER (1969) citado por MACKAY *et al.* (1987), após 6 anos sem mobilização, verificaram uma concentração de fósforo nos primeiros 5 cm de solo 3,8 vezes superior ao Sistema Tradicional, enquanto que dos 5 aos 20 cm de profundidade obtiveram uma concentração de fósforo inferior em 50% na Sementeira Directa.

GORBACHEVA e USATENKO (1989), num ensaio que decorreu ao longo de 10 anos (com lavoura e com mobilização superficial de 8 cm), verificaram que no Sistema sem lavoura, o fósforo acumulou-se nos primeiros 10 cm, enquanto a concentração entre os 10 e os 30 cm decresceu. Este processo foi-se acentuando, até que se estabilizou ao fim de 5 anos. Apesar desta estratificação o autor não encontrou diferenças de produção significativas.

MACKAY *et al.* (1987), num solo Mólico, em que tinha decorrido um ensaio com Lavoura e Sementeira Directa durante 9 anos, acompanharam a taxa de absorção de fósforo e potássio ao longo do ciclo do milho e verificaram que sob Sementeira Directa cerca de 50% da extracção dos nutrientes provinha dos primeiros 7,5 cm de solo, enquanto que no Tradicional esse valor foi sempre muito inferior. Verificaram também que ao fim de 30 dias após a sementeira, na modalidade sem mobilização, a cultura tinha extraído só cerca de metade do fósforo e do potássio do que no Sistema Tradicional. Essa diferença foi-se atenuando, acabando por atingir valores idênticos de extracção 64 dias após a sementeira.

Na sequência de um ensaio que decorreu sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa durante 8 anos, já com uma estratificação de nutrientes estabilizada, DEIBERT e UTTER (1989) avaliaram durante 2 anos, a cultura do girassol, (sob os mesmos Sistemas de Mobilização) a extracção de azoto, fósforo e potássio e não verificaram diferenças significativas na extracção destes nutrientes tanto no final da fase de crescimento activo como no fim do ciclo. Também não registaram diferenças significativas de produção de grão nem na concentração de nutrientes no grão.

2.2.2 - PARÂMETROS FÍSICOS

2.2.2.1 - Estrutura, densidade aparente e porosidade

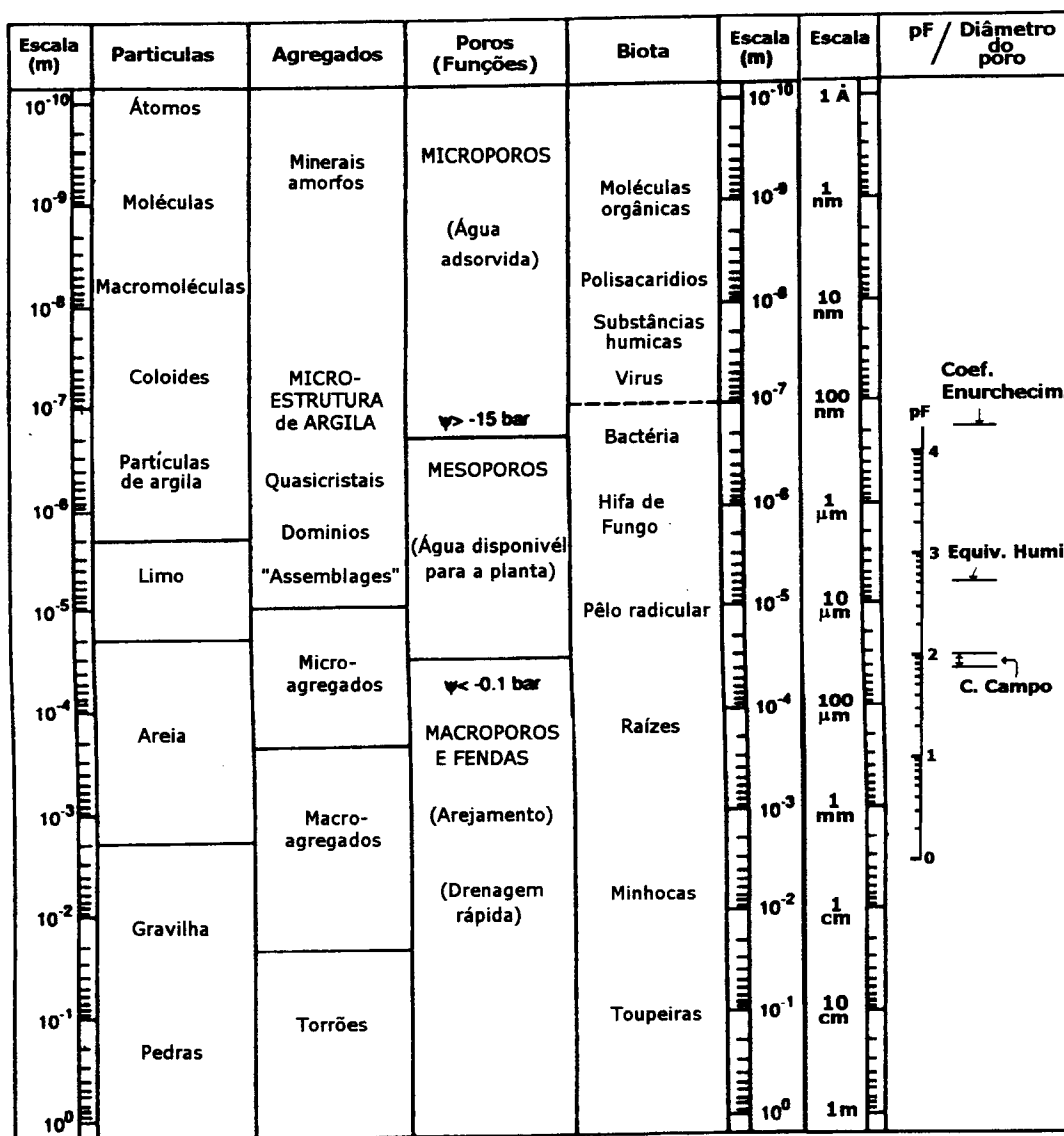
A estrutura do solo segundo COSTA (1985) é a característica física do solo expressa pelo tamanho, forma e arranjo das partículas e dos respectivos vazios, considerando-se não só as partículas individuais de areia, limo e argila, mas também as partículas compostas, isto é, os pedes ou agregados estruturais. (1988) apresenta uma definição mais simples e simultaneamente mais abrangente: estrutura é a heterogeneidade espacial de diferentes componentes ou propriedades do solo.

Na generalidade dos casos do ponto de vista agronómico, os agregados são a componente da estrutura do solo com maior relevo na caracterização da própria estrutura, pois estes condicionam em grande medida a distribuição e a continuidade do sistema de poros.

Uma boa estrutura para o crescimento das plantas depende da presença de agregados com um diâmetro de 1 a 10 mm estáveis em água. Estes devem ser porosos (poros $> 75 \mu\text{m}$) para que permaneçam aeróbicos, e possuir um número suficiente de poros com um diâmetro entre 30 - 0,2 μm para garantir uma retenção de água disponível para extracção pelas plantas. Os poros entre os agregados devem ser suficientemente grandes de forma a permitir uma rápida infiltração e drenagem (TISDALL e OADES, 1982).

A variação do tamanho dos diferentes componentes do solo e a relação entre os valores de pF e o diâmetro do maior poro capaz de reter água contra a respectiva força de extracção são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Variação do tamanho dos diferentes componentes do solo adaptado de KAY, (1990) e a relação da escala de pF com o tamanho do poro a 15 °C adaptado de SMART (1975)



As operações de mobilização não podem normalmente por si só, criar agregação do tipo grumoso ou granuloso de grande estabilidade. Portanto, em solos mal agregados, as operações de mobilização apenas conseguem afôfá-los e arejá-los, provocando temporariamente as qualidades inerentes aos solos bem agregados desde que as mobilizações sejam efectuadas quando o solo tiver um teor de humidade adequado. Este efeito é muito importante numa fase inicial da cultura mas frequentemente não é suficientemente duradouro para assegurar as melhores condições de infiltração de água, arejamento etc., até à colheita (COSTA, 1985), pelo que HERNÁNDEZ (1990) afirma que as mobilizações constroem uma estrutura artificial e efêmera.

DEXTER (1988), apresenta a agregação do solo organizada hierarquicamente em partículas primárias (argila), conjuntos de partículas de argila agrupadas em quasicristais, domínios ou

"assemblages", "clusters" (conjuntos de quasicristais, domínios ou "assemblages"), microagregados (conjuntos de clusters) e agregados (conjuntos de microagregados). HADAS (1987) citado em (DEXTER, 1988), refere que as organizações de ordem hierárquica mais baixa apresentam uma ligação interna entre os seus elementos mais forte do que a existente entre partículas de compostos de ordem hierárquica mais alta. As partículas de uma ordem mais baixa, são mais densas porque a ordem acima inclui a porosidade da ordem inferior mais os espaços existentes entre as partículas de ordem inferior.

Os microagregados têm dimensões compreendidas entre os 20 e os 250 μm e os agregados entre os 250 μm e os 25 mm. Os agregados são formados no solo essencialmente por processos físicos de humedecimento e secagem. Quando os colóides do solo diminuem de tamanho aparecem fendas e estas fendas definem as fronteiras dos agregados. As pressões que são exercidas no processo de humedecimento pelo expandir dos colóides do solo, tendem a consolidar novamente os agregados. No entanto, restam sempre planos de fraqueza, por onde se inicia de novo o fendilhamento no processo de secagem seguinte DEXTER (1988).

Segundo DEXTER (1988) no decorrer do processo de amadurecimento dos agregados, a entrada e saída de água dos agregados é acompanhada da translocação de argila, de modo a que a parte interior do agregado apresente maior porosidade e menor quantidade de argila que a média do agregado. Esta heterogeneidade intra-agregado, acentua-se com o decorrer dos anos até se estabelecer um equilíbrio.

A formação de uma determinada ordem de agregação pode também ser fruto da fragmentação de agregados de ordem superior por processos de desagregação. Estes processos de desagregação são resultado da aplicação de forças mecânicas que tanto podem actuar externamente por acção, por exemplo, de mobilizações como, internamente, pelo aumento da pressão do ar aprisionado no interior do agregado durante um processo de humedecimento rápido (HILLEL, 1980). A fragmentação ocorre sempre que o stress a que o agregado é sujeito iguala a sua resistência.

A destruição de uma dada ordem hierárquica de agregação implica a destruição automática de todas as ordens superiores. Assim, se a organização das partículas de argila, que é o nível hierárquico mais baixo, dispersarem, perde-se toda a estrutura. Daqui se pode depreender que a "floculação é a base de uma boa estrutura do solo" DEXTER (1988).

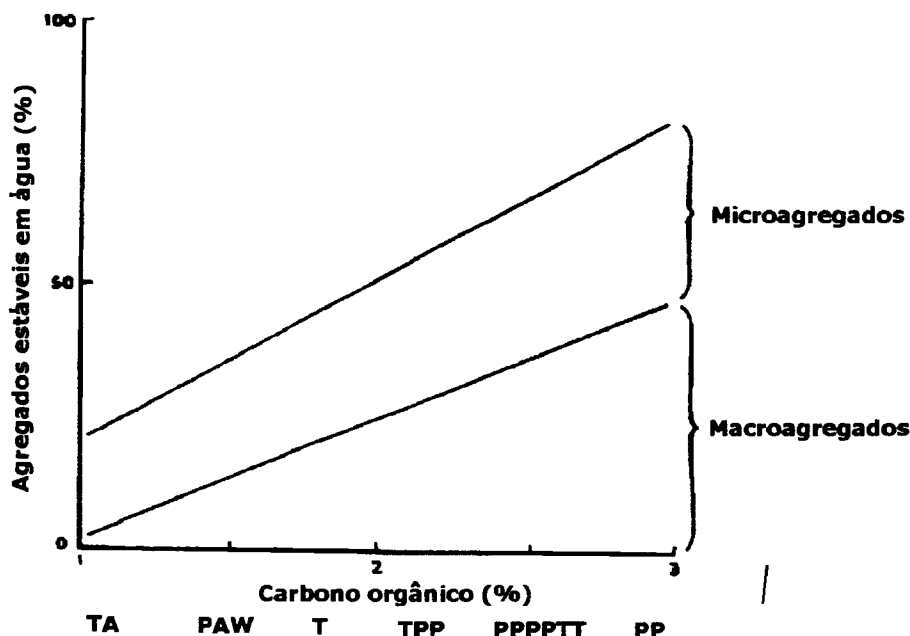


Figura 1 - Agregação estável em água num solo vermelho acastanhado influenciada pelo conteúdo de carbono orgânico. Os diferentes conteúdos de carbono são provenientes de talhões experimentais com diferentes rotações de culturas onde P = pastagem, T = Trigo e A = Alqueive. (Adaptado de TISDALL e OADES, 1982)

Os sistemas culturais tem uma forte influência nas características estruturais dos agregados do solo, em particular na proporção de agregados estáveis em água, com destaque para os macroagregados. Como se pode observar na Figura 1, o número de macroagregados estáveis em água decresce rapidamente com a redução da matéria orgânica, de raízes e de hifas que são decompostas por acção das mobilizações, enquanto os microagregados são pouco afectados pela redução da matéria orgânica no solo causado pelas práticas culturais (TISDALL e OADES, 1982).

BENITO e DIAZ-FIERROS (1992) também mostram que a menor resistência à degradação estrutural pela água nos solos cultivados está fortemente relacionada com o menor teor de carbono orgânico do solo.

Para o bom desenvolvimento das plantas é importante um fornecimento de oxigénio adequado às raízes. Como o oxigénio se move extremamente devagar na água do solo é necessário manter uma quantidade de poros (pelo menos 10%) com ar, num solo à capacidade de campo, tendo este ar pelo menos 10% de oxigénio (DEXTER, 1988). COSTA, (1985) refere que a capacidade para o

ar dos solos argilosos é relativamente pequena a não ser que estes apresentem uma agregação conveniente (granulosa ou grumosa, média a fina). A macroporosidade aumenta com o diâmetro dos agregados e como tal a capacidade para o ar também (Quadro 3).

Quadro 3 - Influência da agregação na porosidade e no arejamento do solo. (Adaptado de BAVER, 1965) e apresentado em COSTA, (1985).

	Diâmetro dos agregados (mm)				
	< 0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-5,0
Porosidade total (%) .	47,5	50,0	54,7	59,6	62,6
Macroporosidade (%) .	2,7	24,5	29,6	35,1	38,7
Microporosidade (%) .	44,8	25,5	25,1	24,5	23,9
O ₂ no ar do solo (%) .	5,4	18,6	19,3	19,4	—
O ₂ no solo (%) . . .	0,1	4,5	5,7	6,7	7,5

MONNIER e GOSS (1987) citados por CHAMEN e LONGSTAFF (1995), concluíram que a compactação do solo resultante do rodado de veículos é o maior contributo para: o encharcamento, a redução da difusão de ar, a restrição ao crescimento das raízes e o ineficiente uso dos fertilizantes. LAMERS *et al.* (1986) e DICKSON *et al.* (1992) citados por CHAMEN e LONGSTAFF (1995) referiram maiores produções quando o solo não é sujeito aos rodados, normalmente em condições húmidas, atribuindo esta diferença a uma maior disponibilidade de oxigénio nos solos não sujeitos ao tráfico.

CARTER (1992) verificou que, (em comparação com a mobilização convencional) a Sementeira Directa e a mobilização mínima em solos franco-arenosos aumentaram significativamente o teor de carbono orgânico e, conseqüentemente, a actividade microbiana nos horizontes superficiais do solo. Simultaneamente, o mesmo autor, detectou após um período de apenas 3 anos, um aumento do número de partículas de solo agregadas e do diâmetro médio dos agregados com a redução da intensidade da mobilização. Em ensaios realizados no Alentejo em solos Pm MARQUES (1998), também em três anos obteve diferenças significativas na estabilidade de agregados em água entre o Sistema Tradicional e a Sementeira Directa. Em solos bem estruturados (UNGER e FULTON, 1990) só obtiveram um diâmetro médio

significativamente maior nos agregados estáveis em água com a Sementeira Directa em relação ao Sistema Tradicional, após 8 anos de mobilização diferenciada. Os autores referem a hipótese das diferenças de agregação não se terem revelado mais cedo por as amostras terem sido sistematicamente retiradas entre os 4 e os 7 cm, tendo sido ignorados os primeiros 4 cm onde as diferenças deveriam ser mais acentuadas.

A densidade aparente do solo é a razão entre a massa da parte sólida de um dado volume aparente de solo (volume ocupado pelas partículas sólidas mais os poros) e a massa de igual volume de água. A porosidade está inversamente correlacionada com a densidade aparente (COSTA, 1985). Assim, as diferenças de densidade traduzem-se em diferenças de porosidade total, que tende a ser menor em solos não mobilizados indicando em princípio, que há menos espaço para o movimento do ar e da água no solo (HERNÁNDEZ, 1990). Em solos argiluiados (após as mobilizações) PELEGRIN *et al.* (1990) verificaram uma densidade aparente mais elevada e uma menor condutividade hidráulica saturada na Sementeira Directa em comparação ao sistema com mobilização nos primeiros 20 cm. Seis meses depois verificaram um aumento da densidade aparente e uma redução da condutividade hidráulica em ambos os sistemas. UNGER e FULTON (1990) no entanto em solos bem estruturados, não verificaram diferenças de densidade aparente entre a Sementeira Directa (durante 8 anos) e o Sistema Tradicional.

É frequentemente aceite que apesar da menor superfície de solo calcada nos Sistemas de Mobilização reduzida e no caso particular da Sementeira Directa, a camada superficial do solo se apresenta mais compactada. Esta compactação significa tanto um aumento da densidade aparente como a diminuição da porosidade total, em especial da macroporosidade. No entanto, o aumento da densidade aparente nomeadamente em condições de Sementeira Directa, não tem que resultar, necessariamente, numa redução da taxa de infiltração do solo, nem num menor crescimento das raízes. Assim, na Sementeira Directa, a oportunidade para o desenvolvimento da porosidade biológica continua ao longo do perfil do solo é maior, pelo que se pode verificar simultaneamente com o aumento da densidade aparente, um aumento também da permeabilidade do solo ao ar e à água e da taxa de alongamento das raízes (GOSS *et al.*, 1984; ELLIS e BARNES, 1980; CARVALHO *et al.*, 1988) citados em CARVALHO (1991 b).

SOANE e PIDGEON (1975), citados em VIEIRA (1981) explicaram este fenómeno na Sementeira Directa com a estabilização dos canais das raízes e das minhocas, principalmente na orientação vertical, o que em parte, compensa o menor número de macroporos.

2.2.2.2 - A utilização do penetrómetro na avaliação da resistência mecânica do solo

A compactação do solo leva em primeiro lugar a uma redução do volume dos poros de maiores dimensões e contribui assim para o restringimento do crescimento radical devido ao aumento da resistência mecânica e / ou à deficiência de arejamento, limitando a acessibilidade à água e aos nutrientes por parte da planta BENGOUGH (1991).

BENGOUGH (1991) refere que provavelmente o melhor método indirecto de estimar a resistência do solo ao crescimento radical, envolve a medição da resistência mecânica, com uma sonda de metal denominada penetrómetro. O termo resistência é geralmente usado no sentido de ser uma força sentida pelas raízes ou pelo penetrómetro e refere-se à força exercida pelos mesmos dividida pela sua área transversal.

UNGER e FULTON (1990) e GIRÁLDEZ e GONZÁLEZ (1994) em solos bem estruturados não verificaram diferenças significativas de resistência à penetração entre Sistemas de Mobilização. Pelo contrário, CARVALHO e BASCH (1994) em solos de Barro (Bvc) apresentando uma estrutura menos favorável e PELEGRIN *et al.* (1990) em solos argiluvados com uma estrutura fraca verificaram uma maior resistência à penetração nos talhões submetidos à Sementeira Directa .

Comparação entre a resistência do solo ao penetrómetro e à raiz

Para determinar a relação entre a resistência do solo ao penetrómetro e às raízes, é necessário medir a resistência a ambos, separadamente. No entanto, por causa das dificuldades experimentais em medir a resistência às raízes poucos estudos têm sido realizados e os dados apresentados pelos vários autores nem sempre têm sido concordantes.

Deve-se ter presente que o penetrómetro normalmente difere da raiz em diâmetro, forma, propriedades de fricção, em taxa de penetração e na flexibilidade da extremidade. Adicionalmente, somente alguns milímetros próximos da coifa são empurrados através do solo. A raiz extrai água do solo que a circunda à medida que cresce BENGOUGH (1991), libertando um exsudado (mucigel) numa quantidade tanto maior quanto menor a quantidade de água no solo, podendo ser encarado quer como um mecanismo de compensação para a secura, quer como lubrificante para as raízes finas entrarem em poros onde se acomodariam mal (OLIVEIRA e PORTAS, 1993).

GOSS e RUSSEL(1980), referem uma experiência realizada por GOSS (1977) em que estuda o crescimento das raízes em meios artificiais onde o efeito do “stress” mecânico em todo o sistema

radical foi investigado, utilizando camas de esferas de vidro, continuamente abastecidas com ar e uma solução nutritiva e permitindo o controlo externo da pressão exercida sobre as raízes. Esta experiência revelou que o crescimento radical pode ser bastante reduzido por pressões externas relativamente baixas. Valores de apenas 20-50 kPa (0,2 kg / cm²) reduziram para metade o alongamento da raiz de várias espécies. A cevada mostrou-se como uma das espécies mais sensíveis, reduzindo a taxa de alongamento para metade quando sujeita a uma pressão exterior de 20 kPa.

MISRA *et al.* (1986), também determinaram pressões máximas a que as raízes podem crescer, utilizando um método diferente baseado na medição da força exercida por uma raiz com determinado diâmetro, numa balança electrónica muito sensível. Com este método, estes autores determinaram a pressão axial máxima a que as raízes de ervilha, algodão e girassol podem crescer obtendo valores de 497, 289 e 238 kPa, respectivamente. O girassol foi das três espécie a mais sensível.

Dada a complexidade das variáveis que interferem na medição da resistência do solo ao penetrómetro e às raízes DEXTER (1987) desenvolveu um modelo para estimar a taxa de alongamento da raiz em termos de balanços de pressões que actuam na raiz. Através de sucessivas simplificações consegue apresentar uma equação final (Eq. 1) que fornece a taxa relativa de crescimento radical em função da impedância mecânica do solo, desde que se conheça a resistência ao penetrómetro para a qual a taxa de crescimento relativo da raiz é reduzida a metade e o potencial de água no solo. No caso do valor da taxa máxima de crescimento da raiz ser conhecido (Quadro 4) pode-se mesmo estimar a taxa absoluta de crescimento diário.

$$\frac{R}{R_{max}} = -\frac{\psi_o}{\psi_w} + e^{-0.6931(Q_p/Q_{1/2})} \quad [1]$$

$\frac{R}{R_{max}}$ - Taxa relativa do crescimento radical em função da impedância mecânica do solo

ψ_o - Potencial de água no solo em MPa

ψ_w - Potencial de água correspondente ao coeficiente de emurchecimento para a espécie em causa, ou na ausência de informação pode-se utilizar o valor geral das várias espécies de plantas -1,5 MPa.

Q_p - Resistência do solo medida com o penetrómetro em MPa

$Q_{1/2}$ - Resistência ao penetrómetro para a qual a taxa de crescimento relativo da raiz é reduzida a metade em MPa

DEXTER (1987) compilou valores experimentais da taxa de crescimento máxima da raiz, da máxima pressão a que a raiz pode crescer e da pressão obtida pelo penetrómetro correspondente a

uma redução de 50% da taxa de crescimento radical (Quadro 4). Estes dados mostram que existem diferenças consideráveis relativamente a estes parâmetros quer entre espécies diferentes quer entre variedades diferentes da mesma espécie.

Comparando com as outras espécies, o girassol apresenta um valor mais baixo em termos de pressão máxima a que a raiz se pode desenvolver, revelando uma grande sensibilidade no crescimento radical em relação à resistência mecânica do solo.

Só para uma das culturas é que são apresentados ambos os valores de σ_{\max} e $Q_{1/2}$, o que dificulta a comparação da resistência à penetração da raiz e do penetrómetro.

Quadro 4 - Valores experimentais da taxa de crescimento máximo da raiz, R_{\max} , máxima pressão a que a raiz pode crescer, σ_{\max} e a resistência obtida pelo penetrómetro correspondente a uma redução de 50% da taxa de crescimento radical $Q_{1/2}$

Raiz seminal			
Espécies de plantas	R_{\max} (mm day⁻¹)	σ_{\max} (MPa)	$Q_{1/2}$ (MPa)
Fava (<i>Faba vulgaris</i> L.)	—	1.08	—
Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L. cv. Empire)	85	—	0.72
Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L. cv. Coker 413-68)	—	0.92	—
Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L. cv. Coker 413-68)	—	1.1	—
Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L. cv. Sicot 3)	—	0.29	—
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	—	1.45	—
Milho (<i>Zea mays</i> L. cv. United 106)	26	—	1.3
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L. cv. Brunswick)	—	1.31	—
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L. cv. Meteor)	—	—	2.03
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.)	24	—	—
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L. cv. Onward)	35	—	—
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L. cv. Brunswick)	—	1.2	—
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L. cv. Greanfeast)	—	0.50	—
Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> cv. Virginia bunch)	65	1.16	1.91
Azevem (<i>Lolium multiflorum</i> cv. 522)	—	—	1.39
Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L. cv. Hysun)	—	0.24	—
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> cv. Potentate)	—	—	1.48

Adaptado de DEXTER (1987)

VEEN e BOONE, (1989) realizaram um trabalho em vasos com um solo arenoso franco homogéneo, com 11% de argila, com o objectivo de quantificar separadamente o efeito da resistência mecânica do solo ao penetrómetro e ao potencial de água no solo na taxa de

crescimento de raízes de milho. Para controlar a resistência à penetração, foi utilizado um penetrômetro de cone com um semiângulo de 30° e apenas com 2 mm de diâmetro. Da experiência verificou-se que a resistência mecânica do solo e o potencial de água no solo têm um efeito aditivo na taxa de crescimento da raiz e que o aumento da resistência do solo, reduz o comprimento e aumenta a largura da raiz. Sem restrições a raiz cresceu 48 mm por dia, enquanto o crescimento da raiz parou quando sujeito a uma resistência determinada com o penetrômetro de 4,2 MPa e um potencial de água no solo de 1,7 Mpa. Para o solo em estudo, a resistência ao penetrômetro foi aproximadamente 2,5 vezes superior à pressão experimentada pelas raízes. Entre 0 e 0,1 MPa de resistência ao penetrômetro, as raízes mostraram-se mais sensíveis em termos do seu crescimento do que a iguais intervalos de resistência mas a níveis superiores.

BENGOUGH (1991), baseando-se em trabalhos de vários autores conclui que o penetrômetro fornece uma boa estimativa da resistência do solo à penetração das raízes, mas apresenta uma resistência 2 a 8 vezes superior à sofrida pela raiz em solo não saturado.

CAMPBELL e O'SULLIVAN (1991) referem ainda que em solos bem estruturados, a resistência à penetração pode diferir entre cones de diferentes diâmetros. Um cone com um pequeno diâmetro relativamente ao tamanho das unidades estruturais, pode penetrar em agregados ou planos de fraqueza entre agregados, enquanto que um cone grande tende a penetrar ou a deformar esses agregados.

Apesar de o penetrômetro não fornecer directamente a resistência do solo ao crescimento da raiz, pode-se concluir que é um meio prático para determinar no campo diferenças de resistência de solo entre Sistemas de Mobilização distintos. No entanto a leitura do penetrômetro pode ser deturpada devido às diferenças da estrutura entre tratamentos (CAMPBELL e O'SULLIVAN, 1991). Por exemplo, EHLERS *et al.*, (1983) citados por CAMPBELL e O'SULLIVAN (1991) obtiveram uma resistência ao cone, limitante ao crescimento da raiz de 4.9 MPa, superior em solo não mobilizado contra 3.6 MPa em solo mobilizado. Esta diferença é atribuída à capacidade da raiz em explorar as fendas e as fissuras estruturais que são destruídas pelas mobilizações.

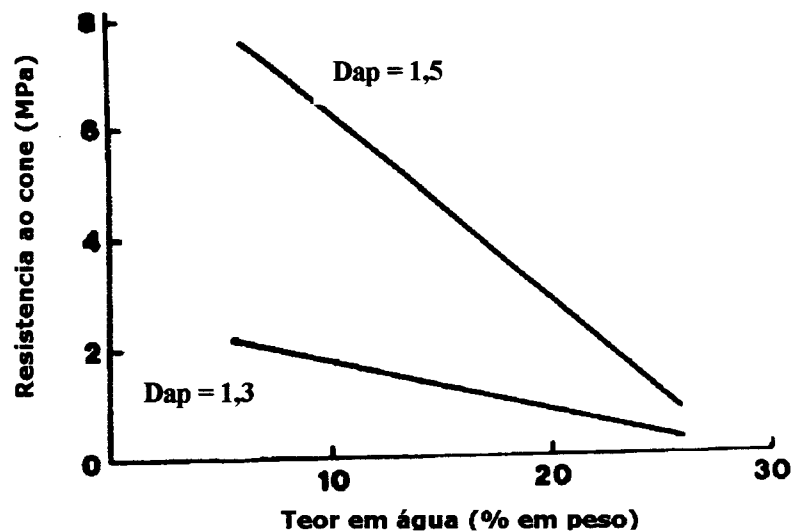


Figura 2 - Variação da resistência ao cone com o conteúdo em água a uma alta e a uma baixa densidade aparente (baseada em dados de EHLERS *et al.* (1983) e apresentado em CAMPBELL e O'SULLIVAN, 1991).

A resistência ao cone, tende a aumentar com a densidade aparente e a reduzir-se com o aumento do teor em água do solo como se pode observar na figura 4, onde se verifica que a taxa de variação da resistência ao cone com o conteúdo de água é menor a uma densidade aparente mais baixa.

Assim, com a rega, é possível aliviar a impedância mecânica do solo, possibilitando um bom desenvolvimento radical em Sementeira Directa mesmo em solos mal estruturados.

2.3 - INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO RADICAL

Em solos bem estruturados, as raízes podem encontrar caminhos preferenciais através de grandes vazios dentro dos quais encontram pouca ou nenhuma impedância mecânica, conseguindo, assim, atingir uma profundidade maior e explorar um maior volume de solo. Estes "caminhos", podem ser fendas originadas pela secagem do solo ou bioporos. Entre os bioporos, os verticais facilitam o desenvolvimento radical em profundidade e são, simultaneamente, os mais estáveis mesmo em condições de compactação, nomeadamente nos calos de lavoura (JAKOBSEN e DEXTER, 1988).

Em solos mal estruturados e sem tendência para abrir fendas no processo de secagem é particularmente importante a presença de um elevado número de bioporos na prática da Sementeira Directa. No entanto, a formação de uma grande quantidade de porosidade biológica, é um processo longo, podendo levar vários anos a construir, enquanto a sua eliminação pode ocorrer numa só lavoura.

JAKOBSEN e DEXTER (1988), utilizaram um modelo de computador para simular a influência da densidade de bioporos em solos com elevada resistência à penetração no desenvolvimento radical e na produção de trigo. Concluíram que bastam algumas centenas de bioporos verticais por m² para obter bons resultados quando a estação de crescimento é longa, mas é necessário alguns milhares quando a estação é curta. Verificaram ainda que em condições de clima seco, um elevado número de bioporos pode chegar a ser negativo devido a um elevado consumo de água numa fase inicial, reduzindo a disponibilidade no período de enchimento do grão. Os mesmos autores referem que a presença por si só de um número elevado de poros não é suficiente para garantir um bom desenvolvimento das raízes em profundidade, pois é necessário que a raiz consiga crescer até atingir esses poros contínuos.

O girassol apresenta um sistema radical com um grande desenvolvimento em profundidade quando o solo o permite, o que lhe facilita a extração de água e nutrientes em camadas não exploradas por outras culturas. JAAFAR *et al.* (1993) em solos bem estruturados e profundos detectaram a presença de raízes e extração de água até 2,7 m de profundidade. Contudo o sistema radical do girassol tem pouco poder de penetração (MISRA *et al.*, 1986), o que o torna a cultura muito sensível aos calos de lavoura (ARNAU, 1988).

RAMOS (1995), num solo Pm sob Sistema Tradicional com rega por sulcos, observou a densidade radical até aos 70 cm, notando uma redução acentuada aos 40 cm (abaixo da camada mobilizada) que se manteve até aos 70 cm.

Em geral o sistema radical adapta-se bem às características do solo. Assim, é de esperar que a redução ou anulação das mobilizações leve a um sistema radical mais curto e com raízes mais grossas. No entanto, sem mobilizações, há um teor em água e sobretudo em nutrientes mais elevado à superfície, pelo que será de esperar uma maior densidade radical nesta zona.

MERRILL *et al.* (1996) procederam à avaliação da densidade radical do trigo de Primavera num solo Mólico no Sistema Tradicional e na Sementeira Directa num ensaio de longa duração. Na Sementeira Directa, registou-se uma densidade radical um pouco mais elevada ao longo do

perfil e as raízes alcançaram uma profundidade superior. A maior densidade radical é justificada pelos autores por uma melhor conservação e uso da água, particularmente junto à superfície e um menor stress térmico. A maior profundidade alcançada pelas raízes, pode estar relacionada com o aproveitamento da porosidade biológica deixada pelas raízes das culturas anteriores. O trigo sucede a cultura do girassol na rotação e já nesta cultura se tinha observado um maior aprofundamento radical nesta modalidade.

2.4 - INTERACÇÃO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO E REGIME HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE GIRASSOL

Neste ponto pretende-se recolher informações respeitantes à resposta da cultura do girassol em termos de produção sob Sistemas de Mobilização em diferentes tipos de solo e Regimes Hídricos.

A cultura de girassol é entre nós cultivada na Primavera em condições de sequeiro. Nestas condições o recurso água é o factor limitante para a produção.

A disponibilidade de água para a cultura, depende em grande medida da água que se infiltra no solo e da que se perde por evaporação. Normalmente, na Sementeira Directa permanece uma maior quantidade de resíduos, que atenuam as perdas de água por evaporação e levam frequentemente a um aumento da água infiltrada por aumentar o tempo de permanência da água sobre o solo, compensando assim uma taxa de infiltração eventualmente menor na Sementeira Directa (VIEIRA, 1981).

Segundo SMIKA (1976), um solo mobilizado, seca mais rapidamente e a maior profundidade do que o mesmo solo sujeito a mobilizações reduzidas ou nulas, sendo este ultimo o que seca mais lentamente e a menor profundidade.

Os Sistemas de Mobilização, podem condicionar o desenvolvimento radical e assim o acesso à água armazenada no solo. No entanto podem ocorrer situações em que uma limitação a um bom desenvolvimento radical pode levar a um aumento de produção como é o caso descrito por PASSIOURA (1972) e citado por RUSSEL (1978) em que numa situação de seca, quando as plantas dependiam da água armazenada no solo, a restrição na capacidade de absorver água por parte das raízes antes da antese levou a um maior volume de água disponível nos estádios posteriores do crescimento.

MARQUES (1998), levou a cabo ensaios em solos argiluvitados junto ao local onde se realizou o ensaio referente ao presente trabalho, nos anos de 1996, 97 e 98. No primeiro ano a precipitação foi superior ao normal durante a realização do ensaio e por esse motivo as produções de Matéria Seca e Grão na Sementeira Directa foram idênticas ao Tradicional. No segundo ano, a precipitação foi ainda mais elevada que no primeiro e as produções voltaram a ser idênticas entre Sistemas de Mobilização. No terceiro ano as precipitações foram muito superiores à média até 3 semanas após a sementeira, a partir desta data a precipitação foi praticamente nula até final do ciclo da cultura, o que levou a que se registassem produções extremamente baixas (477 kg/ha no Sistema Tradicional e 292 kg/ha na Sementeira Directa).

PELEGRIN *et al.* (1990), próximo de Sevilha e também em solos Argiluvitados com a textura franco argilo arenosa, apresentou resultados médios de dois anos (1986 e 1987) num ensaio com tratamentos de mobilização numa rotação Trigo-Girassol. Na Sementeira Directa, obtiveram uma produção de girassol significativamente mais baixa que nos outros Sistemas de Mobilização enquanto no trigo, registaram produções idênticas entre os vários Sistemas de mobilização. É de referir que as duas Primaveras foram secas.

Num ensaio de Datas x Mobilizações x Fertilizações x Anos conduzido por BARROS (1998) no Alentejo em Barros Vermelhos, registaram-se diferenças significativas entre Anos de ensaios, Sistemas de Mobilização, Datas de sementeira e na interacção Anos x Datas e Anos x Datas x Sistemas de Mobilização. Obtiveram-se maiores produções na Data de Fevereiro do que na de Março e no Sistema Tradicional do que na Sementeira Directa. No ano mais seco, o autor não registou diferenças significativas entre Sistemas de Mobilização em Fevereiro, mas em Março, as diferenças de produção foram extremas, com a Sementeira Directa a produzir metade do Tradicional.

CARVALHO e BASCH (1994) apresentam produções idênticas de trigo, cevada, forragem e trevo subterrâneo produzidos em solos argiluvitados sob diferentes Sistemas de Mobilização. Pelo contrário (em Barros Vermelhos), registaram produções inferiores no girassol em Sementeira Directa, tal como BARROS (1998).

GIRALDÉZ e GONZÁLEZ (1994), nos solo argilosos da "campiña andaluza" (barros muito expansivos e bem estruturados), apresentam produções de girassol idênticas entre o Sistema Tradicional e a Sementeira Directa nos anos de 1986, 89 e 92. No ano de 1983 o girassol produziu significativamente mais na Sementeira Directa, numa Primavera particularmente seca.

Em solos Mólicos, nos Estados Unidos da América, não foram verificadas diferenças significativas de produção de girassol entre Sistemas de Mobilização (UNGER, 1981; UNGER, 1984; DEIBERT, 1989; HALVORSON ARDELL, 1995).

A antecipação da data de sementeira na cultura do girassol é uma forma de aumentar a produção devido a uma maior disponibilidade de água nos períodos mais críticos da cultura (CARVALHO *et al.* 1991 a; CARVALHO *et al.* 1991 b; BARROS 1998).

No sul de Itália, PERINOLA *et al.* (1997) realizaram um ensaio na cultura do girassol onde estudaram durante 2 anos a produção de girassol e a eficiência da dotação de rega em três Regimes Hídricos (sem rega, rega só na fase de botão floral e na antese e rega a compensar 100% da evapotranspiração). Os autores não obtiveram obteve diferenças significativas entre datas de sementeira, mas sim aumentos significativos de produção de grão com o aumento da irrigação. A eficiência da dotação de rega foi muito superior na modalidade de rega mais baixa (na fase de botão floral e na antese).

UNGER (1981) também estudou a eficiência do uso da água em sequeiro, entre Sistemas de Mobilização em sequeiro em solos Mólicos durante quatro anos e só registou diferenças significativas num ano em que Sementeira Directa produziu significativamente mais.

Apesar dos Barros Vermelhos apresentarem menor densidade aparente e uma melhor estrutura que os solos argiluvados, continuam como estes a limitar as produções em solos não mobilizados e de uma forma mais acentuada em anos secos. Pelo contrário, os Barros Pretos da Campiña Andaluza e os Solos Mólicos, ambos bem estruturados, parecem não oferecer qualquer limitação à prática da Sementeira Directa na cultura do girassol de sequeiro.

2.5 - MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO RADICAL E SUA DISTRIBUIÇÃO

O comprimento radical, assim como a densidade radical, são as características que adquirem maior importância quando se pretende estudar a absorção de água e nutrientes pelas raízes (OLIVEIRA 1988).

Como a densidade radical é muito influenciada pela resistência à penetração e consequentemente com os sistemas de mobilização é particularmente importante neste trabalho a sua determinação e distribuição no perfil.

Partindo de uma grande variedade de métodos existentes e descritos em BÖHM (1979), seleccionámos o método do perfil e o método da sonda.

2.5.1 - MÉTODO DO PERFIL

O método do perfil permite revelar com pormenor a distribuição vertical das raízes, permitindo simultaneamente estimar a densidade radical (Böhm 1979). Segundo este autor, uma melhoria significativa do tradicional método do perfil foi proposto por Reijmerink (1964) num estudo sobre a distribuição radical no espargo e citado por Böhm (1979) onde após a exposição das raízes através da utilização de jactos de água, se coloca um painel rígido (5 mm de espessura) em frente do perfil e sobre este uma folha de plástico na qual se desenham as raízes expostas, os limites do perfil e os horizontes.

BRETELER e VAN DEN BROCK (1971) citados por BÖHM (1979), propuseram uma alteração a este método que consiste na colocação de uma folha de plástico transparente directamente sobre o perfil, depois de o alisar e expor utilizando um objecto pontiagudo, sem a utilização de jactos de água. Neste método a não utilização de jactos de água, prende-se essencialmente com o facto de evitar o embaciamento do plástico pelo solo molhado, impossibilitando assim uma boa visibilidade para o desenho das raízes. BÖHM (1979), considera que este método ao permitir uma melhor visibilidade, é o mais apropriado para estudar não só a distribuição radical mas também possibilitar o registo de raízes de diferentes espécies de plantas ou diferentes classes de diâmetro, utilizando diferentes cores ou símbolos.

A maior desvantagem do método do perfil é ser muito destrutivo, limitando assim o número de observações no tempo, particularmente em talhões pequenos.

2.5.2 - MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE RAÍZES

Entre os métodos de medição do comprimento radical, o das intercepções é o mais utilizado pois é o que oferece melhores resultados com um menor gasto de tempo (BÖHM 1979). Este método foi desenvolvido por NEWMAN (1966) e mais tarde simplificado por TENNANT (1975) e baseia-se na relação existente entre o comprimento radical e o número de intercepções das raízes com as linhas de uma quadricula de dimensão conhecida.

O método de contagem manual das intersecções, por se tornar extremamente moroso evoluiu para métodos de contagem automática por detecção fotoelétrica (ROWSE e PHILIPS, 1974; RICHARDS, 1979) citados por PAN e BOLTON (1991).

A determinação do comprimento radical por qualquer dos métodos acima referidos não permite determinar outros parâmetros para além do comprimento. Assim, BARNETT *et al.* (1987) e HARRIS e CAMPBELL (1989), utilizando a digitalização de imagens determinaram, através do computador, o comprimento (ainda pelo método das intercepções) e o diâmetro das raízes.

O método das intercepções é um método estatístico que parte do pressuposto que as raízes estão orientadas em todas as direcções. Mas este pressuposto leva à ocorrência de erros (LEBOWITZ, 1988; HARRIS e CAMPBELL, 1989; PAN e BOLTON, 1991; EWING e KASPAR, 1998).

Uma alternativa ao método das intercepções e menos dependente da orientação, foi proposta por PAN e BOLTON (1991), onde propuseram um algoritmo para a determinação do comprimento da raiz baseado no seu perímetro e numa correcção devido ao seu diâmetro.

Outra alternativa ao método das intercepções foi proposto por LEBOWITZ (1988), que propôs a utilização de um algoritmo de erosão que reduz a raiz a um pixel de espessura, (pixel - ponto mais pequeno, representável num écran ou num gráfico), fazendo depois a determinação do comprimento a partir da contagem do número de pixels e da sua posição relativa. O mesmo autor, comparou o método das intercepções com o método da contagem dos pixels e concluiu que o segundo era mais preciso e fiável.

LEBOWITZ (1988), refere que o método proposto, para além de não sofrer alterações com a orientação da amostra, tem a possibilidade de reduzir o efeito da sobreposição. No entanto, ao efectuar a comparação do método da contagem dos pixels com o método das intercepções utilizou amostras muito pequenas (inferiores a 1 metro) e não explorou o tema da sobreposição. Este método é particularmente indicado para o caso da determinação de comprimentos de raízes em rizotrões, onde as raízes tem uma orientação descendente ou seja pouco aleatória.

No processo de digitalização, a área para a captação de imagem tende a ser pequena devido às limitações do equipamento de digitalização e ao tamanho dos ficheiros de imagem gerados. Esta, reduzida área leva à tendência para juntar muito as raízes na captação da imagem, promovendo com frequência erros devido às sobreposições (BARNETT *et al.*, 1987).

PAN e BOLTON (1991), ao analisarem amostras maiores (a partir dos 5 m), detectaram uma redução do comprimento a partir dos 5 m, devido a problemas de sobreposição, sendo necessário subdividir as amostras para manter a precisão da medição.

HARRIS e CAMPBELL (1989), utilizando o método das intercepções, apresentaram um método de cálculo para a compensação das sobreposições. O método, baseia-se numa precalibração, estabelecida com base na relação área da raiz / área total da imagem. Este método exige no entanto que as raízes sejam uniformemente distribuídas por toda a área do tabuleiro, tornando o processo de calibração complicado.

Constata-se, a existência de vários métodos alternativos de quantificação de raízes por análise de imagem e com precisão satisfatória. No entanto, em todos os métodos é exigido uma distribuição muito cuidada, evitando ao máximo a sobreposição, com a excepção do método apresentado por HARRIS e CAMPBELL (1989). Apesar do método apresentado por estes autores já facilitar muito a quantificação de amostras grandes, ainda exige muito trabalho no processo de calibração e na distribuição das amostras. Assim, parece haver necessidade ainda para a criação e o aperfeiçoamento de novos métodos de quantificação que respondam de uma forma dinâmica à sobreposição.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - LOCALIZAÇÃO DO ENSAIO

O ensaio referente ao estudo proposto foi realizado numa exploração pertencente ao Estado Português, Herdade da Revilheira, administrada pela Direcção Regional de Agricultura do Alentejo em colaboração com o Instituto Nacional de Investigação Agrícola (INIA), e decorreu de Abril a Setembro de 1997.

A exploração localiza-se na freguesia do Corval, concelho de Reguengos de Monsaraz, distrito de Évora, a meio caminho entre a aldeia de S. Pedro do Corval e a Aldeia do Baldio, junto à estrada (ver Figura 6) que liga estas duas povoações.

3.2 - SOLO

O ensaio decorreu numa mancha de solo tipicamente Pm (solo Mediterrâneo Pardo de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins) (CARDOSO, 1965), apresentando um declive de 1 a 2%.

O horizonte A tem aproximadamente 30 a 35 cm de espessura, uma textura franco-arenosa e apresenta uma transição nítida para o horizonte B. O horizonte B tem sensivelmente uma espessura de 80 cm e uma textura franco-argilosa.

Nos Quadros 5 a 3 e na Figura 3 são apresentados alguns dados físicos do solo. No Quadro 8 encontram-se dados químicos do horizonte A, separados por tratamentos (Sementeira Directa e Sistema Tradicional) e por profundidades.

Quadro 5 - Textura e densidade aparente dos horizontes A e B do solo no local da experiência

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Limo	Argila
A	0 - 30	27,2	50,8	9,1	12,9
B	30 - 60	13,9	37,7	11,6	36,7

Quadro 6- Densidade aparente na camada dos 0-30 cm sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa

Sistema de Mobilização	Sementeira Directa			Sistema Tradicional		
Profundidade (cm)	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Densidade Aparente	1,73	1,73	1,75	1,54	1,63	1,68

Quadro 7- Retenção de humidade contra diferentes valores de pF (fase de secagem) sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa nos primeiros 30 cm.

Tratamento	Profundid. (cm)	pF 0 (%)	pF 1 (%)	pF 1,8 (%)	pF 2,54 (%)	pF 4,2 (%)	Dap
SD	0 - 30	35,9	34,3	29,3	23,0	17,6	1,74
Trad	0 - 30	37,4	35,4	27,9	21,3	15,4	1,62

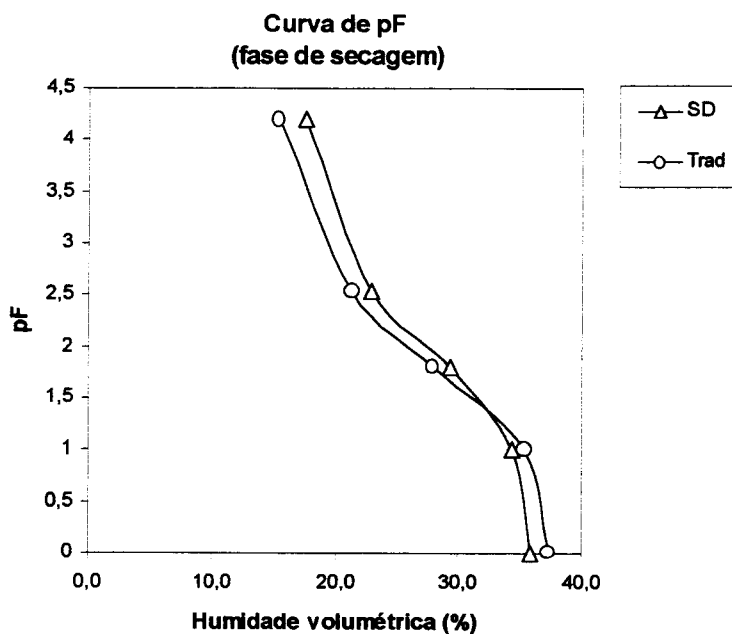


Figura 3 - Curva de pF do solo do ensaio sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa antes da emergência da cultura nos primeiros 30 cm de solo

Quadro 8 - Características químicas do solo nos talhões sujeitos a Sementeira Directa (SD) e ao Sistema Tradicional (Trad) a diferentes profundidades (amostragem antes da emergência)

Tratamento	Profundidade (cm)	Nitratos (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)	PH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Mat. Org. (%)
Trad	0 - 10	6,1	19,3	72,7	6,6	5,2	1,0
Trad	10 - 20	6,7	21,3	75,3	6,5	5,2	1,1
Trad	20 - 30	4,5	17,3	76,7	6,5	5,3	1,0
SD	0 - 10	4,9	26,7	94,7	6,5	5,2	1,1
SD	10 - 20	5,3	14,7	66,0	6,6	5,2	1,0
SD	20 - 30	5,6	16,0	52,0	6,5	5,2	1,0
Trad	0 - 30	5,8	19,3	74,9	6,5	5,2	1,0
SD	0 - 30	5,3	19,1	70,9	6,5	5,2	1,0

3.3 - DADOS METEOROLÓGICOS E CLIMÁTICOS

Como se pode observar na Figura 4, a Primavera e o Verão de 1997 caracterizaram-se por apresentar precipitações superiores à média (com a excepção do mês de Junho) e a temperatura média do ar foi mais baixa entre Maio e Agosto do que a média dos 30 anos. Este facto, foi benéfico para a cultura do girassol de sequeiro; todavia, não foi bom para o estudo em causa, uma vez que atenuou as diferenças entre os Regimes Hídricos praticados.

Os dados médios de temperatura entre 1951-1980 foram registados na estação meteorológica Évora/Corrais que dista 27 km do local do ensaio, mas no que se refere apenas a dados de precipitação para a média de 30 anos utilizamos a estação udométrica de Reguengos de Monsaraz que fica situada aproximadamente a 7 km. Ambas as estações são da responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia.

Os dados das temperaturas médias mensais do ano de 1997 para comparação com as médias dos 30 anos foram obtidos numa estação automática da responsabilidade do Departamento de Fitotécnia da Universidade de Évora localizada junto à antiga estação meteorológica de Évora/Currais. Para a precipitação foram utilizados os valores obtidos numa estação próxima do ensaio da responsabilidade do Centro de Geofísica de Évora.

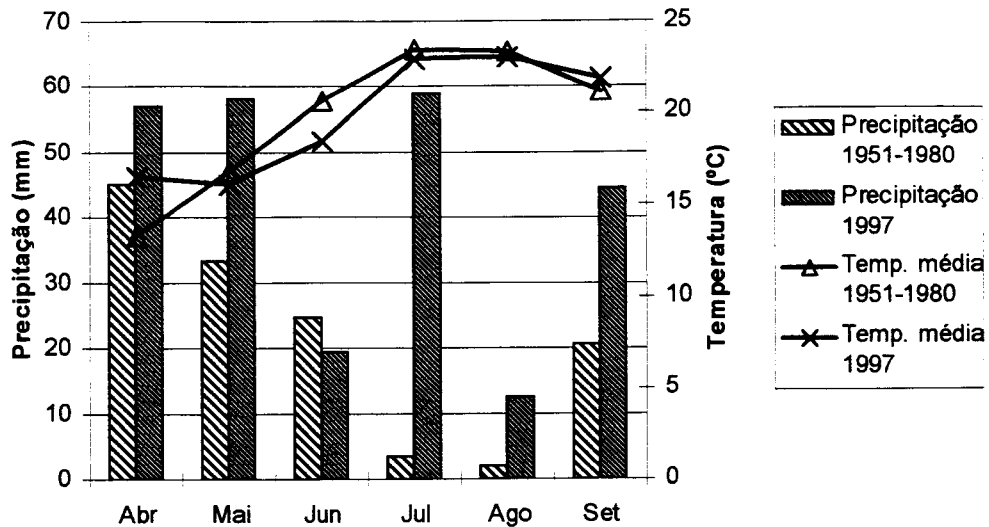


Figura 4 – Gráfico termopluviométrico de Abril a Setembro com as médias de 30 anos e os valores do ano

3.3.1 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_0), foi calculada a partir de uma adaptação do modelo de Penman-Monteith apresentada em ALLEN *et al.* (1994) de forma a permitir utilizar dados meteorológicos diários e utilizar uma cultura hipotética como referência. Os cálculos tiveram por base os dados diários da estação da responsabilidade do Centro de Geofísica de Évora situada a 1500 m de distância do ensaio no que se refere à: temperatura (mínima, média e máxima), velocidade do vento, radiação total líquida e humidade relativa.

A evapotranspiração de referência diária acumulada é apresentada na Figura 9 e no Quadro 9.

Para estimar a evapotranspiração cultural para efeitos de rega, não foi possível utilizar os valores de evapotranspiração anteriormente apresentados, por estes só estarem disponíveis para consulta mensalmente.

A estimativa da evapotranspiração cultural para efeitos de rega foi baseada na evaporação de uma tina classe A, com um coeficiente de tina de 0,6 de acordo com DOORENBOS e PRUITT (1977) e nos coeficientes culturais apresentados por DOORENBOS e KASSAM (1979).

Quadro 9 - Valores mensais de evapotranspiração de referência (ET₀), precipitação e dotação

Valores em (mm)	21-30 Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Total
ET ₀	34,9	137,6	162,1	188,9	174,4	697,9
Precipitação	18,2	58,2	19,5	59,0	12,4	167,3
Dotação Reg. Híd. 1						0,0
Precip. + D. Reg. Híd. 1	18,2	58,2	19,5	59,0	12,4	167,3
Dotação Reg. Híd. 2		24,5	40,8			65,3
Precip. + D. Reg. Híd. 2	18,2	82,7	60,3	59,0	12,4	232,6
Dotação Reg. Híd. 3		24,5	80,8	98,2	14,2	217,7
Precip. + D. Reg. Híd. 3	18,2	82,7	100,3	157,2	26,6	385,0

3.4 - TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Com o objectivo de estudar a influência dos Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos na cultura do girassol, assim como a interacção entre estes dois factores, optou-se pelo seguinte delineamento experimental:

O tratamento principal é composto por dois sistemas extremos de Mobilização do Solo:

- 1 - Tradicional (Lavoura + Gradagem);
- 2 - Sementeira Directa (Monda + Sementeira Directa).

O tratamento secundário, é composto por três Regimes Hídricos:

- 1 - Sem nenhuma dotação;
- 2 - Dotação normal até à floração;
- 3 - Dotação normal até ao fim da maturação.

Por dotações normais, considerámos a dotação necessária para repor a evapotranspiração da cultura calculada a partir da evaporação de uma tina classe A.

O esquema do ensaio é apresentado na Figura 5.

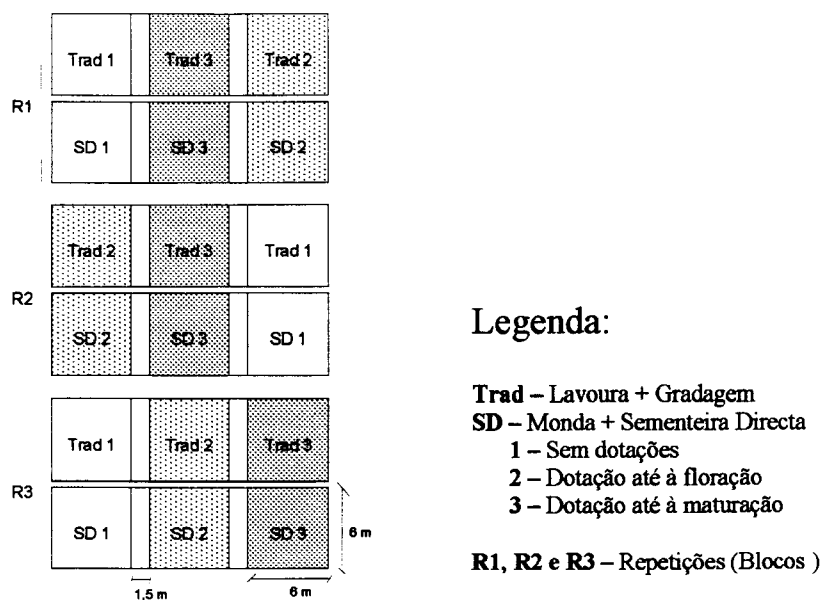


Figura 5 - Esquema do ensaio em estudo

Os talhões principais tinham 21 m de comprimento, 6 m de largura e estavam subdivididos em 3 sub-talhões com 6 m de comprimento. Entre os sub-talhões ficou um espaço de 1,5 m para evitar interferências devido ao eventual escorrimento superficial ou por movimento de água no solo entre os vários regimes.

O ensaio foi delineado em blocos casualizados com subdivisão de talhões e com três repetições.

3.5 - PREPARAÇÃO DO SOLO E INSTALAÇÃO DO ENSAIO

3.5.1 - ENQUADRAMENTO DO ENSAIO

O ensaio estava inserido numa parte de um ensaio de sequeiro de maiores dimensões a decorrer pelo terceiro ano consecutivo, com a rotação Trigo-Triticale-Girassol, com cinco tratamentos como se pode constatar na Figura 6.

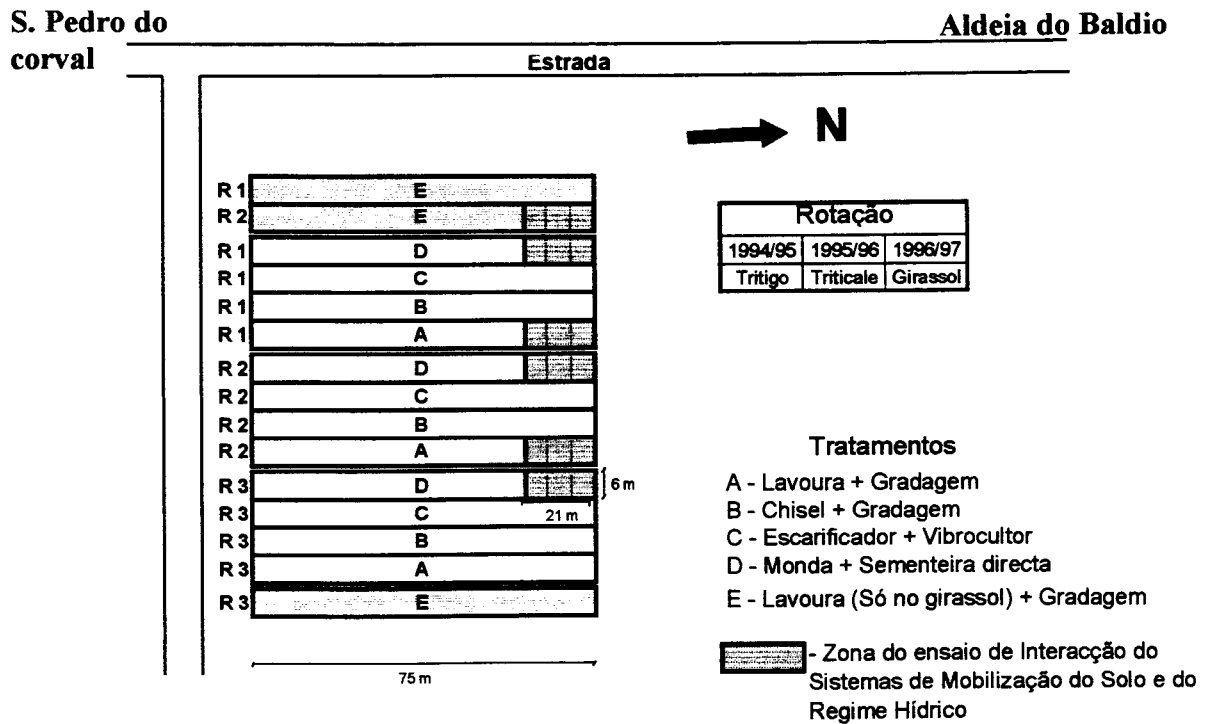


Figura 6 –Esquema geral abrangendo os dois ensaios

3.5.2 - INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO ENSAIO

Na última semana de Março procedeu-se à monda dos talhões de SD (Sementeira Directa) com a aplicação de 720g por ha de glifosato (herbicida total sistémico). Na mesma data, procedeu-se nos talhões do Sistema Tradicional a uma lavoura sensivelmente 25 a 30 cm de profundidade (com uma charrua de aivecas), seguida de uma gradagem (com grade de disco). Antes da sementeira procedeu-se a nova gradagem.



(a)



(b)

Fotografia 1 – Sementeira do Sistema Tradicional (a) e Sementeira Directa (b)

Por falta de humidade no solo a sementeira foi realizada apenas a 23 de Abril, procedeu-se posteriormente a uma rolagem em ambos os Sistemas, para tentar garantir a emergência da cultura, pois o solo apresentava um baixo teor de humidade.

O ensaio foi semeado utilizando semeadores distintos para cada uma das modalidades de mobilização como se pode observar na Fotografia 1. A sementeira foi realizada com uma densidade excessiva em ambos os Sistemas de Mobilização e posteriormente procedeu-se ao desbaste de plantas de forma a garantir a população pretendida em todas as modalidades.

A sementeira no Sistema Tradicional foi realizada com um semeador monogrão de prato horizontal e na Sementeira Directa foi utilizado um semeador de Sementeira Directa (Gaspardo No-Till) monogrão pneumático. Este semeador dispõe de uma fresa em cada um dos

quatro corpos, mobilizando assim o solo numa faixa com aproximadamente 6 cm de largura em cada linha de sementeira como se pode observar na Fotografia 2.



Fotografia 2 - Pormenor da mobilização na linha feita pelo semeador de Sementeira Directa.

No início da sementeira, ocorreu uma avaria em dois dos corpos do semeador de Sementeira Directa e na impossibilidade de reparar o semeador a tempo de efectuar as sementeiras, optou-se por realizar a sementeira com o mesmo semeador mas procedendo ao dobro de passagens inicialmente previstas. Este procedimento não causou alterações significativas na largura total de sementeira entre os diferentes talhões mas afectou de certa forma a largura de algumas entrelinhas.

A variedade de girassol utilizada foi o Florasol, deixando as plantas a uma densidade próxima de 50.000 plantas por hectare e uma distância entre linhas de 0,75m.

O controlo de infestantes após a sementeira foi feito manualmente, sempre que as infestantes atingiam dois ou três centímetros, de forma a evitar posteriormente interferências com a observação das raízes da cultura.

Após a emergência, foram aplicados 28 Kg / ha de N e 84 Kg / ha de P_2O_5 à superfície sob a forma de adubo líquido (7,2 : 21,6 : 0). A aplicação foi feita com um pulverizador mecânico de dorso e dirigida de forma a apanhar a máxima largura da entrelinha e simultaneamente evitar atingir as plantas.

A colheita foi efectuada manualmente no início de Setembro com a contagem e recolha das plantas das quatro linhas centrais com 4 metros de comprimento em cada sub-parcela.

3.5.3 - REGA

Na escolha do sistema de rega tivemos em conta a uniformidade da rega, pois era imperioso evitar zonas de crescimento preferencial das raízes, causadas por um deficiente sistema de distribuição da água. Por outro lado os talhões eram muito pequenos e muito próximos uns dos outros para se poder utilizar rega por aspersão. Pelo exposto, decidimos que a melhor solução era a rega gota-a-gota utilizando no entanto uma elevada densidade de gotejadores como se pode observar na Fotografia 3.

3.5.3.1 - Equipamento

O material escolhido, foi uma fita com 16 mm de diâmetro com gotejadores incorporados não auto-compensantes e com um espaçamento entre orifícios de 32 cm.

A água foi transportada para o local de ensaio por um auto-tanque com a capacidade de 10.000 litros.



Fotografia 3— Pormenor da localização dos tubos junto à linha e na entrelinha (distância média de 37,5 cm) numa fase inicial de rega

A fita de rega foi colocada nos níveis hídricos 2 e 3 em todas as linhas e entrelinhas da cultura. Com a utilização de gotejadores não auto-compensantes, foi possível dispor de uma gama de intensidade de dotação entre os 6 e os 12 mm/h por variação da pressão de serviço do sistema de forma a evitar escoamento superficial.

A estação de bombagem (Fotografia 4), compôs-se por um grupo moto-bomba centrífuga, um filtro, um contador volumétrico e um regulador de pressão com manómetro. Este grupo, ficou ligado ao auto-tanque por uma conduta de aspiração com 50 mm de diâmetro. A conduta principal e os ramais têm um diâmetro de 38 mm.

O motor do grupo moto-bomba é monofásico com 0,5 cv e é alimentado por um gerador de 1200 W/h. A bomba utilizada tem a capacidade de elevação de 1,2 m³/h a 21 m de altura e 4,8 m³/h a 13 metros de altura.

O sistema foi montado de forma a minimizar as diferenças de dotação entre blocos devido a perdas de carga ao longo das condutas, com a utilização de um tubo com uma secção relativamente grande para os caudais em causa. Procedeu-se a uma simulação de dotação entre os vários blocos, utilizando-se para o cálculo das perdas de carga nas tubagens principais a fórmula empírica de Hazen-Williams apresentada em OLIVEIRA (1993) com um coeficiente de resistência de 150.

A curva caudal / pressão por metro de fita, equipada com gotejadores, foi obtida a partir dos dados técnicos do fabricante. Na Figura 7, é apresentado o resultado para dois valores extremos da pressão de serviço, onde se pode observar que a pressões mais elevadas a diferença de intensidade de dotação entre o primeiro e o último bloco é maior, não ultrapassando, no entanto, os 0,2 ou 0,3 mm/h.

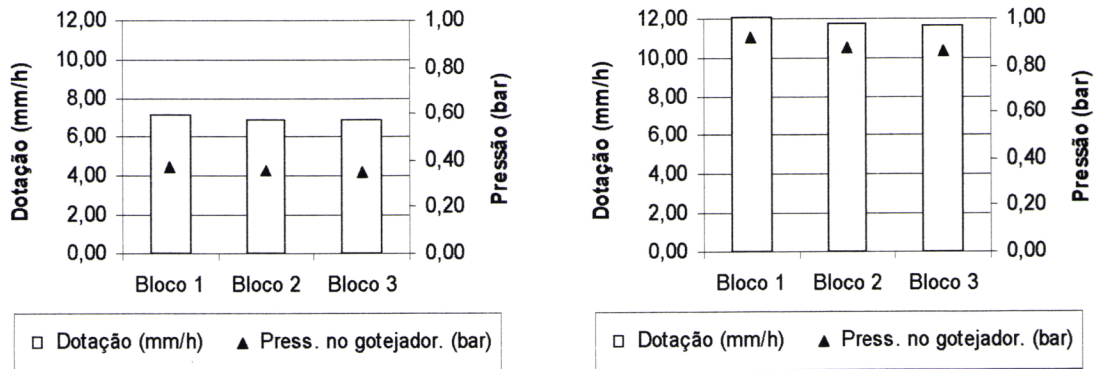
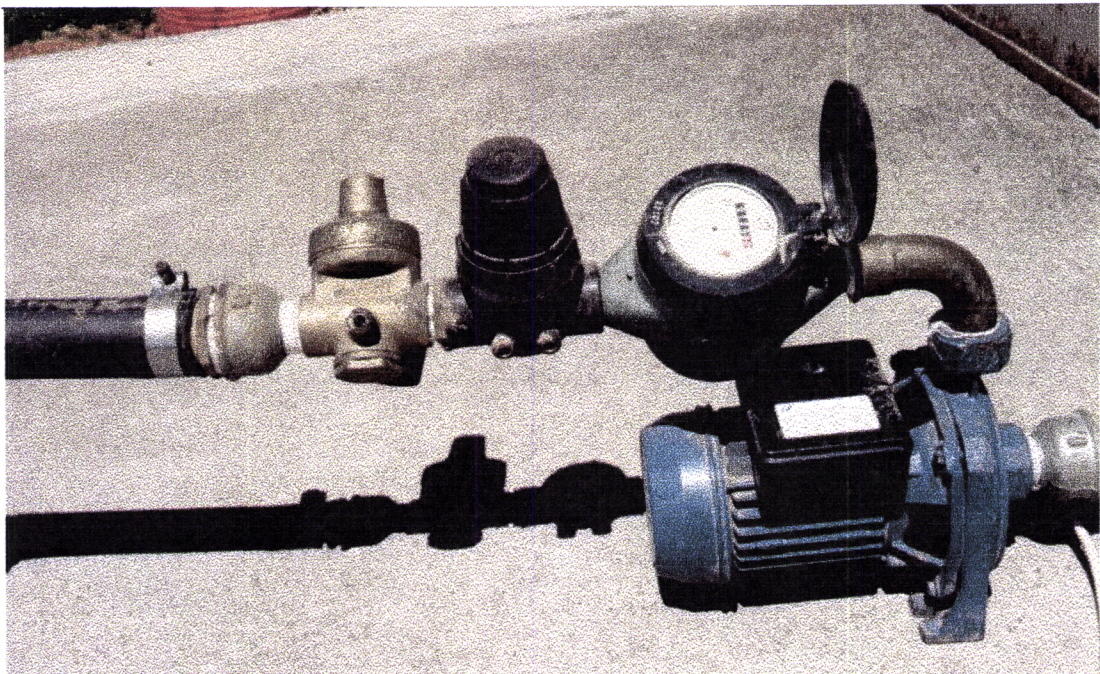


Figura 7 – Pressão no gotejador (em bares) vs Intensidade de dotação previstos para os vários blocos para uma pressão à saída da estação de bombagem de 0,4 bar (gráfico da esquerda) e 1,0 bar (gráfico da direita).



Fotografia 4 – Estação de bombagem composta em sequência por um grupo moto-bomba centrífuga, um contador volumétrico, um filtro, e um regulador de pressão com manómetro.

Dentro do mesmo bloco, o fornecimento de água, foi feito entre os talhões de cada uma das modalidades, como está exposto na Figura 8, garantindo assim uma igual dotação dentro de cada bloco entre Sistemas de Mobilização.

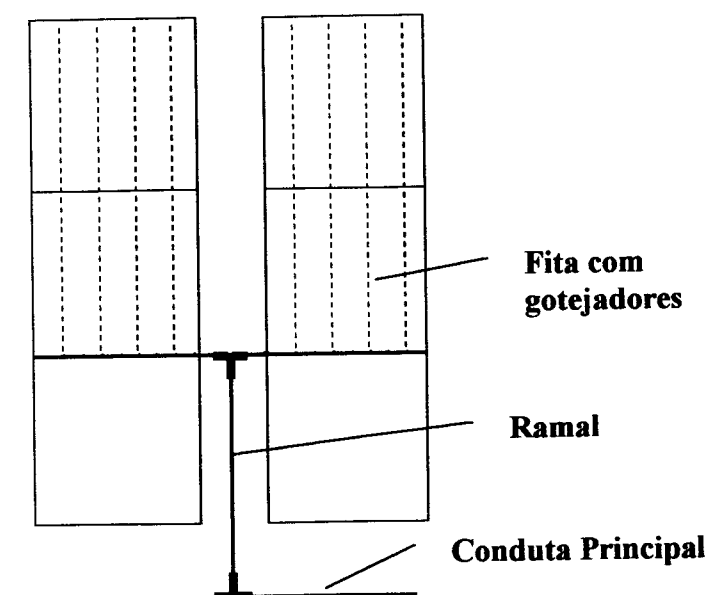


Figura 8 – Esquema de fornecimento de água ao bloco

3.5.3.2 - Dotações e calendarização

A rega teve início no dia 8 de Maio, já após a emergência da cultura e terminou no dia 4 de Agosto. O Regime Hídrico 1 não beneficiou de qualquer rega, o Regime Hídrico 2 beneficiou de dotações iguais ao Regime Hídrico 3 até 20 de Junho (13 dias antes da plena floração) e o regime 3 continuou a ser regado até 4 de Agosto.

A dotação de rega foi decidida com base na evapotranspiração da cultura e na precipitação, tendo-se praticado dotações menores nas primeiras regas e maiores nas últimas, variando entre seis e trinta milímetros. A evapotranspiração cultural (para efeitos de dotação), foi calculada com base na evapotranspiração de referência ET_0 estimada a partir da tina evaporimétrica e nos coeficientes culturais apresentados por DOORENBOS e KASSAM (1979).

Na Figura 9, Quadro 31 e Quadro 32 em anexo, são apresentados os valores decenais de irrigação e precipitação durante o período de ensaio e o seu valor acumulado nos diferentes Regimes Hídricos. Apresenta-se ainda a ET_0 acumulada a partir de dados meteorológicos diários segundo ALLEN *et al.* (1994).

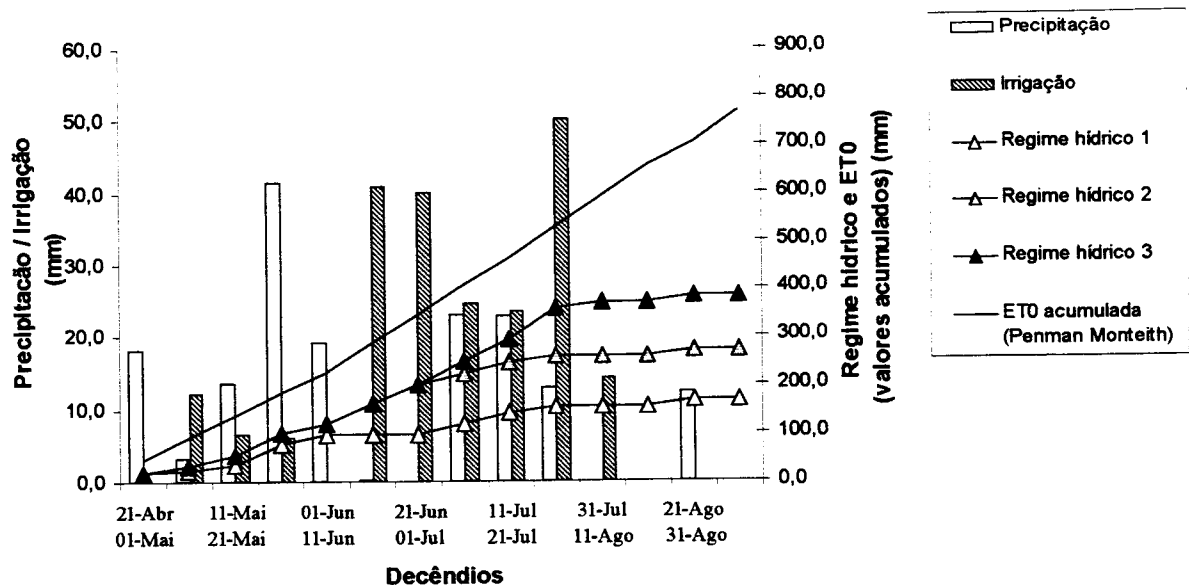


Figura 9 – Valores decenais de irrigação, precipitação e evapotranspiração de referência (Penman Monteith) durante o período de ensaio

3.6 - PARÂMETROS ESTUDADOS E MÉTODOS UTILIZADOS AO NÍVEL DO SOLO

3.6.1 - MEDIÇÕES DE HUMIDADE

As medições de humidade consistiram essencialmente na utilização de um medidor neutrónico de humidade (CPM IHII), e estiveram sujeitas a várias restrições. Os tubos de acesso à sonda de neutrões foram colocados no dia 15 de Maio, mas as leituras só se iniciaram no dia 29 de Maio (36 dias após a emergência), por limitação na disponibilidade do equipamento. Todavia, as leituras superficiais feitas com a sonda de neutrões são pouco fiáveis, pelo que se optou por fazer leituras apenas a partir dos 15 cm de profundidade. Para completar a informação da humidade volumétrica nos primeiros 10 cm, foi inicialmente utilizado o equipamento TDR (Time Domain Reflectometry), mas raras vezes foi possível medir em todas as sub-parcelas pois sempre que o solo secava um pouco não era possível introduzir a sonda nos talhões de Sementeira Directa. Após alguns dias de precipitação seguidos da secagem do solo, tornou-se impossível utilizar o TDR mesmo nos talhões com o Sistema Tradicional com o Regime Hídrico 1.

A determinação da humidade a partir de amostras de solo foi utilizada de uma forma muito pontual, devido ao facto de a dimensão das parcelas ser muito reduzida para se retirarem rotineiramente amostras de solo sem afectar a estrutura e as condições de infiltração do solo numa área significativa.

3.6.1.1 - Instalação dos tubos para o acesso da sonda de neutrões

Os tubos para o acesso da sonda de neutrões ao solo eram de PVC. Para os instalar, abriu-se previamente um furo com um diâmetro inferior ao do referido tubo, utilizando um trado accionado mecanicamente. Após a abertura do furo e antes da instalação do tubo de acesso introduziu-se um tubo guia em aço afiado em bisel interior com o mesmo diâmetro do tubo de acesso.

Foi instalado um tubo no centro de cada sub-parcela, entre duas plantas junto à linha de cultura, no lado oposto ao tubo de rega. Os tubos não ficaram localizados exactamente sobre a linha da cultura pelo facto de nos talhões de Sementeira Directa a mobilização estar restrita à linha de cultura, levando a que a água tenda a acumular-se nela. Nesta situação a água tenderia a infiltrar-se preferencialmente junto ao tubo.

Todos os tubos, permitiram leituras até aos 60 cm de profundidade.

3.6.1.2 - Curva de calibração da sonda de neutrões

A curva de calibração da sonda de neutrões, foi obtida por regressão, entre o teor volumétrico de água no solo e a correspondente contagem normalizada de neutrões efectuada em quatro dos tubos de acesso.

Para a calibração, foram utilizados dois tubos localizados no Sistema Tradicional e outros dois na Sementeira Directa, em Regimes Hídricos extremos.

As leituras para efeitos de determinação da curva de calibração, foram realizadas de 5 em 5 cm e entre os 15 e os 55 cm de profundidade. As amostras volumétricas foram recolhidas com anéis de 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura, segundo o esquema apresentado na Figura 10.

Em cada profundidade observada com a sonda de neutrões, obteve-se um valor médio resultante de quatro leituras da sonda, às quais se fez corresponder a média de quatro amostras volumétricas de solo.

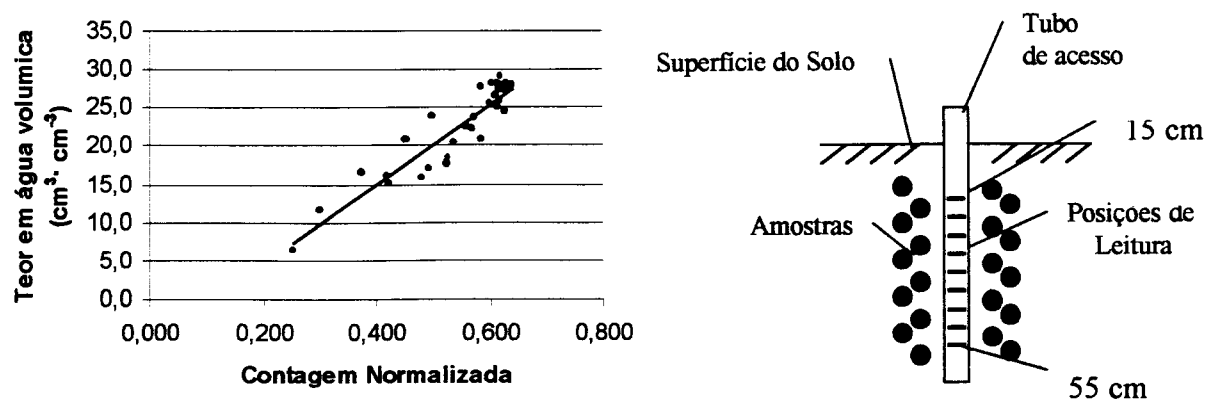


Figura 10 – Gráfico com a curva de calibração da sonda de nêutrons e esquema com as posições relativas de leitura da sonda de nêutrons e das amostras volumétricas em anéis.

A Equação 2, é a equação de calibração obtida a partir de 32 pontos pelo método dos mínimos quadrados com um coeficiente de correlação de 0,93. Esta equação foi utilizada em todo o perfil e em ambos os Sistemas de Mobilização, pois o número de observações não foram suficientes para determinar diferentes equações (para horizontes e mobilizações) de forma a apresentarem um coeficiente de determinação aceitável.

$$\text{Teor de humidade em volume} = 52,431 \times \text{Contagem normalizada} - 6,0325 \quad [2]$$

A contagem normalizada referida na Equação 2, corresponde ao quociente entre a leitura no campo e a leitura em água da sonda de nêutrons.

Determinação do teor de humidade no solo

As leituras de humidade com a sonda de nêutrons realizadas em duplicado (15 segundos por leitura), foram feitas a 15, 25, 35, 45 e 55 centímetros de profundidade, de forma a representarem as camadas de 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 centímetros. As medidas de humidade com a sonda de nêutrons foram feitas de manhã antes do início da rega.

As medições executadas com o TDR não são apresentadas neste trabalho, por não ter sido possível utilizá-las em todos os talhões e também por as sondas deste equipamento não estarem especificamente calibradas para o solo em causa. Os valores de humidade apresentados para os primeiros 10 cm foram considerados iguais aos de 10-20 cm, mas apenas para efeitos do cálculo

do volume total de água e do consumo de água pela cultura, pois as leituras com sonda a 15 cm ainda são influenciadas pela humidade dos primeiros 10 cm.

Na fase de floração da cultura foi acompanhado um ciclo completo de rega (entre o dia 8 e 11 de Julho) com medições antes da rega, e nas manhãs seguintes até à rega seguinte. Neste período, as leituras feitas com a sonda de neutrões foram acompanhadas de amostras de solo em anéis nos primeiros 10 cm (2 por modalidade e por dia), permitindo assim determinar a humidade volumétrica à superfície. Os anéis tinham 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura.

3.6.2 - PERFIL DE HUMIDADE, CONSUMO DE ÁGUA PELA CULTURA E STRESS HÍDRICO

Neste trabalho, analisamos a evolução dos perfis de humidade nos dois Sistemas de Mobilização e nos três Regimes Hídricos. Os perfis foram obtidos através das medições de humidade feitas antes da rega, com a sonda de neutrões, cujos valores se apresentam em anexo no Quadro 32.

Observou-se ainda a evolução dos perfis de humidade durante um ciclo de rega, que decorreu entre os dias 8 e 11 de Julho em que os valores obtidos pela sonda de neutrões foram completados com amostras gravimétricas para os primeiros 10 cm de solo.

O consumo de água foi calculado a partir da variação do armazenamento de água no solo, da dotação e da precipitação ocorrida.

O stress hídrico foi avaliado pelo índice de deficiência hídrica diária (expresso em mm / dia) calculado entre dois períodos através da Equação 3, de acordo com CARVALHO *et al.* (1991 a).

$$\text{Índice de deficiência hídrica diária} = \frac{(\text{Evapotranspiração Potencial} - \text{Água Utilizada})}{\text{Duração do período em dias}} \quad [3]$$

3.6.3 - DENSIDADE APARENTE, pF E POROSIDADE

As amostras não perturbadas para a determinação de pF e Densidade Aparente, foram obtidas com os já citados anéis metálicos de 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura e foram analisadas pelo laboratório de Física do Solo da Universidade de Évora. A recolha das amostras foi feita após a

sementeira, a três profundidades: 0-10, 10-20 e 20-30 cm utilizando-se três anéis por profundidade.

A partir das amostras acima referidas, determinaram-se valores de pF: 0; 1; 1,8; 2,54 e a Densidade Aparente. Obtiveram-se ainda valores de pF 4,2 a partir de amostras perturbadas para as mesmas profundidades e com três valores por profundidade. Para a aplicação das forças de extracção de pF 4,2 utilizou-se uma membrana de pressão e para as amostras não perturbadas pF 0 a pF 2,54 utilizou-se uma placa de sucção.

O principal objectivo da determinação dos valores de pF, foi a determinação da porosidade, uma vez que a humidade obtida para cada valor de pF corresponde ao volume de água retido e portanto ao volume da porosidade, coincidindo a porosidade total com o valor de pF 0.

A cada valor de pF corresponde ainda o diâmetro do maior poro capaz de reter água (Quadro 10).

Quadro 10 Correspondência entre os valores de pF e o diâmetro do maior poro capaz de reter água contra a respectiva força de extracção.

Valor de pF	Diâmetro do maior poro que retém Água (μm)
0,0	-
1,0	300
1,8	50
2,54	8,0
4,2	0,2

Adaptado de SMART (1975) (ver Quadro 2 na página 11)

3.6.4 - RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

Para a determinação da resistência à penetração utilizou-se um penetrómetro da marca Eijkelkamp com registo electrónico de dados por cm de profundidade e equipado com um cone de 60° com 1 cm² de secção. Permite fazer leituras até uma profundidade máxima de 80 cm.

As amostragens foram feitas em dois momentos. O primeiro momento foi antes da emergência, no mesmo dia em que se retiraram amostras para a determinação da Densidade Aparente e dos valores de pF e o segundo momento foi a 28 de Junho, próximo da floração.

No primeiro momento, foram feitas 9 amostragens por talhão sem diferenciar Regimes Hídricos, na segundo foram feitas 6 amostragens mas apenas nos sub-talhões do Regime Hídrico 3 por ser o único regime onde se conseguiu introduzir o penetrómetro nos dois Sistemas de Mobilização a uma profundidade suficiente para se poder estabelecer comparações.

Os valores registados para cada cm de profundidade, foram corrigidos de forma a eliminar oscilações pontuais. Os resultados são apresentados como força de resistência à penetração em MPa e apresentados em médias por faixa de 10 em 10 cm até aos 70 cm de profundidade.

3.6.5 - PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO

As amostras para a determinação dos parâmetros químicos do solo, foram retiradas antes de se efectuarem as operações de preparação para a sementeira. Por cada parcela (sem diferenciar Regimes Hídricos) foram retiradas amostras em cinco pontos para as profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm.

Os aspectos químicos do solo avaliados foram: teor de matéria orgânica, nitratos, fósforo, potássio e reacção do solo (em água e em cloreto de cálcio).

As análises de fósforo, potássio e reacção do solo foram efectuadas no Laboratório de Química Agrícola da Universidade de Évora e as restantes no Laboratório de Física do Solo da Universidade de Évora. As determinações, seguiram os métodos específicos para cada análise.

Para a determinação do fósforo e do potássio utilizou-se o método de Egnem Riehm. A determinação do pH em água e em cloreto de cálcio (CaCl_2) foi feita pelo método potenciométrico.

O teor de Matéria Orgânica foi determinado pelo método calorimétrico de Riehm-Ulrich e os nitratos pelo método descrito por HENRIKSEN e SELMER-OLSEN (1970).

3.7 - PARÂMETROS MEDIDOS E MÉTODOS UTILIZADOS A NÍVEL RADICAL

A observação do sistema radical da cultura foi efectuado em dois períodos recorrendo a duas técnicas distintas. No primeiro período, utilizamos o método da sonda que decorreu quinze dias antes do início da plena floração e foram analisadas as três repetições nos Regimes Hídricos 1 e 3,

pois até esta fase os Regimes Hídricos 2 e 3 receberam as mesmas dotações sendo portanto idênticos.

No segundo momento, foi utilizado o método do perfil, 20 e 27 dias após o início da floração, (respectivamente para a repetição 1 e repetição 2) em todos os tratamentos e sub-tratamentos. Devido ao facto de ser um método especialmente trabalhoso no campo (tendo em conta as características do solo e de ter sido executado apenas por três pessoas), só se observaram as repetições 1 e 2.

3.7.1 - MÉTODO DA SONDA

3.7.1.1 - Obtenção das amostras

Foi utilizada uma sonda manual (ver Figura 11), constituída por um cabo em tubo, no interior do qual é introduzida uma haste. Na base do cabo, há um tubo largo (órgão activo) com 16 cm de altura e um diâmetro interno de 9,8 cm. A base da sonda está afiada em bisel para o exterior.

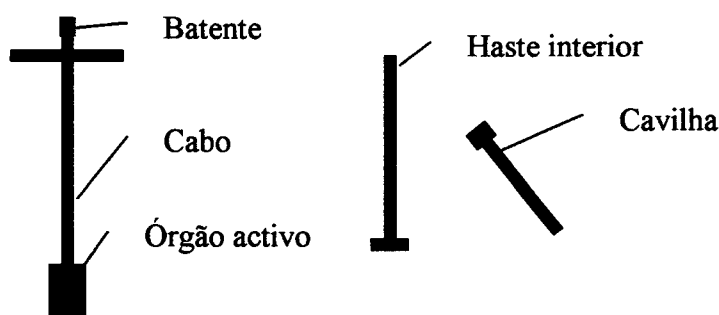


Figura 11 – Esquema da sonda utilizada na recolha de amostras de solo mais raiz

Após a sonda ser introduzida no solo a 10 cm, é seguidamente retirada com a amostra. Para extrair a amostra da sonda, retira-se o batente, mete-se a cavilha no seu lugar de forma a poder receber batidas até a haste interior expulsar a amostra.

Para se introduzir a sonda no solo, utilizou-se um maço de 7 kg em fibra sintética.

Em todas as sub-parcelas correspondentes aos Regimes Hídricos 1 e 3 foram escolhidos oito pontos para amostragem, sendo quatro sobre plantas e os outros quatro na entre linha na direcção das respectivas plantas. As amostras foram retiradas por camadas de 10 em 10 cm até aos 50 cm de profundidade, tendo sido retirado um total de 480 amostras.

Considerámos que a profundidade de 50 cm era suficiente, pois permite recolher amostras a duas profundidades (30-40 e 40-50 cm), não alcançadas pelas mobilizações do Sistema Tradicional e à profundidade de 40-50 cm a amostra é retirada garantidamente em pleno horizonte B. Por outro lado, o solo encontrava-se muito duro, impossibilitando retirar amostras a maior profundidade com uma sonda manual de 9,8 cm de diâmetro. Para aumentar a profundidade, seria necessário utilizar uma sonda mecanizada com um diâmetro similar ou uma sonda manual com um diâmetro inferior.

As amostras foram posteriormente colocadas em sacos de plástico devidamente etiquetados e congeladas a sensivelmente $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 ou 6 semanas, até se proceder à separação da raiz do solo.

3.7.1.2 - Lavagem das amostras

No tratamento das amostras para separação das raízes, começou-se por espalhar a amostra descongelada num tabuleiro, efectuando-se uma prévia escolha grosseira que permitiu a separação das raízes mais grossas e a eliminação de detritos (pedras, resíduos orgânicos e outros corpos estranhos).

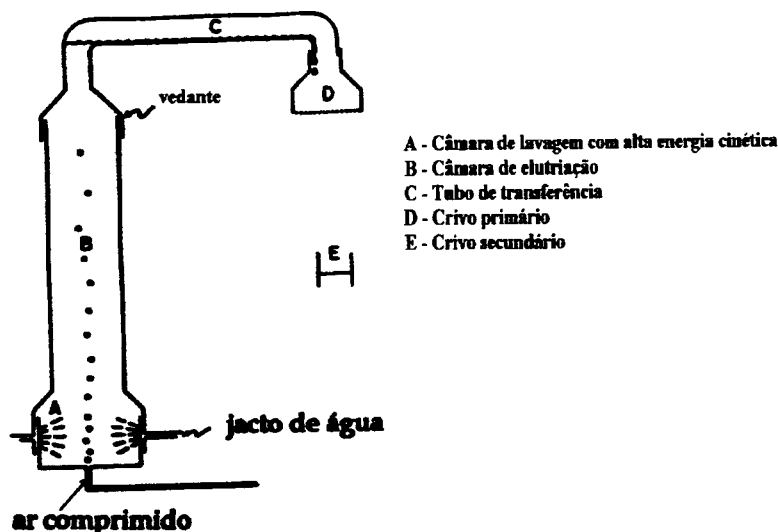


Figura 12 – Representação esquemática do sistema de elutriação hidropneumático de separação das raízes do solo (adaptado de SMUCKER *et al.* 1982)

Seguidamente procedeu-se à separação das raízes do solo por lavagem mecânica das amostras, sendo cada amostra subdividida em quatro. O equipamento de lavagem de raízes utilizado é um sistema de elutriação hidropneumático desenvolvido por SMUCKER *et al.* (1982), cuja representação esquemática se encontra na Figura 12.

O equipamento é constituído por oito órgãos activos como o esquematizado na Figura 12. O tempo de lavagem foi de aproximadamente 6 minutos para as amostras dos primeiros 30 cm e de 12 minutos para as amostras com maior teor em argila provenientes de profundidades maiores. Após a lavagem, as raízes ainda com algumas impurezas foram colocadas em pequenos recipientes de plástico com cerca de 80 cm³ de água e congeladas de novo até se proceder à sua limpeza e quantificação.

3.7.1.3 - Determinação do comprimento radical

Após a descongelação das raízes, procedeu-se a uma separação mais cuidada de alguns resíduos orgânicos e raízes mortas, repondo-se no final aproximadamente 80 cm³ de água e adicionando 2, 4 ou 8 cm³ de uma solução (1:500) de azul de metileno consoante a quantidade de raízes, de forma a estas ficarem bem coradas de azul escuro.

A determinação do comprimento radical, foi realizada por análise da imagem da raiz obtida num scanner HP ScanJet 4C controlado pelo programa DeskScan II e posteriormente medido com o programa MedeRaizV1, cuja descrição será apresentada no ponto 3.7.3.

Para a captação das imagens, foram utilizados dois tabuleiros de vidro, um grande com 19 x 28 cm para as amostras maiores e um pequeno com 13 x 14 cm úteis para as amostras menores. Mais de 50% das amostras de raízes, apresentavam comprimentos inferiores a 8 m, assim ao utilizar um tabuleiro menor para estas amostras, despende-se menos tempo na preparação e captura da imagem da amostra, no espaço de armazenamento dos ficheiros com as imagens em disco e no tempo de processamento em computador.

Os tabuleiros constam de uma base plana em vidro com 2 mm de espessura, na qual foram coladas quatro tiras de vidro com 3 mm de espessura e 6 mm de altura de forma a constituírem as paredes do tabuleiro, deixando uma margem que permite apoiar o tabuleiro sobre papel espesso, evitando que o tabuleiro contacte directamente com o vidro do scanner, prevenindo eventuais problemas na imagem e riscos no próprio vidro do scanner. Foram coladas ainda duas pegas em vidro com a mesma altura das paredes (6 mm).

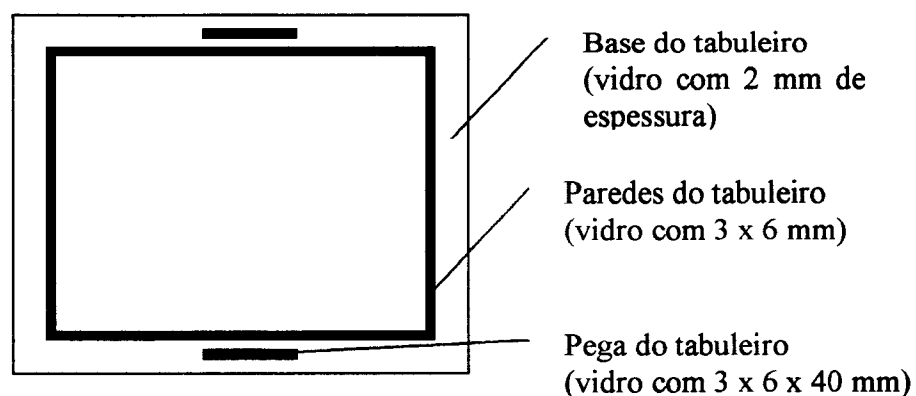


Figura 13 – Esquema em planta de um tabuleiro em vidro para distribuição de amostras de raiz

Num período entre quatro e quarenta e oito horas após a coloração das raízes, as amostras foram vertidas sobre um crivo de plástico, lavadas com um pequeno jacto de água e colocadas no tabuleiro de vidro construído para o efeito. Sobre o scanner é fixada uma folha de papel com uma abertura do tamanho da área útil do tabuleiro de vidro. O tabuleiro em seguida é colocado sobre o scanner, de forma a que os seus limites assentem sobre o papel, evitando desta forma o contacto

directo com o vidro do scanner. Com o tabuleiro já sobre o scanner é adicionada água de forma a formar uma película com aproximadamente 1,5 a 2 mm de espessura. Com a ajuda de uma pinça de preferência com as pontas curvas espalha-se a água de forma a preencher todo o fundo do recipiente.

Apesar das raízes dispersarem em água é necessário promover esta dispersão com a ajuda de uma pinça ou de um objecto pontiagudo de forma a que a amostra fique espalhada. Deve-se evitar a formação de agregados de raízes, colocando a pinça sobre estes, e agitando ligeiramente para os dispersar um pouco de forma a que formem uma malha, evitando, tanto quanto possível, que muitas raízes se toquem ao longo do seu maior eixo. É também necessário evitar que as raízes fiquem a menos de 5 mm da parede do tabuleiro.

Ao espalhar as raízes como descrito, pode ocorrer uma taxa de sobreposição variável de amostra para amostra (dependendo do tamanho da amostra e do tabuleiro) sem que isso constitua preocupação, pois o algoritmo incluído no programa MedeRaizV1 foi desenvolvido e calibrado especificamente para prever sobreposições, evitando-se assim a necessidade de despender demasiado tempo a separar completamente as raízes, o que implicaria subdividir as amostras em vários tabuleiros.

Após uma correcta distribuição da amostra, tapa-se o tabuleiro com a tampa branca do scanner. Sendo um scanner de mesa, a emissão de luz e os sensores de luminosidade deslocam-se sob toda a amostra. A emissão de luz está localizada mais à frente que os sensores. Em condições normais, este desfasamento não levanta problemas, pois o scanner está preparado para captar a imagem em papel e nesta situação a imagem encontra-se no mesmo plano que a zona branca. No caso das amostras (dentro do tabuleiro de vidro), a tampa branca, encontra-se alguns milímetros acima das raízes escurecidas, pelo que as raízes menos finas que estão paralelas ao avanço do carro, tendem a fazer uma sombra dois ou três mm antes (na direcção dos sensores). Para evitar que esta sombra fique na imagem é necessário seleccionar um valor de brilho que permita eliminar a sombra sem eliminar a raiz que se apresenta mais escura. Este problema da sombra também foi referido por PAN e BOLTON (1991), quando utilizaram um tabuleiro de vidro com paredes de 5,8 mm de altura.

A imagem foi captada com os seguintes parâmetros do controlador DeskScan II: imagem do tipo Desenho Branco e Preto; diferenciação Extra Pesada; resolução vertical e horizontal de 150 pontos por polegada (5,9 pixels/mm); escala 100%; brilho 189. As imagens foram guardadas no formato Mapa de Bits

As imagens foram sempre visualizadas previamente para eventuais ajustes nos limites e detecção de alguma anomalia. Seguidamente a imagem foi captada e guardada em ficheiros individuais com nomes iguais à referência da amostra.

Após a captação da imagem, a amostra foi guardada e congelada novamente.

Em todas as amostras que foram retiradas directamente sobre a planta (nos primeiros 10 cm), separámos as raízes secundárias da raiz principal e esta última foi excluída.

Na amostra sobre a planta, devido à grande quantidade de raízes secundárias relativamente grossas procedeu-se à captação de duas imagens, uma com as raízes directamente retiradas da raiz principal e outra com as raízes mais finas que se obtiveram na lavagem. Os valores dos comprimento das raízes mais finas e mais grossas foram somados no final. Noutros casos, sempre que a amostra aparentava um comprimento superior a 30 ou 40 metros, foi subdividida em duas.

Após a obtenção de todas as imagens, cada uma foi revista com o programa de tratamento de imagem (PAINT SHOP PRO 4) com especial atenção para os limites da imagem, pois com frequência aparecem sombras junto a uma das paredes do tabuleiro de vidro que é necessário remover.

Após esta verificação, executou-se o programa MedeRaizV1, utilizando todos os parâmetros que tem definidos por omissão, permitindo analisar automaticamente todas as imagens (aproximadamente 600) numa noite, criando um ficheiro em ASCII com os resultados: comprimento total, diâmetro médio, densidade radical e estimativa do peso seco como se descreve no ponto seguinte.

3.7.1.4 - Determinação do peso seco das amostras de raízes

O peso seco destas amostras foi determinado por pesagem até atingir um peso constante após sucessivas secagens em estufa a 65 °C.

Estabeleceu-se uma regressão linear entre o peso seco de 40 amostras em gramas e o volume em mm³ determinado a partir do diâmetro médio e do comprimento total (considerando a raiz cilíndrica), obtendo-se assim a Equação 4 com um coeficiente de determinação de 95% ($R^2=0,95$).

$$\text{Peso seco} = 0,0001038 \times \text{Volume raiz} + 0,0043411$$

[4]

A Equação 4 não foi utilizada para determinar o peso seco das amostras com raízes mais grossas que foram retiradas directamente sobre a planta nos primeiros 10 cm, por não se ajustar bem a estas e o seu número (48) não justificar a determinação de uma nova equação.

3.7.2 - MÉTODO DO PERFIL

O método do perfil permite revelar com pormenor a distribuição vertical das raízes, permitindo, simultaneamente estimar a densidade radical (BÖHM, 1979).

No presente trabalho, usou-se uma combinação dos dois métodos do perfil referidos no capítulo da Revisão Bibliográfica (página 25).

Assim no bloco 1 optou-se pelo método descrito por REIJMERINK (1964) citado por BÖHM (1979), pelo facto da utilização de jactos de água expor muito mais raízes e poder facilitar a sua quantificação e comparação com os resultados obtidos pelo método da sonda.

Como o solo em questão é extremamente difícil de trabalhar e dificilmente se conseguirá um perfil suficientemente plano para utilizar um painel inteiro, optou-se por construir o painel em módulos de 40 x 30 cm por se adaptarem melhor à irregularidade do perfil (Fotografia 5).

No bloco 2, optou-se por colocar uma tela de plástico em contacto directo com o solo e fixada nas extremidades com pregos. Com este procedimento foi possível compatibilizar este método com a utilização de jactos de água ao contrário do referido BRETELER e VAN DEN BROCK (1971) citados por BÖHM (1979). A forma de o conseguir foi dirigindo um fluxo de ar quente, utilizando um vulgar secador de cabelo ligado a um gerador, que nos permitiu desembaciar o canto superior esquerdo da tela, local onde se iniciava o desenho das raízes. A partir deste ponto o plástico vai desembaciando de uma forma natural com o calor libertado pelas mãos do executante, no decorrer normal do desenho.

3.7.2.1 - Preparação do perfil e exposição das raízes

Utilizou-se uma retro - escavadora para abrir uma trincheira transversal às linhas da cultura com sensivelmente 2 m de comprimento, 1 m de profundidade e 0,8 m de largura. Com o auxílio de pequenas enxadas regularizou-se o perfil numa extensão de 160 cm de largura por 60 cm de

profundidade, de forma a aproximar este a 3 ou 4 cm de duas plantas, correspondentes a duas linhas de cultura. Após esta regularização, introduzimos pregos no perfil, formando uma malha com aproximadamente 40 x 20 cm.

Após a preparação do perfil, procedeu-se à exposição das raízes, desgastando cerca de 5 mm de solo por lavagem, servindo os pregos como referência. A lavagem foi feita com o jacto de um pulverizador de dorso a motor, funcionando a uma pressão próxima de 3 atmosferas.

Abaixo dos 40 cm, na maior parte dos perfis não foi possível expor todas as raízes devido à dureza do solo. Nestes casos aumentou-se a pressão e com o auxílio de um objecto contundente, expuseram-se, assim mais algumas raízes.

3.7.2.2 - Fixação do painel e mapeamento das raízes

Após a exposição das raízes, introduziu-se, novamente, a extremidade dos pregos que se encontravam sensivelmente 5 mm fora do perfil. Colocámos sobre o perfil um painel com 160 cm de comprimento por 60 cm de altura úteis sobre o qual estava previamente desenhada uma quadrícula de 10 cm feita com uma caneta de acetato amarela. No Bloco 1, o painel consistiu em módulos de vidro acrílico revestido com uma folha de plástico de cristal e no Bloco 2 numa tela de plástico cristal inteira, fixada directamente no perfil. Imediatamente após a tela ser devidamente fixada no perfil, desenhámos sobre ela ainda com uma caneta amarela os limites do solo, a transição do horizonte A para o B, a posição das plantas e os contornos de algumas pedras.

A fase seguinte consistiu em desenhar com uma caneta de acetato preta e em bom estado todas as raízes visíveis que aparentavam estar vivas, sem distinguir classes de diâmetro.



Fotografia 5 - Pormenor do perfil e fixação do painel em módulos de vidro acrílico revestido a plástico cristal e fixados com pregos

3.7.2.3 - Determinação do comprimento radical

A determinação do comprimento radical foi feito em todos os quadrados de 10 cm, recorrendo ao mesmo scanner e ao mesmo programa utilizado no método da sonda.

Após terem sido obtidos todos os desenhos dos perfis, já em laboratório, procedeu-se à limpeza da tela com um pano e à captação de imagens, obtendo-se 16 imagens por perfil com uma área útil de 20 x 30 cm. As imagens foram guardadas no formato "Bitmap".

As imagens foram captadas com os seguintes parâmetros do controlador DeskScan II: imagem do tipo Fotografia a Preto e Branco; diferenciação normal; resolução vertical e horizontal de 100 pontos por polegada (3,9 pixels/mm); escala 100%; brilho 125; contraste 165. As imagens foram guardadas no formato "Bitmap".

Com o programa de tratamento de imagem (PAINT SHOP PRO 4) subdividimos cada uma das áreas captadas em imagens com 10 por 10 cm com o auxílio de traços amarelos, guardando-as em ficheiros individuais cujo nome contém a referência do perfil seguido da posição (profundidade e coluna) dentro do perfil.

A seguir mediu-se, automaticamente, os comprimentos de todos os traços a preto dentro de cada quadrícula com o programa MedeRaizV1 adiante descrito.

O programa foi concebido de forma a distinguir os traços feitos a amarelo dos traços feitos a preto. Para tal, a imagem foi captada como fotografia a preto e branco, a que corresponde uma imagem com 256 tons de cinzento, tendo o preto o valor 0 e o branco 255. No programa a escala de cinzentos está reduzida a 32 níveis (0-31). Nesta escala, escolheu-se o valor de tom = 18 que permitiu seleccionar apenas os traços mais escuros na imagem (traços correspondentes ao desenho das raízes) ignorando os traços mais claros (a amarelo).

Para medir os comprimentos das quadrículas com o programa MedeRaizV1, utilizou-se uma resolução = 100 PPP e desactivou-se a correcção das sobreposições, alterando os parâmetros definidos por omissão para: factor de correcção por ligação = 0, factor de correcção por ponto isolado = 1,41; factor de correcção por ponta = 0.

Para tratamento dos dados, procedeu-se ao cálculo dos valores de densidade radical na linha de cultura e na entrelinha em separado. O cálculo dos valores de densidade radical na linha foi obtido para cada profundidade pela média dos quatro valores mais próximos da planta e da entrelinha pela média dos restantes valores.

3.7.3 - ALGORITMO PARA DETERMINAR COMPRIMENTOS DE RAÍZES E O PROGRAMA MEDERAIZV1

Inicialmente, para a determinação do comprimento a partir da análise de imagem, estava previsto utilizar um programa geral de análise de imagem, que permitiria determinar o perímetro dos objectos na imagem. No caso de elementos finos como das raízes, a divisão do perímetro por 2, corresponde aproximadamente ao comprimento. No entanto, este método tal como o método das intercepções subestima os comprimentos sempre que ocorrem sobreposições.

Quando se iniciou a captação de imagem das amostras de raízes, foi com o pressuposto de permitir alguma taxa de sobreposição das raízes, mas tentando manter um critério uniforme em termos de sobreposições de forma a que os comprimentos fossem ligeiramente subestimados, mas de forma idêntica em todas as amostras. Assim, quando se tratava de amostras de menor dimensão havia a preocupação de não as separar totalmente, tentando manter um critério uniforme em termos de sobreposições.

No entanto, como a amostra era distribuída numa película de água que tapava todo o fundo do tabuleiro de vidro, rapidamente se verificou que era extremamente difícil manter um critério de distribuição homogéneo entre amostras com comprimentos tão dispares. Optou-se, por isso pelo desenvolvimento de um método original que permitiu analisar amostras com diferentes taxas de sobreposição, sem que estas afectassem a medida final.

3.7.3.1 - Descrição do programa MedeRaizV1

A primeira acção do programa é importar a imagem que se encontra no formato mapa de bit para uma matriz numérica. Neste processo, cada pixel da imagem referente à raiz assume o valor 1 e os restantes pontos da matriz o valor 0.

O segundo passo, consiste na erosão da imagem, por um processo interactivo, convertendo pixels de valor 1 em 0, do qual resulta uma rede de pontos (pixels com valor 1) com um pixel de espessura que representam o eixo médio da raiz, mantendo aproximadamente a mesma forma e o mesmo comprimento que a raiz original. O resultado, pode ser observado na Figura 14

O algoritmo que permite executar a erosão da imagem, está descrito por LEBOWITZ, 1988.

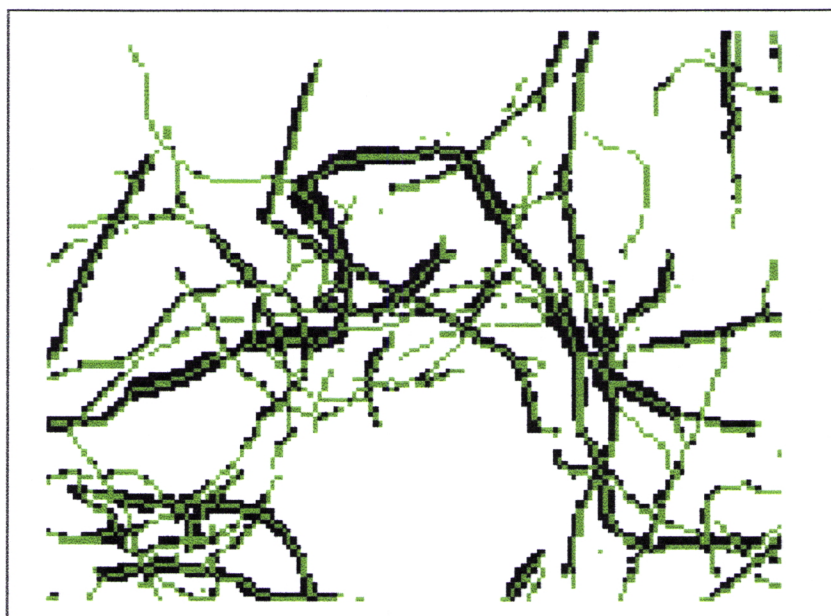


Figura 14 - Imagem ampliada de uma raiz de girassol captada a 150 PPP. A zona a preto e verde, corresponde á imagem inicial da raiz antes do processo de erosão e a zona a verde, corresponde à raiz reduzida a um pixel de espessura após o processo de erosão. O comprimento da raiz apresentada na imagem antes do processo de erosão mede 33 cm, após a erosão mede 35 cm e o comprimento final após as compensações das ligações é 43 cm

Determinação do comprimento sem considerar o efeito da sobreposição

Após o processo de erosão, procede-se à contagem do número total de pixels (NPixel) e do número de pixels que se encontram ligados na diagonal (NPixelD). Todos os pixels que se encontram isolados na imagem e todas as pontas, também contam como NPixelD. Como exemplo, a Figura 15 tem NPixel=5 e NPixelD = 3.

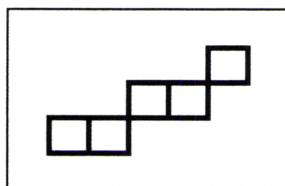


Figura 15 - Esquema representando 5 pixels numa imagem após o processo de erosão

A partir do NPixel e do NPixelD calcula-se o comprimento em pixels (CPixel), utilizando o teorema de Pitágoras (Formula 5)

$$CPixel = \sqrt{Npixel^2 + NpixelD^2}$$

[5]

O comprimento após a erosão (ComprimentoApE em mm), resulta da multiplicação do CPixel pela dimensão do pixel que depende da resolução (Res) a que a imagem foi captada em pontos por polegada (PPP) dada pela Equação 6

$$\text{ComprimentoApE} = \text{CPixel} * 25,4 / \text{Res} \quad [6]$$

3.7.3.2 - Determinação do comprimento considerando a sobreposição

Base teórica da resolução do problema da sobreposição

Suponha-se que pretende medir o comprimento total do elemento representado na Figura 16 e que é composto por dois segmentos de recta com 1 cm de espessura que se sobrepõem perpendicularmente e têm de comprimento respectivamente 5 e 3 cm, perfazendo um total de 8 cm.

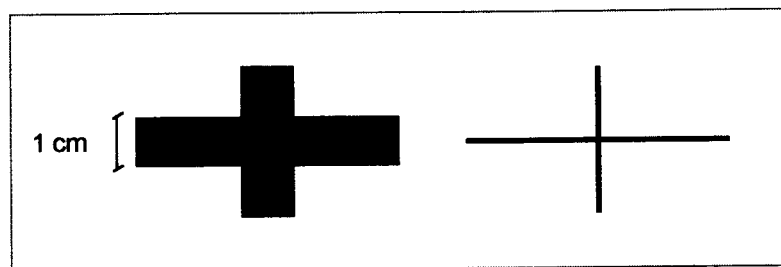


Figura 16 - Esquema do cruzamento de dois segmentos com 5 e 3 cm sobrepostos à esquerda e os mesmos elementos mas mais delgados à direita

No entanto, uma medição visual detecta apenas 7 cm de comprimento, porque 1 cm² é comum a ambos os segmentos. Neste caso a sobreposição é responsável por uma redução de 12,5% no comprimento.

Se reduzirmos a espessura de ambos os segmentos para 1 mm, mantendo o comprimento, (como representado na figura) a perda por sobreposição é reduzida apenas a 1 mm. Assim por medição visual, detecta-se 7,9 cm. Neste caso a sobreposição é responsável por uma redução apenas de 1,25% no comprimento.

Pode-se assim concluir que a erosão da imagem pode resolver em parte o problema da sobreposição. Mas ao utilizar-se resoluções relativamente baixas como foi o caso neste trabalho

(150 PPP), a espessura da raiz é representada em média por aproximadamente 2 pixels, pelo que o efeito acima ilustrado é pouco significativo como se pode constatar pelo valor do comprimento antes e após a erosão calculado pelo método das intercepções segundo TENNANT (1975) no Quadro 33 em anexo.

Com base neste princípio e identificando o número de ligações, é possível proceder a uma compensação das sobreposições. O valor da compensação não é fixo, pois ao contrário do que aconteceu no exemplo apresentado na Figura 16, em que o cruzamento originava a perda de comprimento conhecido (1 cm e 1 mm respectivamente), na prática (observar Figura 14) a ligação ocorre com frequência na diagonal e possivelmente algumas ligações não chegam a ser evidenciadas. Assim, o valor de compensação por cada ligação detectada tem, normalmente, de ser superior à unidade.

Para considerar a sobreposição, é necessário obter mais informações da imagem com o algoritmo abaixo descrito:

Algoritmo para a determinação do número de pontos isolados, pontas e ligações

A determinação do número de pontos isolados, pontas e ligações, é feita após a erosão, percorrendo todos os pontos da matriz e sempre que é localizado um pixel (quadrado preto na Figura 17) com o valor 1 procede-se à contagem do número de pixels da sua vizinhança que tem igualmente valor 1.

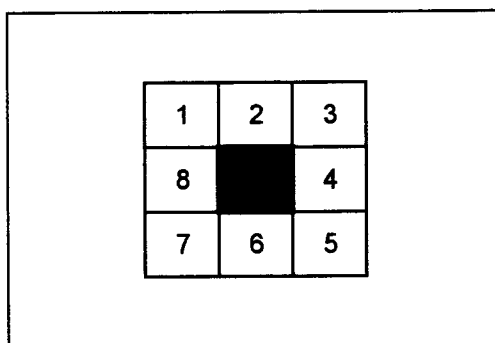


Figura 17 - Esquema com o símbolo de um pixel e os oito pixels vizinhos identificados com um número

Se o somatório do número de pixels vizinhos for igual a: 0 (é um ponto isolado - NPisolado); 1 (é uma ponta - NPonta); 3 (é uma ligação tripla - LTri, mas não podem estar seguidos).

Se os pixels (Figura 17) 1, 3, 5, 7 ou 2, 4, 6, 8 forem em simultâneo iguais a 1, sendo os restantes 0, então é uma ligação quadrupla - LQua.

Se o pixel 8 for igual 0 e simultaneamente o pixel 1 ou o 7 for igual a 1 então conta como NPixelD.

Comprimento final

O comprimento final (CompFinal) em mm, é obtido a partir da Equação 7

$$\text{CompFinal} = \text{ComprimentoApE} + [\text{FLig} * (\text{LTri} + \text{LQua}) - \text{FPIsolado} * \text{NPIsolado} - \text{FPonta} * \text{NPonta}] * 25,4 / \text{Res} \quad [7]$$

FLig, NPIsolado e FPonta são respectivamente factores de compensação para as ligações: tripla ou quadrupla, por ponto isolado e por ponta.

A determinação destes factores de compensação foram resolvidos da seguinte forma:

Obtiveram-se várias imagens de uma mesma amostra com vários graus de distribuição como se pode observar na Figura 33 em anexo, e procedeu-se ao cálculo com o programa MedeRaizV1

Os resultados do programa, foram importados para uma folha de cálculo, (Quadro 33 em anexo) onde se procedeu-se a simulações do comprimento final por alteração dos coeficientes de calibração de forma a minimizar o coeficiente de variação.

O coeficiente de variação foi apenas de 0,85%, apesar de terem sido utilizados graus de distribuição de raízes extremos, o que demonstra a possibilidade do programa MedeRaizV1 medir raízes com uma taxa elevada de sobreposição.

Área e Diâmetro

A área inicial da amostra (AreaInicial), vem expressa em mm² e foi calculada a partir da contagem do número total de pixels com o valor 1 antes do processo de erosão da imagem multiplicada pela área de cada pixel (Equação 8). A área de cada pixel depende da resolução.

$$\text{AreaInicial} = \text{Número total de pixels} * (25,4 / \text{Res})^2 \quad [8]$$

O diâmetro vem expresso em mm, e foi calculado pela Equação 9

$$\text{Diâmetro} = \text{ComprimentoApE} / \text{AreaInicial} \quad [9]$$

3.8 - PARÂMETROS MEDIDOS E MÉTODOS UTILIZADOS AO NÍVEL DA CULTURA

3.8.1 - FASES DO DESENVOLVIMENTO DO GIRASSOL

As fases de desenvolvimento da cultura do girassol observadas neste estudo estão sintetizadas no Quadro 11. As diferenças de datas entre talhões não foram superiores a dois dias, pelo que as datas apresentadas são referentes a todo o ensaio. Cada fase foi considerada quando 50% das plantas se encontram nessa fase.

Quadro 11 - Fases de desenvolvimento do girassol observadas

Fases observadas	Data	Número de dias após a sementeira
Sementeira	23-Abr	
Emergência	3-Mai	10
4-5 Folhas	27-Mai	34
Floração	3-Jul	71
Maturação fisiológica	18-Ago	117
Colheita	9-Set	139

3.8.2 - NÚMERO DE PLANTAS EMERGIDAS

O número de plantas emergidas não foi contado, pois de início utilizou-se um número elevado de sementes e posteriormente procedeu-se ao desbaste de forma a atingir-se uma população média de 50.000 plantas / ha (afastadas em média de 26,6 cm na linha e 75 cm na entrelinha).

3.8.3 - EVOLUÇÃO DA MATÉRIA SECA

A evolução da matéria seca nos primeiros estádios da cultura, foi estimada por regressão linear, tendo como variável independente a área foliar determinada em oito plantas marcadas por sub-tratamento (descrito no ponto seguinte) e como variável dependente o peso seco das plantas. Para determinar os coeficientes das equações de regressão, determinou-se a área foliar (pelo mesmo processo) de plantas colhidas próximo da bordadura dos talhões e o peso seco dessas mesmas plantas. Em cada período, colheram-se 36 plantas distribuídas entre o Sistema Tradicional

e a Sementeira Directa e entre o regadio e o sequeiro. Não se detectaram diferenças evidentes entre sistemas nos parâmetros de regressão, pelo que se utilizou uma só equação.

A estimativa da matéria seca manteve-se até 20 de Junho (até esta data o coeficiente de determinação foi sempre superior a 90% ($R^2 > 0,9$). A partir desta data só se obteve o valor da matéria seca total no final do ensaio.

3.8.4 - ÍNDICE E DURAÇÃO DA ÁREA FOLIAR

Para o cálculo do índice de área foliar (IAF) e duração da área foliar (DAF) foi necessário estimar a área foliar. Foi considerado apenas a área das folhas e esta foi determinada pela largura máxima da folha, utilizando-se a Equação 10, determinada por CARVALHO *et al.* (1991 a) para a mesma variedade de girassol e com um coeficiente de correlação de 0,977.

$$\text{Área da folha} = 1,87 \times (\text{Largura máxima})^{1,65} \quad [10]$$

Para a medição das folhas, foram escolhidas e marcadas 8 plantas por sub-parcela de forma aleatória, mas simultaneamente evitando plantas incaracterísticas.

Apenas se mediu uma das folhas de cada par de folhas, pelo que a determinação do índice de área foliar (IAF) foi baseada na Equação 11.

$$\text{IAF} = \frac{2 \times 1,87 \times (\text{Largura máxima da 1ª folha do par})^{1,65} \times \text{nº pares}}{\text{Área média ocupada pela planta}} \quad [11]$$

O índice de área foliar foi determinado a 21-Maio, 29-Maio, 4-Junho, 12-Junho, 20-Junho, 17-Julho e 4-Agosto.

A duração da área foliar (DAF) entre dois períodos, foi calculada pela Equação 12 RODERICK (1978) e foi medida para os períodos de 20-Junho a 17-Julho e de 4-Junho a 4-Agosto.

$$\text{DAF} = \frac{(\text{IAF}_2 + \text{IAF}_1) \times (\text{P}_2 - \text{P}_1)}{2} \quad [12]$$

Com:

P = Período em dias

₁ e ₂ - Referente ao primeiro e segundo período, respectivamente

3.8.5 - CONTAGEM DO NÚMERO DE PARES DE FOLHAS SECAS A PARTIR DA BASE DA PLANTA

Avaliou-se o número de pares de folhas secas que surgem a partir da base da planta, em duas datas por contagem directa. As contagens foram efectuadas nos dias 17 de Julho e 14 de Agosto, nas 8 plantas marcadas por sub-parcela que serviram para o acompanhamento da evolução da área foliar.

3.8.6 - PRODUÇÃO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO

A determinação dos parâmetros de produção foram obtidos a partir da colheita manual das quatro linhas centrais de cada sub-parcela com quatro metros de comprimento. Os capítulos foram colhidos separadamente e debulhados com uma ceifeira combinada, com características específicas para a colheita de talhões de ensaio, mas funcionando como uma debulhadora fixa.

Os valores de matéria seca da palha e do grão estão expressos em peso seco, calculado a partir do teor de humidade de uma amostra por sub-parcela. A determinação do teor de humidade das amostras foi efectuado a partir do peso húmido e do peso seco (em estufa a 65° até atingir um peso constante).

Produção total de matéria seca

Os valores correspondem à soma da produção de grão e de palha (capítulos e caules) e são expressos em g / m^2 .

Produção grão

Os valores estão expressos em g / m^2 .

Índice de colheita

Foi obtido através do quociente entre a produção de grão e a matéria seca total.

Peso de mil grãos

Foi obtido a partir da soma do peso seco de duas amostras de 500 grãos.

Número de grãos por m²

Calculou-se a partir da produção de grão e do peso de mil grãos.

Número de capítulos por m²

O número de capítulos coincidiu com o número de plantas colhidas por m².

Número de grãos por capítulo

Este parâmetro, foi calculado a partir do quociente entre o número de grãos por m² e o número de capítulos por m².

3.9 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS E SOFTWARE UTILIZADO

A análise de variância foi feita de acordo com o delineamento experimental utilizado no ensaio, blocos casualizados com subdivisão de talhões.

Na análise de variância do teor de humidade, em que surge o factor profundidade, considerou-se a profundidade como uma nova subdivisão do tratamento secundário. No caso da análise de variância dos parâmetros relacionados com as raízes tanto no método da sonda como no método do perfil, considerou-se o factor Profundidade e Linha/Entrelinha como uma nova subdivisão do tratamento secundário.

A separação de médias foi feita sempre que o teste F revelou uma probabilidade do erro justificar a diferença menor ou igual a 5% e 10% ($p \leq 5\%$ e $p \leq 10\%$), pelo teste de separação múltipla de médias de DUNCAN.

Assim nos quadros de resultados sempre que ocorrem diferenças significativas, apresentam-se letras para diferenciar as médias, quando $p \leq 5\%$ e nos casos de $p \leq 10\%$ apresentam-se também as letras mas com uma chamada de atenção.

4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo inicia-se com a análise do efeito dos Sistemas de Mobilização e dos Regimes Hídricos nos perfis de humidade e parâmetros físico-químicos do solo. Posteriormente analisa-se o efeito destas modalidades e destes parâmetros no desenvolvimento radical e na resposta da cultura em termos de evolução de matéria seca, área foliar e produções finais.

Os valores dos gráficos apresentados neste ponto, que não são acompanhados de um quadro com a análise de variância, foram obtidos a partir de dados apresentados em anexo. Os valores referentes aos gráfico onde a profundidade é apresentada no eixo das ordenadas, referem-se sempre à média de cada camada de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, ... e não a um ponto intermédio do intervalo (5 cm , 15 cm, ...).

4.1 - PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO

4.1.1 - PERFIL DE HÚMIDADE, CONSUMO DE ÁGUA PELA CULTURA E STRESS HÍDRICO

A precipitação, dotação e evapotranspiração, cujos valores decenais estão apresentados na Figura 9 e no Quadro 9 (página 33) influenciaram claramente o perfil de humidade, o consumo de água pela cultura e o stress hídrico.

A fim de facilitar a interpretação destes parâmetros, é de referir que no ano em que decorreu o presente estudo a precipitação foi excepcionalmente elevada, pelo que os Regimes Hídricos pouco se diferenciaram até ao final de Maio. As medições foram efectuadas momentos antes da rega. Convém ainda lembrar que até ao dia 25 de Junho as dotações do Regime Hídrico 1 e 2 foram exactamente iguais.

Todavia, como se pode observar na Figura 18 e na Figura 19, encontraram-se diferenças no teor de humidade do solo e, conseqüentemente no volume de água logo na primeira leitura com a sonda de neutrões a 29 de Maio (26 dias após a emergência), apresentando o Sistema Tradicional de uma forma geral valores mais baixos. E até dentro do Sistema Tradicional, o Regime Hídrico 3 apresentou valores inferiores ao Regime 2 até 20 de Junho, apesar de ter recebido as mesmas dotações. Com uma observação mais pormenorizada, verifica-se que esta diferença deve-se principalmente a um valor mais baixo do Regime 3 em relação ao 2 na repetição 1 e pode eventualmente estar relacionada com diferenças de solo no local do tubo, pois foi instalado apenas um tubo por subtratamento. No entanto, apesar deste valor mais baixo, não se verificaram problemas na observação das variações de consumo.

4.1.1.1 - Evolução do volume de água no solo e perfil de humidade

Na Figura 18, verifica-se um decréscimo mais acentuado do volume de água no Sistema Tradicional até 28 de Junho, revelando um maior consumo nesta fase. A partir desta data, verificam-se poucas alterações em ambos os Sistemas de Mobilização, notando uma maior disponibilidade de água na Sementeira Directa, resultante do menor consumo registado anteriormente. Também se observa, a partir do final de Junho, um aumento do teor de humidade no Regime Hídrico 3 em relação aos outros dois regimes para ambos os tratamentos de Mobilização.

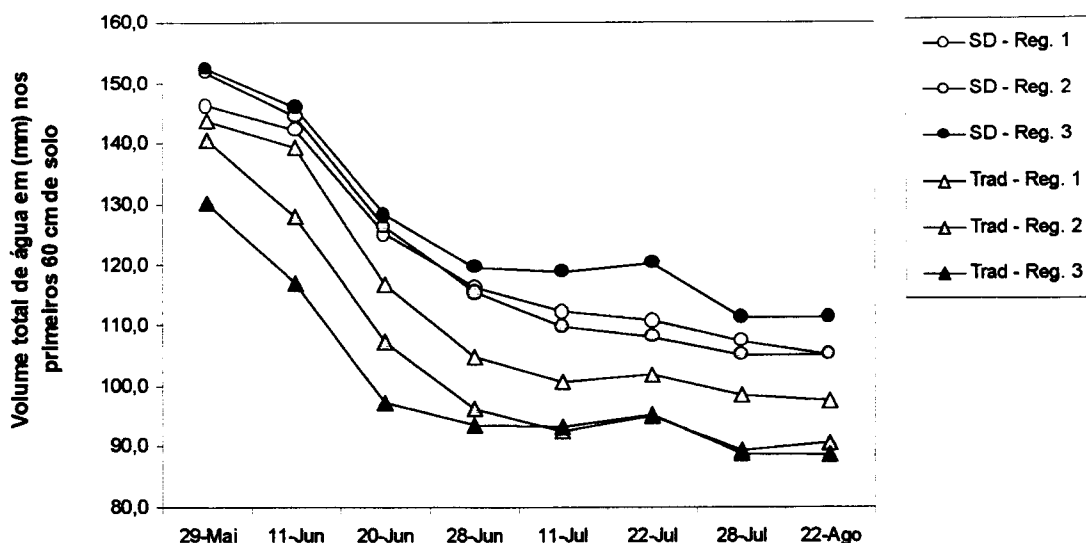


Figura 18 – Evolução do volume total de água dos diferentes Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos determinados antes da rega nos primeiros 60 cm de solo

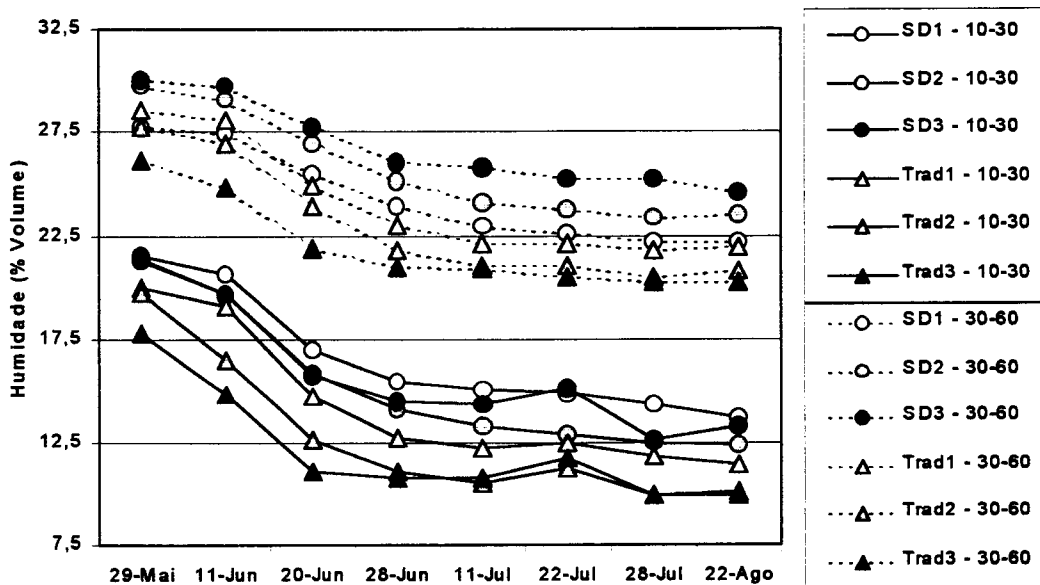


Figura 19 – Evolução do perfil de humidade ao longo do tempo para duas profundidades, determinado antes da rega em ambos os Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos

Observando-se a evolução dos perfis de humidade em separado nas camadas superficiais (0 - 30 cm) e mais profundas (Figura 19), verifica-se a mesma tendência da evolução do volume de água no solo. Na camada dos 10 aos 30 cm há uma redução do teor de humidade nitidamente mais acentuada do que nas camadas inferiores. Na Sementeira Directa, à superfície o Regime Hídrico 1 regista valores mais elevados que o Regime 2 e 3 e, nas camadas inferiores, verifica-se o contrário. No Sistema Tradicional o Regime Hídrico 1 tem valores mais elevados em ambas as profundidades. Observando especificamente os primeiros 30 cm na primeira data, evidencia-se um

teor de humidade mais elevado na Sementeira Directa. Este maior teor de humidade, pode estar relacionado com uma perda mais acentuada na camada mobilizada (lavoura seguida de gradagem) que ocorreu cerca de três semanas antes da data de sementeira, a que se seguiu tempo seco, enquanto na Sementeira Directa o solo não foi mexido permanecendo sobre ele alguns resíduos, como se pode constatar na Fotografias 1 e 2 (páginas 36 e 37 respectivamente).

Procedeu-se a uma análise de variância de valores de humidade antes da rega para duas profundidades e três datas (Quadro 12). A primeira data, corresponde à primeira leitura realizada no ensaio, a segunda data à última data antes do corte da rega no Regime 2 e a última corresponde ao final da floração.

Não se verificaram diferenças significativas entre Regimes Hídricos, o que significa que houve perda de toda a água por evaporação entre duas regas, verificando-se apenas diferenças entre Sistemas de Mobilização e entre profundidades nas três datas.

A 29 de Maio, a Sementeira Directa apresenta um teor de humidade 1,9% superior ao Tradicional, enquanto a 20 de Junho a diferença já é de 3,1%, o que mostra mais uma vez uma maior extracção no Sistema Tradicional na fase inicial da cultura. Considerando apenas a profundidade, verifica-se maior consumo à superfície entre a primeira e a segunda data, enquanto entre a segunda e a terceira data, já se verificou uma maior extracção em profundidade.

Quadro 12 - Valores de humidade antes da rega para duas profundidades e três datas (SD = Sementeira directa, Trad = Sistema Tradicional)

Tratamento	Profundid. (cm)	29 de Maio (% em Volume)	20 de Junho (% em Volume)	11 de Julho (% em Volume)
SD	10 - 60	25,3 a	21,5 a	19,3 a
Trad	10 - 60	23,4 b	18,4 b	16,3 b
Reg. Híd. 1	10 - 60	24,5	20,6	18,1
Reg. Híd. 2	10 - 60	24,6	20,1	17,3
Reg. Híd. 3	10 - 60	23,9	19,1	18,0
SD x Reg. Híd. 1	10 - 60	24,7	21,3	19,0
SD x Reg. Híd. 2	10 - 60	25,3	21,5	18,7
SD x Reg. Híd. 3	10 - 60	25,7	21,8	20,1
Trad. x Reg. Híd. 1	10 - 60	24,3	19,9	17,2
Trad. x Reg. Híd. 2	10 - 60	23,8	18,8	15,8
Trad. x Reg. Híd. 3	10 - 60	22,0	16,5	15,8
Profundidade 1	10 - 30	20,4 b	14,7 b	12,7 b
Profundidade 2	30 - 60	28,4 a	25,2 a	22,9 a
SD x Prof.	10 - 30	21,5	16,2	14,2
SD x Prof.	30 - 60	29,2	26,8	24,3
Trad. x Prof.	10 - 30	19,2	13,2	11,1
Trad. x Prof.	30 - 60	27,5	23,6	21,4
Reg. Híd. 1 x Prof. 1	10 - 30	20,9	15,9	13,7
Reg. Híd. 1 x Prof. 2	30 - 60	28,2	25,3	22,6
Reg. Híd. 2 x Prof. 1	10 - 30	20,6	14,8	11,9
Reg. Híd. 2 x Prof. 2	30 - 60	28,7	25,5	22,6
Reg. Híd. 3 x Prof. 1	10 - 30	19,6	13,4	12,6
Reg. Híd. 3 x Prof. 2	30 - 60	28,1	24,9	23,4
Média		24,3	19,9	17,8
Coef. Variação		5,6%	5,9%	7,7%

A interacção Sistema de Mobilização x Regime Hídrico x Profundidade não foi significativa

Na Figura 20, podem averiguar-se com mais pormenor alguns aspectos abordados nas figuras e quadro anteriores. Verifica-se logo na primeira data um teor de humidade mais elevado nos primeiros 30 cm na Sementeira Directa e que se mantém nas datas seguintes. Considerando os dois Sistemas de Mobilização em conjunto, entre a primeira e a segunda data, confirma-se um consumo mais elevado nas camadas superficiais e após o esgotamento destas camadas verifica-se um maior consumo nas camadas mais profundas (entre a segunda e a terceira data). No entanto, nota-se uma redução pouco acentuada na maior profundidade (observar também Figura 19), o que indica uma difícil extracção em profundidade nestes solos (apesar de apresentarem um teor de humidade elevado a esta profundidade).

Em ambos os Sistemas de Mobilização, mas com maior realce para a Sementeira Directa, o Regime Hídrico 3 mostram um consumo em profundidade menos acentuado que nos outros Regimes. Este facto, deve-se à possibilidade da cultura extrair preferencialmente água que lhe foi oferecida à superfície, numa zona em que a densidade radical é superior no Regime 3 da Sementeira Directa (Figura 27).

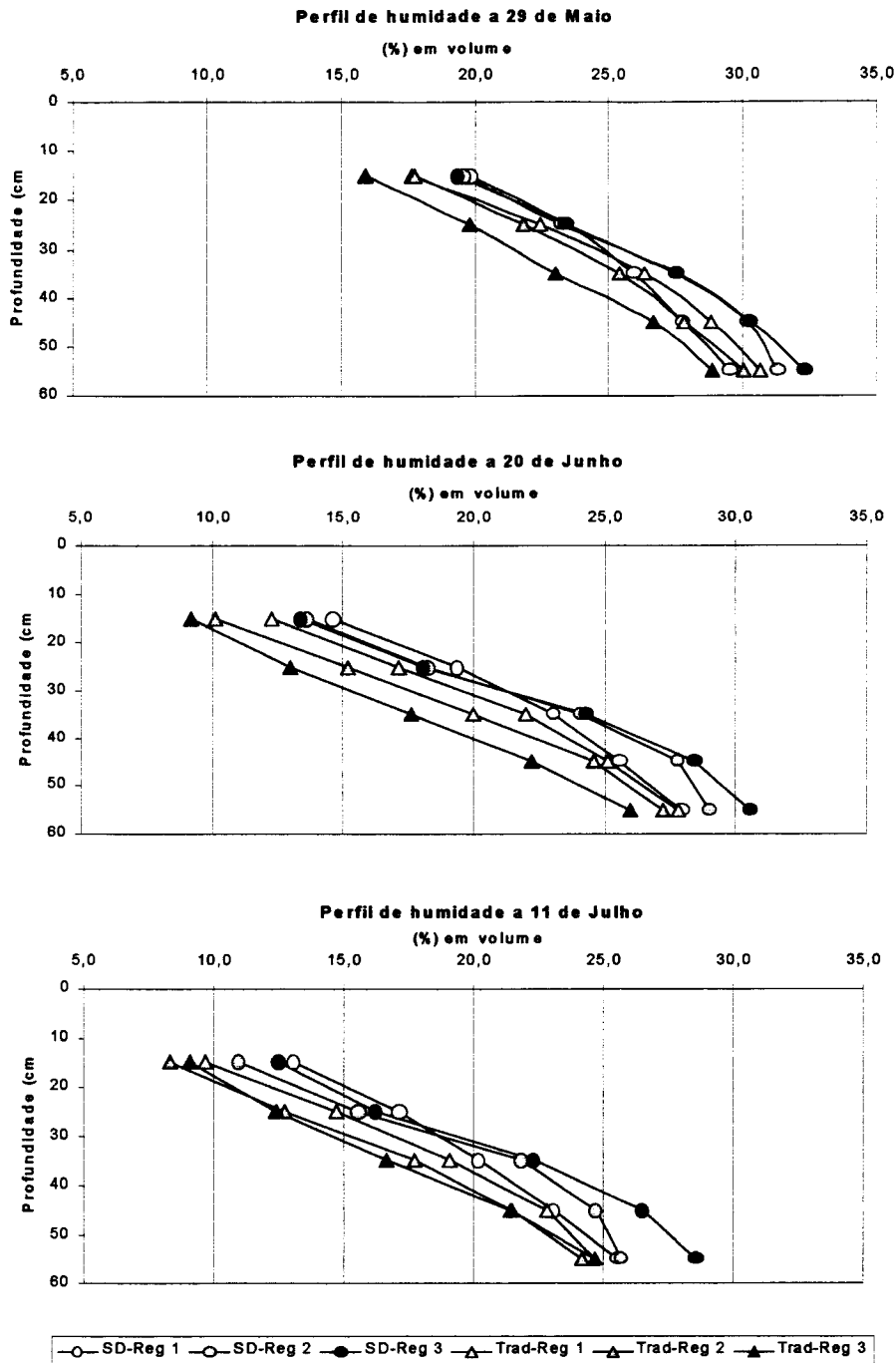


Figura 20 - Evolução do perfil de humidade (antes de cada rega) em cinco profundidades e para três datas

Num ensaio de Sistemas de Mobilização em girassol realizado por PELEGRINI *et al.* (1990), em solos argiluvados (em sequeiro), foi registada a evolução do teor de humidade até aos 140 cm. Logo após a sementeira, foi verificado um idêntico teor de humidade entre a Sementeira Directa e a lavoura nos primeiros 30 cm, mas entre os 30 e os 100 cm registaram-se valores inferiores na Sementeira Directa. Os autores, justificam estes valores mais baixos de humidade nos talhões não mobilizados, com uma reduzida taxa de infiltração verificada nesta modalidade antes da instalação da cultura, contrariando de certa forma os teores de humidade observados no início deste ensaio. Também registaram, em ambas as modalidades, um consumo mais elevado nos primeiros 40 cm, nos primeiros dois meses, até se atingirem valores superiores a pF 4,2 nesta camada e numa segunda fase, a extracção ocorreu em profundidade, mas sem conseguir esgotar toda a água disponível em nenhuma das modalidades.

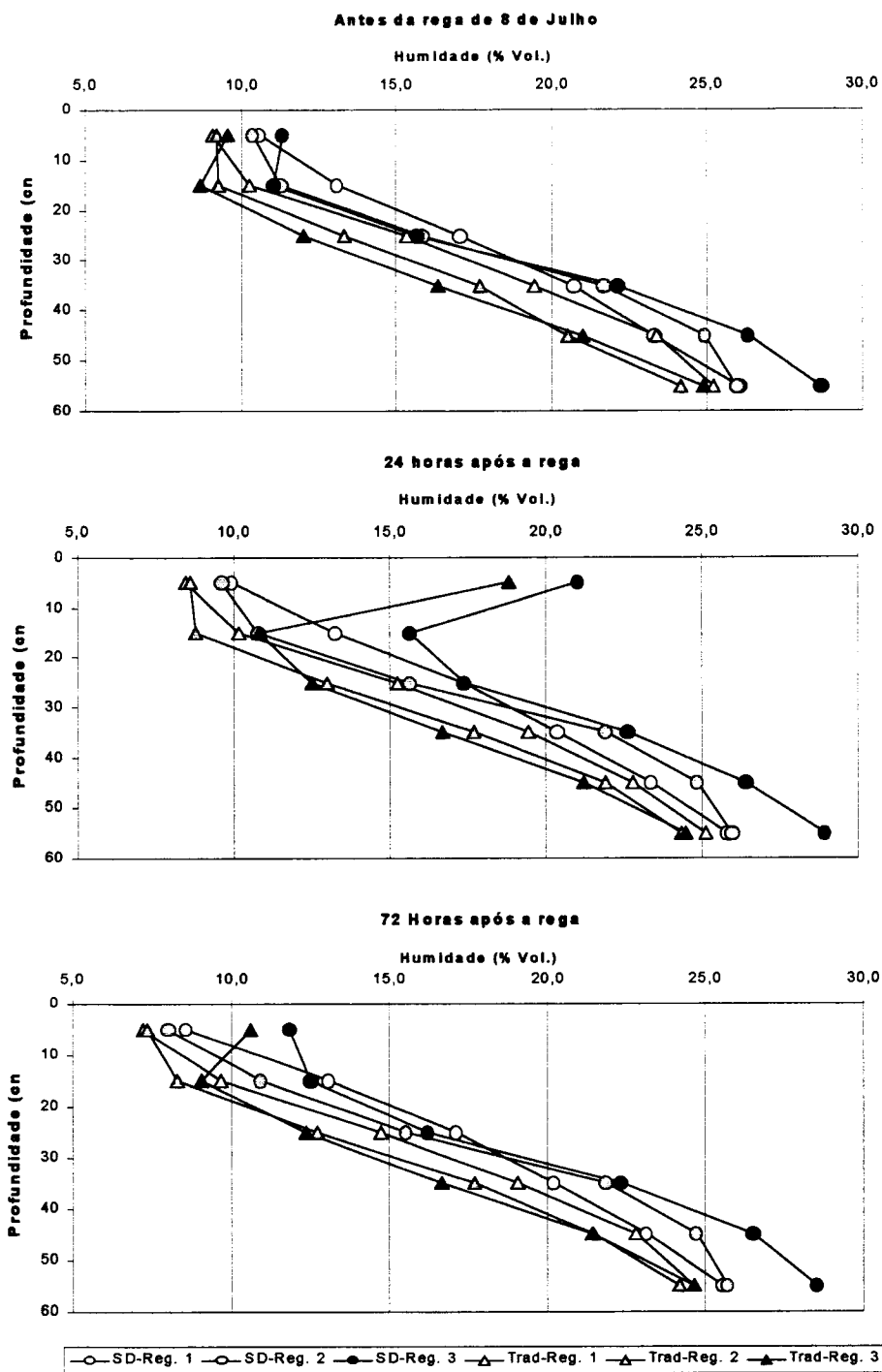


Figura 21 – Evolução dos perfis de humidade em seis profundidades ao longo de um ciclo de rega (25 mm no Regime 3) em plena fase de floração da cultura

Para estudar as variações de humidade ocorridas entre duas regas consecutivas, procedeu-se à determinação do teor de humidade quatro dias consecutivos. A humidade em volume obtida nos primeiros 10 cm, foi determinada a partir de amostras retiradas com anéis. É ainda de referir, que

apesar da rega ser realizada com um sistema de gota a gota, (após a observação de um perfil em cada modalidade de Mobilização 24 horas após a rega), não se observou a formação de um bolbo, o que não é de surpreender uma vez que os tubos se encontravam apenas a 37,5 cm de distância e o solo se apresentava bastante compacto. Normalmente a meio do tempo de rega a superfície já se encontrava quase totalmente humedecida.

Como se pode observar na Figura 21 e na Figura 22, apenas o Regime Hídrico 3 sofreu diferenças significativas antes e após a rega, pois foi o único Regime irrigado. No Regime Hídrico 1 e 2 não se verificaram diferenças sensíveis entre os tratamentos em 24 horas, verificando-se no entanto, que após 72 horas ocorreu uma redução de humidade à superfície nestes dois Regimes à volta de 2%, apesar de o teor de humidade já se encontrar abaixo do coeficiente de emurchecimento (ver Quadro 14), pelo que se pode concluir que a perda de água à superfície nesta fase e nestes Regimes ocorre apenas por evaporação.

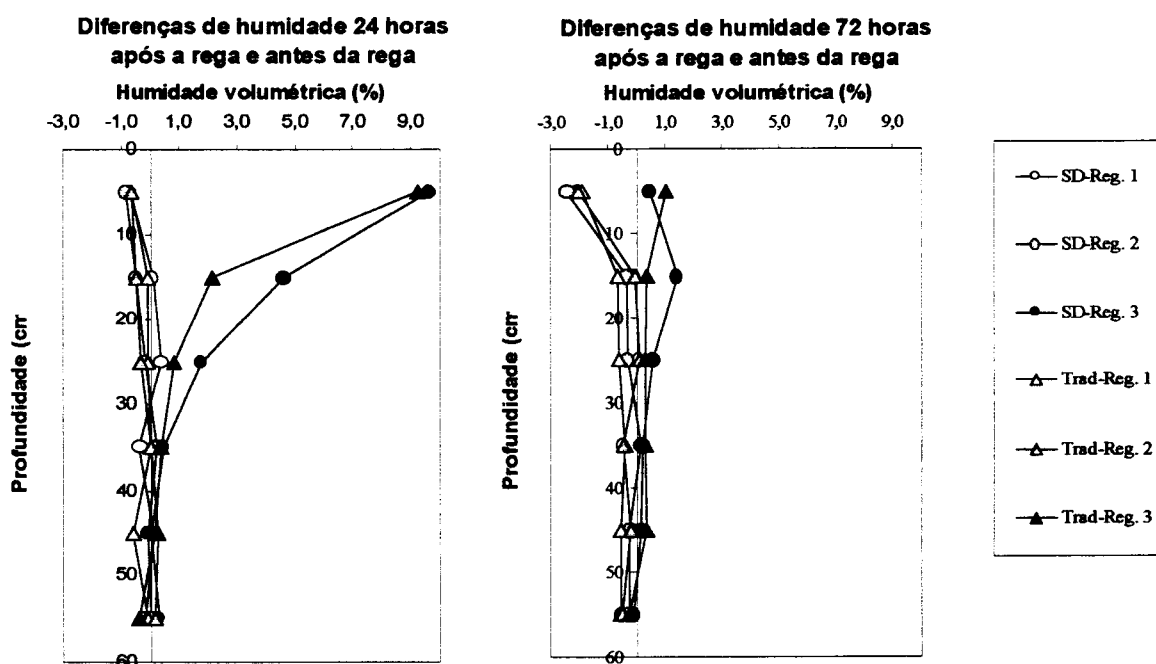


Figura 22 – Diferenças de humidade após e antes da rega

Pode ainda observar-se na Figura 22 que ao fim de 72 horas, há uma redução em todo o perfil nos Regimes 1 e 2, ainda que muito ligeira abaixo dos 15 cm e um ligeiro aumento no Regime 3.

Se nos centralizar-mos no Regime Hídrico 3, verificamos que 24 horas após a rega, só se registaram alterações evidentes no teor de humidade nos primeiros 20 cm e de uma forma menos pronunciada dos 20 aos 30 cm. Apesar da água recebida ser igual em ambos os Sistemas de Mobilização, na Sementeira Directa registou-se um acréscimo mais acentuado, entre os 10 e os 30

cm. Esta maior resposta da Sementeira Directa, pode ter origem no facto da Sementeira Directa, à partida apresentar um teor de humidade mais elevado e mais próximo da capacidade de campo, apresentando assim uma condutividade hidráulica superior, não só devido ao teor de humidade mas também à existência de bioporos que facilitam a infiltração, permitindo uma redistribuição mais rápida em profundidade e/ou apresentar uma menor extracção a esta profundidade devido a uma menor densidade radical.

4.1.1.2 - Consumo de água pela cultura e stress hídrico

Baseado no perfil de humidade, dotação, precipitação e evaporação, foi possível calcular o Consumo de Água e o Stress Hídrico da cultura para cada tratamento (Quadro 13, Figura 23 e Figura 24).

A rega nos Regimes 2 e 3 iniciou-se a 8 de Maio e terminou para o Regime 2 a 20 de Junho e para o Regime 3 a 4 de Agosto. O balanço do consumo de água e do stress hídrico, apenas foi avaliado a partir de 29 de Maio por não ter sido possível observar valores de humidade antes dessa data.

Quadro 13 - Consumo total de água pela cultura entre 29 de Maio e 22 de Agosto

Tratamento	Consumo (mm)
Sementeira Directa	214,9
Sistema Tradicional	217,9
Regime Hídrico 1	142,6 c
Regime Hídrico 2	188,0 b
Regime Hídrico 3	318,6 a
SD – Reg. Hid. 1	140,1
SD – Reg. Hid. 2	186,2
SD – Reg. Hid. 3	318,4
Trad – Reg. Hid. 1	145,1
Trad – Reg. Hid. 2	189,8
Trad – Reg. Hid. 3	318,9
Média	216,4
Coef. Variação	2,1%

Ambos os parâmetros mostram um grande efeito do Regime Hídrico, enquanto a Mobilização apresenta diferenças mais discretas e só em alguns períodos. Considerando o consumo de água no

período entre 29 de Maio e 22 de Agosto (Quadro 13) o efeito da Mobilização não revela diferenças significativas nem interage com os Regimes Hídricos. Neste período apenas os Regimes Hídricos proporcionam diferenças significativas no consumo.

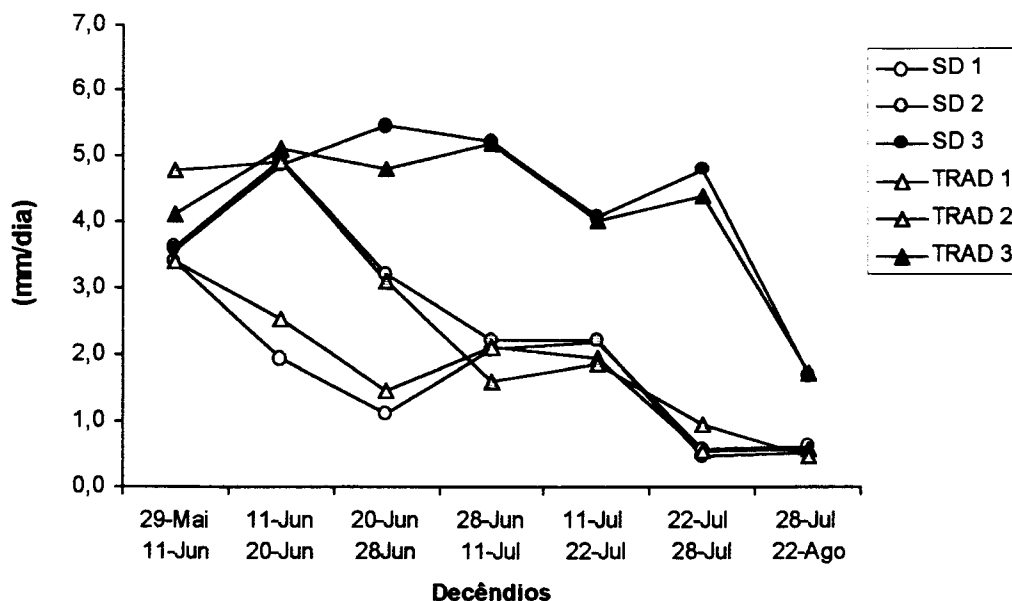


Figura 23 – Evolução do consumo diário de água da cultura sob diferentes Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos

Para se tentar descortinar diferenças de consumo no decorrer da cultura, deve observar-se a evolução do consumo diário de água na Figura 23. Devido à Primavera ter sido húmida, as primeiras leituras no final de Maio revelaram somente pequenas diferenças mesmo entre diferentes Regimes Hídricos, que aumentaram consideravelmente com o desenvolvimento da cultura e com as temperaturas altas no princípio do Verão. Após o final da rega no Regime Hídrico 2 (20 de Junho), o consumo de água e o Stress Hídrico atingiram rapidamente os níveis do Regime 1 (em 20 dias). A partir desta data, somente com a rega (Regime Hídrico 3), foi possível continuar a verificar altas taxas de consumo de água e um stress hídrico baixo (Figura 24).

Analisando os diferentes períodos, parece que a Sementeira Directa apresenta uma menor utilização da água antes da floração, o que pode indicar que o desenvolvimento radical foi de algum modo afectado em comparação com a Mobilização Tradicional. Pelo contrário, nos Regimes Hídricos 2 e 3, houve períodos com um consumo mais elevado de água e um reduzido stress hídrico sob condições de não Mobilização. Isto pode ser o resultado de um melhor desenvolvimento radical e / ou de haver mais água disponível no solo.

Observando com mais pormenor, verifica-se que o Sistema Tradicional Regime Hídrico 1 apresenta um maior consumo durante toda a fase de crescimento vegetativo da cultura, mas na fase de floração (decêndio de 28 de Junho a 11 de Julho), regista um valor de consumo idêntico e no decêndio seguinte, já no início da fase de enchimento do grão, a Sementeira Directa apresenta um consumo ligeiramente superior.

A Sementeira Directa, apresenta um maior consumo nos decêndios de 28 de Junho a 22 de Julho no Regime Hídrico 2 e no Regime Hídrico 3, nos decêndios de 20 a 28 de Junho e de 22 a 28 de Julho.

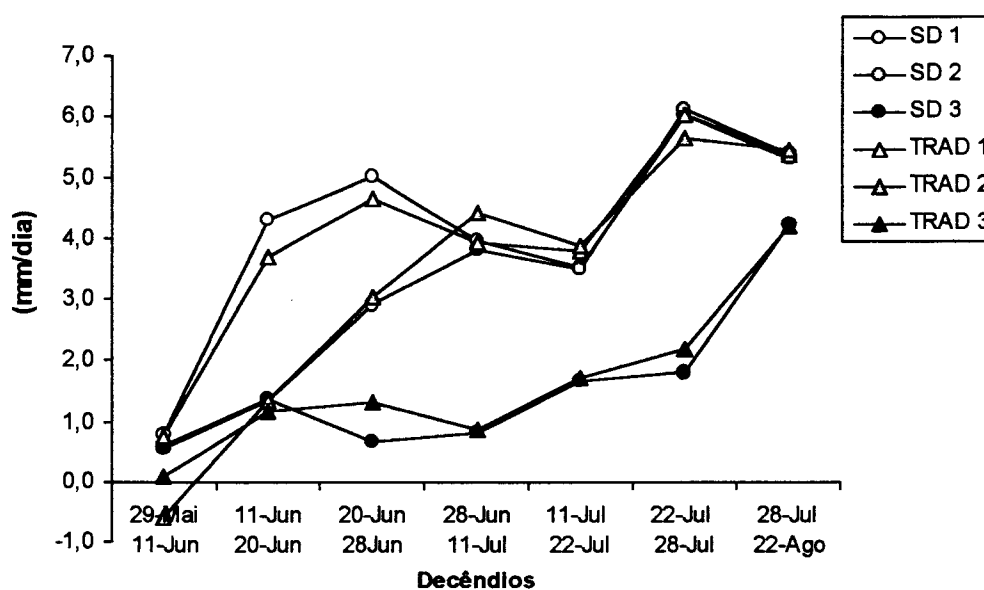


Figura 24 - Evolução do stress hídrico diário da cultura sob diferentes Sistemas de Mobilização do solo e Regimes Hídricos

O cálculo do Stress Hídrico apresentado na Figura 24, foi baseado num coeficiente cultural igual a 1, independentemente da fase de desenvolvimento da cultura. Assim, acaba por se tratar de um Stress Hídrico relativo, que não entra em conta por exemplo com as diferenças de área foliar verificadas entre as várias modalidades e as consequentes diferenças de coeficiente cultural.

A evolução do stress hídrico apresentado na Figura 24, acaba por ser em termos de diferenças observadas o inverso da evolução do consumo de água. Destaca-se, no entanto o primeiro decêndio (28 de Maio a 11 de Junho) com um baixo stress hídrico em todas as modalidades, devido à elevada precipitação ocorrida na fase inicial da cultura.

4.1.2 - DENSIDADE APARENTE, pF, POROSIDADE E RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

O crescimento radical do girassol é muito sensível à compactação do solo (MISRA et. al. 1986; ARNAU, 1988), pelo que a densidade aparente, a porosidade e a resistência à penetração foram determinados antes da emergência da cultura.

A densidade aparente ainda antes da emergência atingiu valores relativamente elevados para o Sistema Tradicional. Este facto poderá estar relacionado com uma rolagem efectuada logo após a sementeira para aumentar a taxa de emergência, pois, na altura o teor de humidade no solo era baixo. Mas logo no dia seguinte à rolagem ocorreu uma trovoadas com 15 mm de precipitação. Assim, a trovoadas juntamente com a rolagem, as gradagens, a sementeira e os próprios rodados do tractor associados a todas estas operações, causaram uma acentuada recompactação. Segundo CARVALHO (1993) no Sistema Tradicional 99% da área descompactada é calcada com o rodado do tractor após a operação de descompactação (lavoura) na cultura do girassol.

Mesmo assim, pode confirmar-se (Quadro 14), que a não Mobilização leva a um aumento da densidade aparente, apesar das diferenças neste caso não se terem revelado significativas do ponto de vista estatístico. Na Sementeira Directa, observou-se uma densidade aparente constante em profundidade, pelo contrário no Sistema Tradicional registou-se um aumento com a profundidade. Desta forma as diferenças entre tratamentos de Mobilização atenuaram-se em profundidade, ficando muito próximas entre os 20 e os 30 cm.

MARQUES (1998) num solo junto ao actual ensaio e também antes da emergência, registou valores de densidade aparente no Sistema Tradicional de 1,56 contra 1,6 na Sementeira Directa. Este valor mais baixo na modalidade sem Mobilização em comparação com o presente ensaio, pode estar relacionado com o facto da Sementeira Directa estar estabelecida há menos um ano que no actual ensaio. PELEGRINI *et al.* (1990), também num solo argiluvado (nos primeiros 20 cm), obteve valores de densidade aparente na Sementeira Directa idênticos (1,64), enquanto no Tradicional observou valores médios substancialmente mais baixos (menos 0,3).

O elevado valor de densidade aparente no Sistema com Mobilização, é reflexo de um solo mal estruturado, que quando Mobilizado é facilmente recompactado.

No Quadro 14, apresentam-se vários valores de pF, a que corresponde o diâmetro do maior poro capaz de reter água.

No Quadro 15, podemos verificar que as Mobilizações não causaram variações significativas de porosidade total. Observa-se, no entanto, uma tendência para o aumento do volume da porosidade com um diâmetro de poro inferior a 50 μm na Sementeira Directa e acima deste tamanho de poro valores mais elevados no Sistemas de Mobilização Tradicional. Também é de realçar o facto do tratamento de Sementeira Directa apresentar um valor a pF 4,2 superior à Mobilização Tradicional (em 2,2% apesar de não significativo), sabendo que este parâmetro depende essencialmente da textura (HILLEL, 1980). Como as amostras foram retiradas próximas umas das outras (num pequeno perfil por tratamento de Mobilização) e dada a heterogeneidade do solo, é possível que as diferenças tenham origem em pequenas oscilações na textura das zonas amostradas, pois dificilmente estas diferenças se poderão explicar pela acção das Mobilizações.

Quadro 14- Valores de pF com o respectivo diâmetro do poro abaixo do qual está preenchido com água e a densidade aparente em três profundidades sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa

Tratamento	Profundid. (cm)	pF 0 (Porosid. Total) (%)	PF 1 (Poro $\leq 300 \mu\text{m}$) (%)	pF 1,8 (Poro $\leq 50 \mu\text{m}$) (%)	pF 2,54 (Poro $\leq 8 \mu\text{m}$) (%)	pF 4,2 (Poro $\leq 0,2 \mu\text{m}$) (%)	Dap
SD	0 - 30	35,9	34,3	29,3	23,0	17,6	1,74
Trad	0 - 30	37,4	35,4	27,9	21,3	15,4	1,62
Profund.	0 - 10	38,1	36,2	28,6	21,2 b •	16,0	1,64
Profund.	10 - 20	36,6	35,0	28,8	22,4 a	16,5	1,69
Profund.	20 - 30	35,3	33,3	28,5	22,7 a	17,1	1,72
SD	0 - 10	35,8	34,3	29,1	22,7	17,3	1,73
SD	10 - 20	36,3	35,0	29,5	22,9	17,6	1,73
SD	20 - 30	35,6	33,5	29,3	23,2	17,8	1,75
Trad	0 - 10	40,5	38,1	28,1	19,7	14,7	1,54
Trad	10 - 20	36,8	34,9	28,1	21,9	15,3	1,63
Trad	20 - 30	34,9	33,1	27,7	22,2	16,3	1,68
Média		36,7	34,8	28,6	22,1	16,5	1,67
Coef. Variação		5,8%	6,6%	2,9	4,6%	7,0%	28,8%

• significativo $P < 10\%$

A fim de facilitar a interpretação dos valores do Quadro 14, são apresentados também (Quadro 15) o volume de poros entre os vários valores de pF.

Quadro 15- Percentagem do volume de porosidade compreendida entre diferentes diâmetros de poro e os respectivos valores de PF em três profundidades sob Sistema Tradicional e Sementeira Directa

PF	Entre:	0 - 1,0	0-1,8	0-2,54	1,8-2,54	1,8-4,2	2,54-4,2
Poros. (µm)	Entre:	> 300	> 50	> 8	8 - 50	0,2 - 50	0,2 - 8
Tratam.	Prof.(cm)						
SD	0 - 30	1,6	6,6	12,9 b •	6,4	11,6	5,1
Trad	0 - 30	2,0	9,4	16,1 a	6,6	12,5	5,9
Profund.	0 - 10	1,9	9,5 a •	16,9 a	7,4 a •	12,4	4,7 b •
Profund.	10 - 20	1,6	7,8 ab	14,1 ab	6,4 a	12,3	6,0 ab
Profund.	20 - 30	2,0	6,7 b	12,5 b	5,8 b	11,5	5,7 a
SD	0 - 10	1,4	6,7 b •	13,1 b •	6,4 b •	11,3	4,4
SD	10 - 20	1,3	6,8 b	13,4 b	6,6 b	11,9	5,3
SD	20 - 30	2,1	6,2 b	12,6 b	6,1 b	11,6	5,4
Trad	0 - 10	2,4	12,4 a	20,8 a	8,4 a	13,4	5,0
Trad	10 - 20	1,9	8,7 b	14,9 b	6,1 b	12,7	6,6
Trad	20 - 30	1,8	7,2 b	12,7 b	5,4 b	11,4	6,0
Média		1,8	8,0	14,5	6,5	12,1	5,5
Coef. Variação		43,0%	21,4%	17,7%	14,9%	9,2%	3,1%

• significativo $P < 10\%$

No Quadro 15, apenas se verificam diferenças significativas ($P < 5\%$) em profundidade para a porosidade compreendida entre 8 e 50 µm. Considerando a significância de 10%, confirma-se que o Sistema Tradicional, apresenta um volume superior de porosidade em poros com um diâmetro superior a 8 µm. e ao observar a interacção com a profundidade, verifica-se que o valor significativamente mais elevado do Sistema Tradicional provem dos primeiros 10 cm.

Em termos de profundidade, verifica-se também que a microporosidade (0,2 - 8 µm) aumenta significativamente com a profundidade, enquanto a macroporosidade varia em ordem inversa.

Observando a porosidade responsável pela água disponível para as plantas 0,2 - 8 µm e 0,2 a 50 µm, não se registam diferenças significativas entre Sistemas de Mobilização nem na interacção Sistemas de Mobilização x Profundidade, como seria de esperar. No entanto, o valor médio da porosidade compreendida entre 0,2 e 8 µm é muito baixa, comparando com os dados publicados por CARDOSO (1965) para este tipo de solo.

Resultados, obtidos por MARQUES (1998), um ano antes deste ensaio, também só revelaram diferenças significativas ($P < 5\%$) em profundidade. Os valores médios a pF 4,2 ($< 0,2$ µm) foram muito próximos (15,8% para a Sementeira Directa e 15,7% para o Tradicional). UNGER e FULTON (1990) num solo bem estruturado (Mólico), observaram nos primeiros 10 cm uma

porosidade total superior na Sementeira Directa 46% contra 43% no Tradicional e abaixo da camada Mobilizada, não verificaram diferenças significativas de porosidade total entre ambos os Sistemas de Mobilização.

Na Figura 25, pretende-se comparar a evolução do perfil de resistência à penetração entre duas datas e relacionar o perfil de resistência à penetração a 28 de Junho com o perfil de humidade na mesma data. Como complemento da observação dos gráficos apresentados, é de esclarecer que antes da emergência não se procedeu a qualquer dotação, pelo que os únicos tratamentos efectivos, foram os Sistemas de Mobilização. A 28 de Julho apenas se observou o Regime Hídrico 3 pelo facto dos outros Regimes apresentarem resistências à penetração muito elevadas logo à superfície, impossibilitando a utilização do penetrómetro nos Regimes 1 e 2.

Partindo do pressuposto de que o teor de humidade antes da emergência era igual em ambos os Sistemas de Mobilização, as diferenças explicam-se pelo efeito das Mobilizações sobre o solo. Assim, antes da emergência observa-se uma resistência à penetração no Sistema Tradicional inferior à Sementeira Directa nos primeiros 30 cm, que vai aumentando com a profundidade, enquanto na Sementeira Directa, se registaram valores muito elevados desde a superfície, valores esses que não aumentaram nos primeiros 30 cm. Este facto parece estar relacionado com a densidade aparente que também registou valores idênticos em profundidade na Sementeira Directa, ao contrário do Sistema Tradicional que apresentou valores crescentes de densidade aparente. Abaixo da camada mobilizada, a partir dos 30 cm, a resistência é idêntica entre Sistemas de Mobilização.

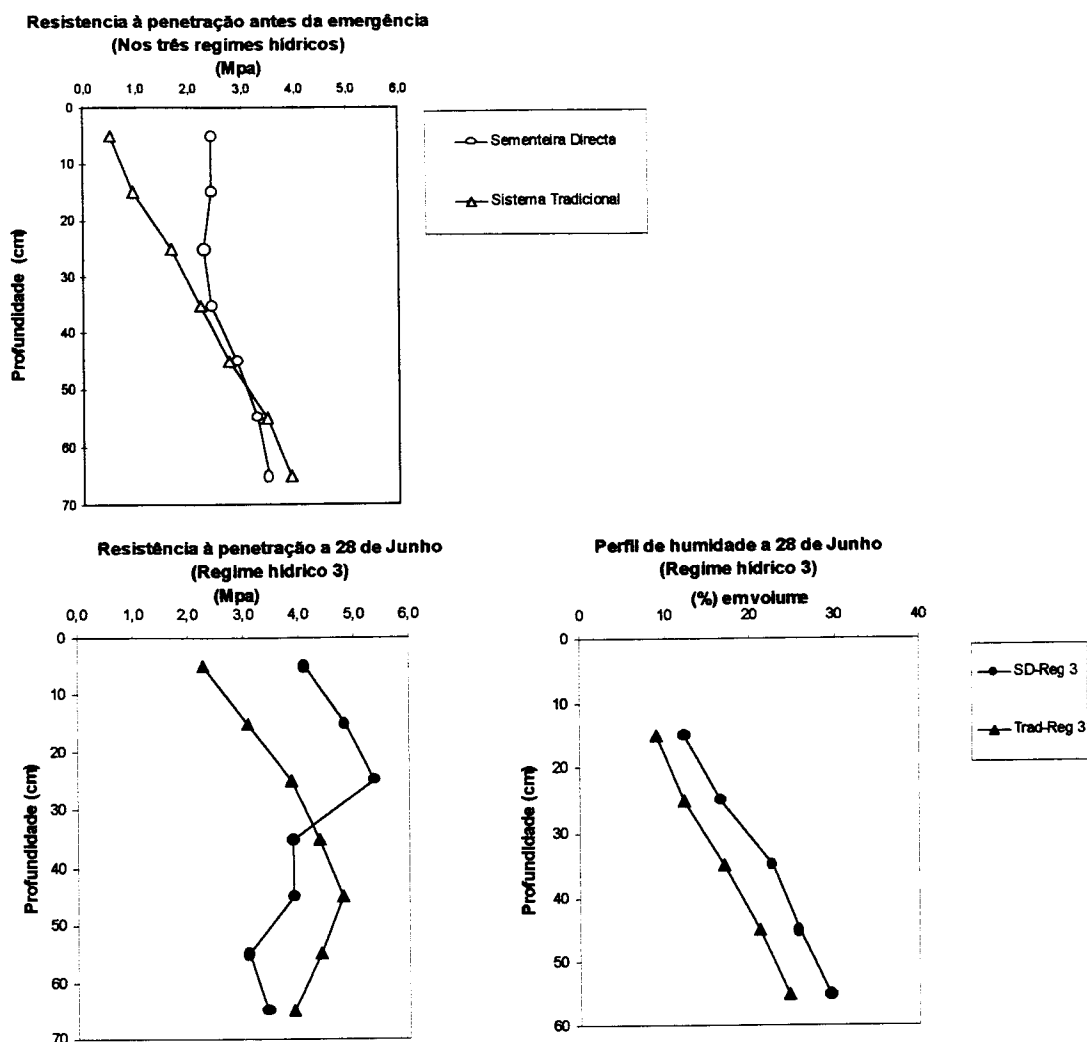


Figura 25 - Perfil de resistência à penetração sob o Sistema Tradicional e a Sementeira Directa antes da emergência e próximo da floração a 28 de Junho apenas para o Regime Hídrico 3, acompanhado do respectivo perfil de humidade.

A 28 de Junho, ambos os Sistemas de Mobilização evidenciaram valores de resistência à penetração muito elevados em relação à observação anterior. Apesar de se ter verificado nesta data um aumento constante de humidade com a profundidade, registou-se também um aumento na resistência à penetração em ambos os Sistema de Mobilização até à profundidade de 30 cm, com a Sementeira Directa a apresentar valores nitidamente maiores, só explicáveis pela compactação provocada pela rega e/ou teor de humidade inferior. Enquanto a resistência à penetração continua a aumentar até aos 50 cm de profundidade na Mobilização Tradicional, nota-se uma redução abrupta na camada de 30 a 40 cm na Sementeira Directa, mantendo-se mais ou menos constante abaixo desta.

PELEGRIN *et al.* (1990), registaram valores de resistência à penetração antes da emergência do girassol inferiores aos observados neste trabalho, em ambos os Sistemas de Mobilização. Entre sistemas de mobilização, verificaram sempre maiores resistências à penetração na Sementeira Directa, apesar da diferença se atenuar abaixo da camada mobilizada. Os autores explicam o valor mais elevado abaixo dos 25 cm na Sementeira Directa com o facto dos solos não mobilizados apresentarem um teor de humidade mais baixo a esta profundidade, devido a uma menor taxa de infiltração. Os mesmos autores e na mesma data, mas num ensaio de trigo na fase de maior desenvolvimento, (inserido na mesma rotação que o girassol), registaram na Sementeira Directa valores de resistência à penetração mais elevados que no Sistema Tradicional nos primeiros 25 cm e encontraram valores mais baixos na zona abaixo dos 25 cm quando teoricamente esses valores seriam iguais nos dois sistemas, atribuindo essa diferença à maior extracção de água em profundidade no sistema tradicional, tal como sucedeu nas primeiras fases do presente ensaio.

4.1.3 - PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO

Os parâmetros químicos apresentados no Quadro 16, não revelaram diferenças significativas entre sistemas de mobilização.

Quadro 16- Dados químicos do solo antes da sementeira

Tratamento	Profundid. (cm)	Nitratos - N ($\mu\text{g} / \text{g}$ solo)	P_2O_5 ($\mu\text{g} / \text{g}$ solo)	K_2O ($\mu\text{g} / \text{g}$ solo)	pH (em água)	pH (em CaCl_2)	Mat. Org. (%)
SD	0 - 30	5,2	19,1	70,9	6,52	5,23	1,02
Trad	0 - 30	5,8	19,3	74,9	6,53	5,18	1,02
Profund.	0 - 10	5,3	23,0 a •	83,7 a	6,55	5,20	1,03 a
Profund.	10 - 20	6,0	18,0 b	70,7 b	6,55	5,20	1,05 a
Profund.	20 - 30	5,1	16,7 b	64,3 b	6,48	5,22	0,98 b
SD	0 - 10	4,6	26,7 a •	94,7 a	6,50	5,23	1,10 a
SD	10 - 20	5,3	14,7 b	66,0 bc	6,67	5,23	1,00 b
SD	20 - 30	5,6	16,0 b	52,0 c	6,50	5,23	0,97 b
Trad	0 - 10	6,1	19,3 b	72,7 b	6,60	5,17	0,97 b
Trad	10 - 20	6,7	21,3 ab	75,3 b	6,53	5,17	1,10 a
Trad	20 - 30	4,5	17,3 b	76,7 b	6,47	5,20	1,00 b
Média		5,5	19,2	72,9	6,53	5,21	1,02
Coef. Variação		23,0%	24,0%	11,0%	1,37%	0,45%	3,26%

• significativo $P < 10\%$

Apenas o fósforo, o potássio e a matéria orgânica, revelaram tendência para estratificar na modalidade sem mobilização, resultando em diferenças significativas entre profundidades e na interacção Sistemas de Mobilização x Profundidade.

O processo de estratificação, parece estar ainda muito no início, pois no momento em que as amostras foram retiradas, ainda só tinham decorrido 2 anos sem o reviramento do solo e com a aplicação dos fertilizantes à superfície.

Apesar da Sementeira Directa estar implantada à apenas 2 anos, foi verificado nesta modalidade, apenas um acréscimo de 0,1% de matéria orgânica nos primeiros 10 cm em relação à camada 10 - 30 cm. Este aspecto, deve-se a uma reduzida quantidade de resíduos que ficam sobre o solo, pois a palha de cereal é enfardada e o restolho é pastoreado.

MACKAY (1987), ao fim de 9 anos num solo Mólico, verificou um redução de 0,7 no pH em água na Sementeira Directa , uma concentração de fósforo 7 vezes superior nos primeiros 7,5 cm em relação à camada 7,5 - 27,5 cm, e em termos de potássio de 3 vezes mais. No Sistema de Mobilização com Lavoura estes parâmetros encontravam-se uniformemente distribuídos.

O processo de estratificação do fósforo tende a estabilizar ao fim de 5 ou 6 anos (SHEAR e MASCHLER, 1996) citado por MACKAY *et al.* (1987); GORBACHEVA e USATENKO (1989). O potássio, sendo um elemento mais móvel deve estabilizar mais rapidamente.

4.2 - PARÂMETROS AO NÍVEL RADICAL

4.2.1 - MÉTODO DA SONDA

As amostras foram recolhidas 10 dias antes do início da floração e apenas nos Regimes Hídricos 1 e 3, pois até a este momento os Regimes Hídricos 2 e 3 não se diferenciavam.

A densidade radical, o diâmetro médio da raiz e a matéria seca da raiz por volume de solo, são apresentados no Quadro 17.

Considerando o parâmetro com maior relevo na absorção de água e nutrientes, a densidade radical, verificam-se diferenças significativas entre Sistemas de Mobilização, entre profundidades e entre Regimes Hídricos. A densidade radical é mais elevada no Sistema Tradicional que na Sementeira Directa e é mais elevada no Regime Hídrico 3 que no Regime Hídrico 1 e decresce exponencialmente com a profundidade.

Verifica-se também uma interacção significativa Sistema de Mobilização x Profundidade e Regime Hídrico x Profundidade. Da primeira interacção referida destacam-se valores de densidade radical superiores no Tradicional à profundidade 2 e 3 e em relação à Sementeira Directa para as mesmas profundidades. Na interacção Regime Hídrico x Profundidade, apenas se destacam os valores de densidade radical mais elevados no Regime 3 profundidade 1, seguidos do Regime 1 Profundidade 1. A partir dos 10 cm não se verificam diferenças entre Regimes Hídricos.

Ainda em termos de densidade radical, não se verificaram diferenças significativas entre as amostras tiradas na Linha e na Entrelinha, nem da interacção deste parâmetro com a profundidade, pelo que se pode concluir que houve uma ocupação homogénea do espaço. Também não se evidenciou uma interacção significativa entre Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos, pois ambos os Sistemas, responderam favoravelmente à rega.

Quadro 17 - Densidade radical, diâmetro médio da raiz e matéria seca por volume de solo, obtidos pelo método da sonda antes da fase de floração a 23 de Junho

Tratamento	Densidade Radical (cm/cm ³)	Diâmetro Médio (mm)	Matéria Seca (g/ m ³)
Sementeira Directa	1,78 b	0,261	189,1
Sistema Tradicional	2,27 a	0,20	214,8
Regime Hídrico 1	1,77 b	0,266	186,0
Regime Hídrico 3	2,28 a	0,255	217,9
SD x Reg. Híd. 1	1,45	0,267	166,0
SD x Reg. Híd. 3	2,07	0,255	212,3
Trad. x Reg. Híd. 1	2,05	0,264	206,0
Trad. x Reg. Híd. 3	2,49	0,256	223,6
Linha	2,00	0,276 a	298,8 a
Entrelinha	2,06	0,245 b	105,0 b
Prof. 1 (0-10cm)	5,36 a	0,304 a	746,0 a
Prof. 2 (10-20cm)	1,79 b	0,254 b	99,3 b
Prof. 3 (20-30cm)	1,26 c	0,257 b	71,2 b
Prof. 4 (30-40cm)	0,87 d	0,255 b	51,1 b
Prof. 5 (40-50cm)	0,85 d	0,233 c	42,1 b
SD x Prof. 1	5,29 a	0,300 a	735,1
SD x Prof. 2	1,10 d	0,262 bc	68,4
SD x Prof. 3	0,93 d	0,265 b	57,6
SD x Prof. 4	0,83 d	0,248 cd	46,5
SD x Prof. 5	0,77 d	0,231 e	38,1
Trad. x Prof. 1	5,43 a	0,309 a	756,8
Trad. x Prof. 2	2,48 b	0,245 de	130,3
Trad. x Prof. 3	1,60 c	0,249 bcd	84,8
Trad. x Prof. 4	0,91 d	0,262 bc	55,8
Trad. x Prof. 5	0,93 d	0,235 de	46,2
Reg. Híd. 1 x Prof. 1	4,38 b	0,302	670,9 b
Reg. Híd. 1 x Prof. 2	1,66 c	0,262	97,8 c
Reg. Híd. 1 x Prof. 3	1,08 de	0,267	65,4 c
Reg. Híd. 1 x Prof. 4	0,87 e	0,261	52,1 c
Reg. Híd. 1 x Prof. 5	0,88 e	0,238	43,5 c
Reg. Híd. 3 x Prof. 1	6,34 a	0,307	821,0 a
Reg. Híd. 3 x Prof. 2	1,92 c	0,245	100,8 c
Reg. Híd. 3 x Prof. 3	1,44 cd	0,247	77,1 c
Reg. Híd. 3 x Prof. 4	0,88 e	0,249	50,1 c
Reg. Híd. 3 x Prof. 5	0,83 e	0,229	40,7 c
Linha x Prof. 1	5,16	0,364 a	1213,8 a
Linha x Prof. 2	1,87	0,261 b	110,6 c
Linha x Prof. 3	1,21	0,260 b	70,4 c
Linha x Prof. 4	0,91	0,260 b	56,0 c
Linha x Prof. 5	0,83	0,237 cd	43,5 c
Entrelinha x Prof. 1	5,56	0,245 bcd	278,1 b
Entrelinha x Prof. 2	1,71	0,346 bc	88,0 c
Entrelinha x Prof. 3	1,32	0,254 b	72,0 c
Entrelinha x Prof. 4	0,83	0,250 bc	46,2 c
Entrelinha x Prof. 5	0,87	0,229 d	40,8 c
Média	2,03	0,261	201,9
Coef. Variação	29,6%	6,95%	49,3%

As interações que não apresentaram diferenças significativas em nenhum dos três parâmetros não são apresentadas neste quadro.

Quanto ao diâmetro médio e à matéria seca da raiz, foi verificada uma diferença significativa entre as amostras retiradas sobre a Linha e na Entrelinha da cultura. Estas diferenças devem-se ao facto de sobre a Linha ter sido retirado uma grande quantidade de raízes secundárias bastante grossas como se pode observar na Fotografia 7. Quanto aos Sistemas de Mobilização, é de salientar um maior diâmetro da raiz na Sementeira Directa (apesar de não diferir estatisticamente), que possivelmente é o reflexo de uma maior resistência à penetração.

Neste parâmetro (diâmetro), há interacção entre o Sistema de Mobilização e a profundidade, sendo de destacar que se excluir a profundidade 1, a Sementeira Directa apresenta os maiores diâmetros logo nas profundidades 2 e 3 e o Sistema Tradicional apresenta os maiores diâmetros na profundidade 4. Em ambos os Sistemas de Mobilização, estes maiores diâmetros ocorreram às profundidades em que se observou uma redução mais acentuada da densidade radical.

Na sequência da análise da densidade radical, no Quadro 17, apresenta-se ainda a Figura 26. No gráfico a, realça-se o facto das diferenças entre as modalidades de Mobilização se limitarem às profundidades de 10 a 30 cm. Quanto ao Regime Hídrico (gráfico b), destaca-se o facto da rega aumentar significativamente a densidade radical nos primeiros 10 cm, o que pode ser um indicador de que as dotações aplicadas não humedeceram significativamente o solo em profundidade. Apesar da interacção Mobilização x Regime Hídrico x Profundidade, apresentada no gráfico c, não ser estatisticamente significativa, destaca-se a resposta mais acentuada da Sementeira Directa à rega nos primeiros 10 cm e a não afectação em profundidade (abaixo dos 30 cm) quer dos Sistemas de Mobilização quer dos Regimes Hídricos.

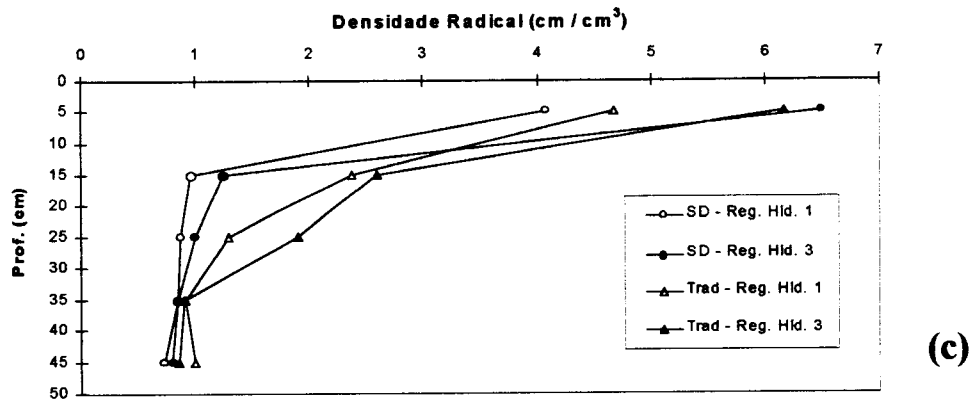
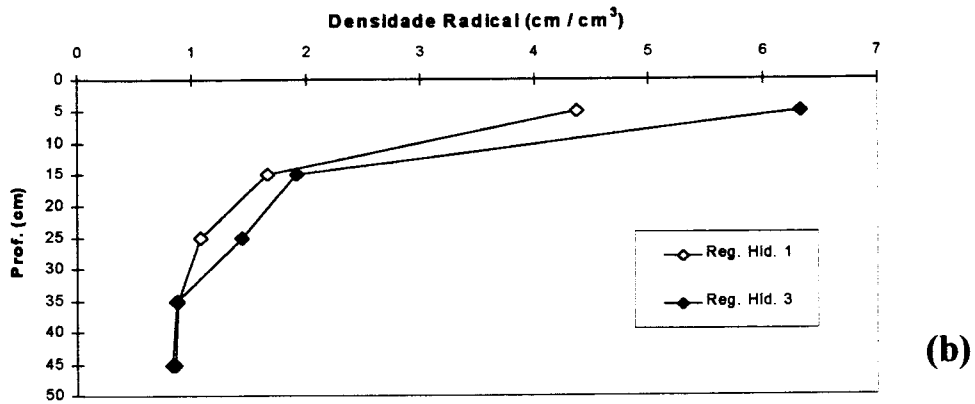
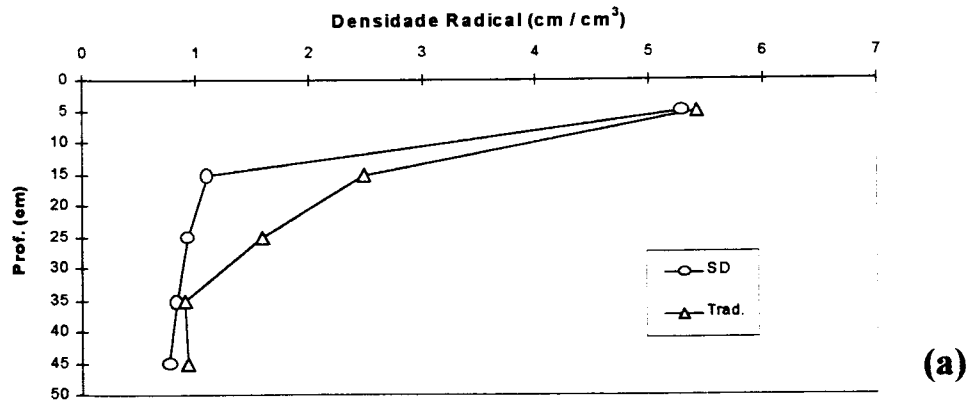


Figura 26 - Densidade radical obtida pelo método da sonda antes da fase de floração a 23 de Junho. Interação do Sistema de Mobilização com a profundidade (gráfico a), interação do Regime Hídrico com a profundidade (gráfico b) e interação do Sistema de Mobilização e Regime Hídrico com a profundidade (gráfico c)

4.2.2 - MÉTODO DO PERFIL

Com o método do perfil, apenas se quantificou a densidade radical (Quadro 18) e a sua distribuição espacial (Figura 28 e Figura 29).

Numa análise de variância preliminar, incluiu-se o factor Linha e Entrelinha. Mas como este factor não se revelou significativo, não foi considerado na análise apresentada no Quadro 18.

Quadro 18 - Densidade radical, obtida pelo método do perfil após a fase de floração (23 de Julho Bloco 1 e a 27 de Julho Bloco 2)

Tratamento	Densidade radical (cm/cm ³)
Sementeira Directa	11,46
Sistema Tradicional	13,67
Regime Hídrico 1	10,31 b
Regime Hídrico 2	12,96 a
Regime Hídrico 3	14,42 a
SD x Reg. Híd. 1	8,92
SD x Reg. Híd. 2	12,13
SD x Reg. Híd. 3	13,33
Trad. x Reg. Híd. 1	11,71
Trad. x Reg. Híd. 2	13,79
Trad. x Reg. Híd. 3	15,51
Prof. 1 (0-10cm)	22,45 a
Prof. 2 (10-20cm)	13,18 b
Prof. 3 (20-30cm)	9,16 c
Prof. 4 (30-40cm)	5,47 d
SD x Prof. 1	23,08 a
SD x Prof. 2	10,92 c
SD x Prof. 3	7,44 d
SD x Prof. 4	4,39 e
Trad. x Prof. 1	21,82 a
Trad. x Prof. 2	15,44 b
Trad. x Prof. 3	10,88 c
Trad. x Prof. 4	6,54 de
Reg. Híd. 1 x Prof. 1	19,38
Reg. Híd. 1 x Prof. 2	11,16
Reg. Híd. 1 x Prof. 3	6,46
Reg. Híd. 1 x Prof. 4	4,25
Reg. Híd. 2 x Prof. 1	22,84
Reg. Híd. 2 x Prof. 2	12,81
Reg. Híd. 2 x Prof. 3	9,73
Reg. Híd. 2 x Prof. 4	6,45
Reg. Híd. 3 x Prof. 1	25,13
Reg. Híd. 3 x Prof. 2	15,56
Reg. Híd. 3 x Prof. 3	11,29
Reg. Híd. 3 x Prof. 4	5,70
Média	12,6
Coef. Variação	23,4%

A interacção tripla (Sistema de Mobilização x Regime Hídrico x Profundidade) não foi significativa

Não se verificaram diferenças significativas entre Sistemas de Mobilização nem na interacção Regime Hídrico x Profundidade ao contrário do que se tinha verificado antes da floração. Este facto pode estar relacionado com a observação de apenas duas das três repetições do ensaio.

O Regime Hídrico 1, apresenta uma densidade radical inferior ao Regime 2 e 3. Da interacção Sistema de Mobilização x Profundidade, voltam a verificar-se diferenças entre as modalidades de Mobilização apenas nas profundidades 2 e 3.

Observando a Figura 27 (interacção do Regime Hídrico com a profundidade, gráfico b), destaca-se apesar da interacção apresentada não se revelar significativa, uma densidade radical mais elevada no Regime Hídrico 3 até aos 30 cm. Nesta mesma interacção, também se verifica que o Regime 2 apresenta valores intermédios, entre os outros dois regimes, nas três primeiras profundidades. No gráfico seguinte (interacção do Sistema de Mobilização e Regime Hídrico com a profundidade, gráfico c), evidencia-se nos Regimes Hídricos 2 e 3 uma densidade radical mais elevada nos primeiros 10 cm na Sementeira Directa e também uma redução mais acentuada em relação ao Sistema Tradicional na passagem dos 0 - 10 para os 10 - 20 cm. Aos 40 cm mesmo tendo presente o facto dos valores não diferirem estatisticamente, nota-se na Sementeira Directa um valor superior no Regime 2 em relação ao 1 e 3. Este aspecto, pode estar relacionado com uma maior necessidade da cultura (derivado do corte da rega) procurar água em profundidade em relação ao Regime 3 uma vez que o corte da rega ocorreu em plena fase de crescimento vegetativo, permitindo ainda a formação de novas raízes.

Na Figura 28 e Figura 29, pode observar-se a distribuição radical em 12 perfis nos Blocos 1 e 2 e a posição das plantas. Esta observação, vem confirmar os dados acima discutidos e também, tal como tinha acontecido antes da emergência, a ocupação homogénea do espaço e uma redução acentuada da densidade radical em profundidade. Esta acentuada redução, é mais evidente na Sementeira Directa, Regime Hídrico 1.

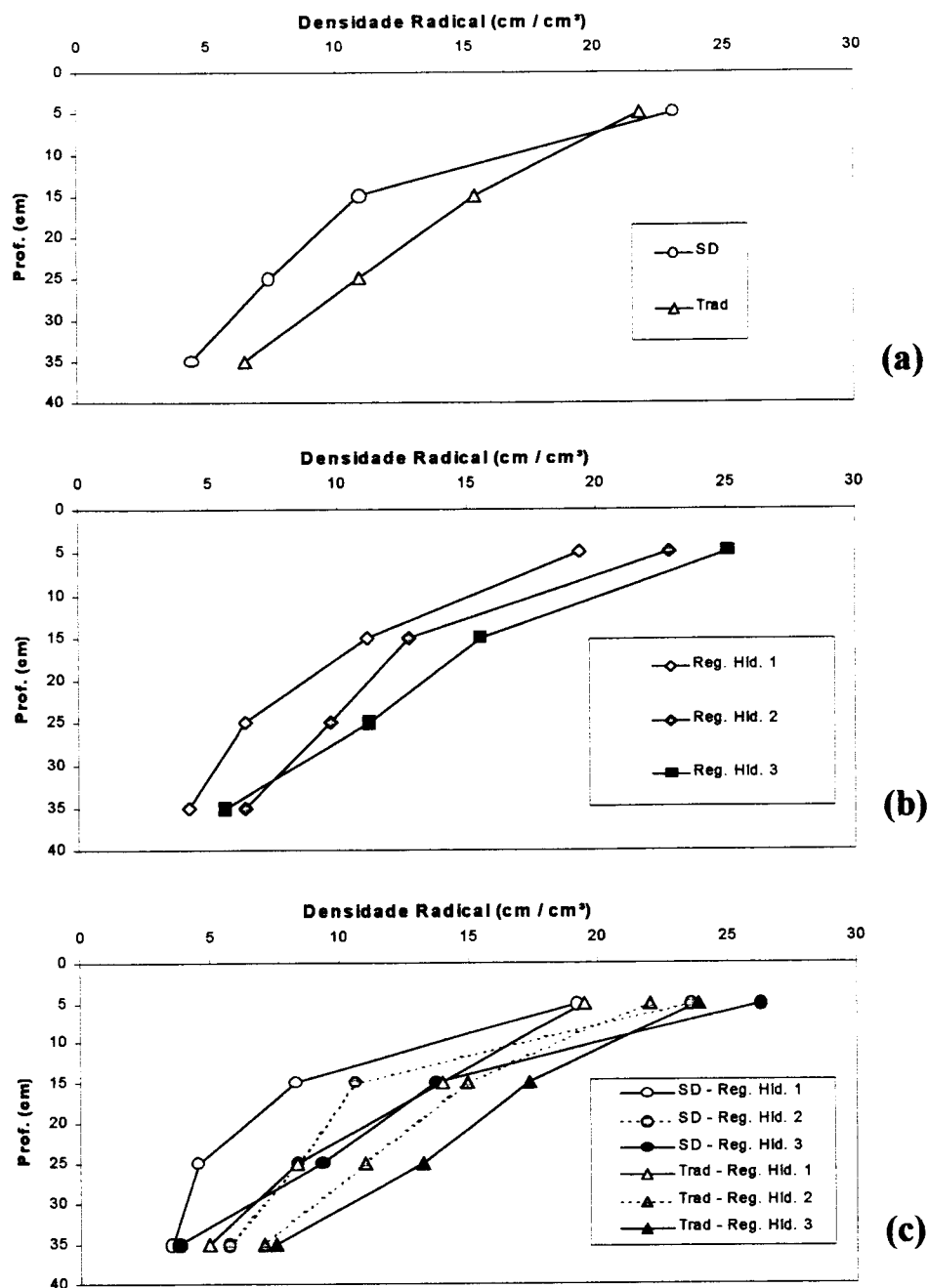


Figura 27 - Densidade radical obtidas pelo método do perfil após a fase de floração a 23 de Julho. Interação do Sistema de Mobilização com a profundidade (gráfico a), interação do Regime Hídrico com a profundidade (gráfico b) e interação do Sistema de Mobilização e Regime Hídrico com a profundidade (gráfico c)

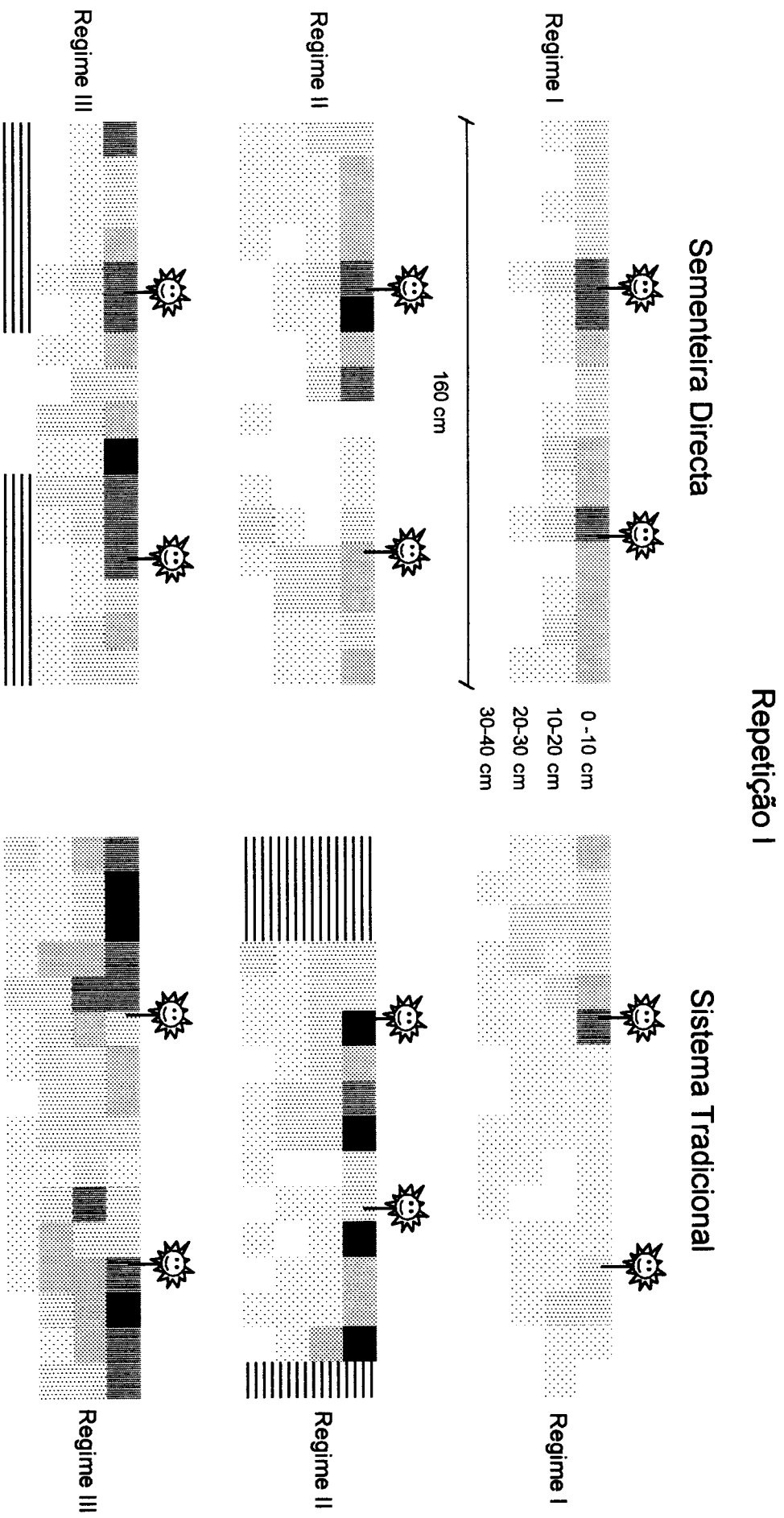


Figura 28 - Densidade radical da repetição I, obtida 20 dias após o início da floração com os dados recolhidos com o método do perfil

Sementeira Directa

Repetição II

Sistema Tradicional

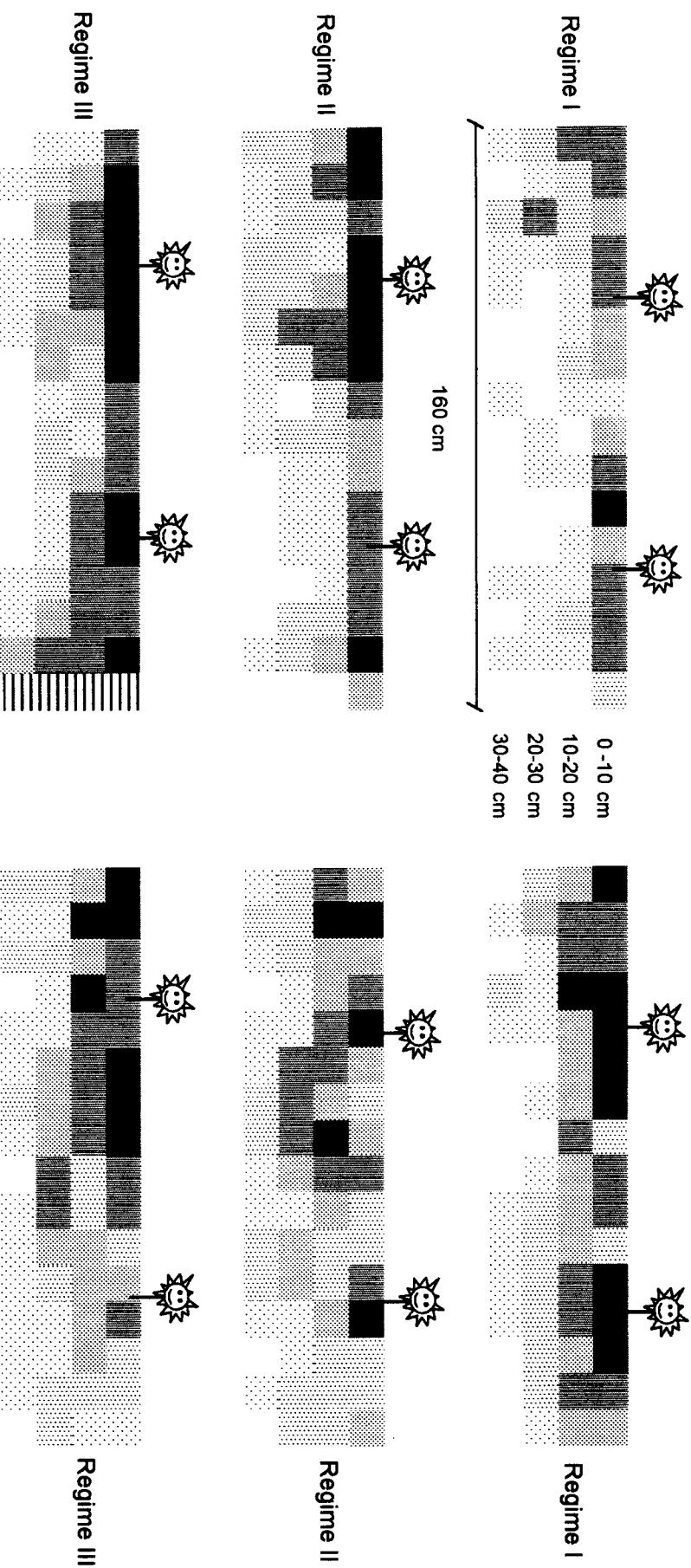


Figura 29 - Densidade radical da repetição II, obtida 27 dias após o início da floração com os dados recolhidos com o método do perfil

4.2.3 - DISCUSSÃO DO DESENVOLVIMENTO RADICAL

No método do perfil, após a floração registou-se uma densidade radical substancialmente superior. É provável que esse aumento seja devido em grande parte ao método utilizado. Antes da floração utilizou-se o método da sonda em que pode ter ocorrido uma perda significativa de raízes durante o processo de lavagem e por outro lado foi fácil eliminar as raízes mortas, pois estas tem tendência a flutuar na água para além de apresentarem uma tonalidade mais escura. No método do perfil, a perda de raízes por lavagem pode ter sido inferior e simultaneamente podem ter sido incluídas muitas raízes já mortas, pois é mais difícil distinguir as raízes em condições de campo e com a agravante de serem vistas através de um painel. Também é possível ter ocorrido algum excesso de desgaste do perfil com o conseqüente aumento da exposição de raízes, pois é impossível expor exactamente 0,5 cm, havendo a tendência para expor um pouco mais.

Apesar dos dois métodos serem muito diferentes em termos de quantificação, ambos parecem revelar uma boa fiabilidade para serem utilizados na comparação de Sistemas de Mobilização distintos, no solo em causa (Pm). Apesar de se terem utilizado os métodos em períodos diferentes, os seus valores revelam uma elevada correlação (Figura 30).

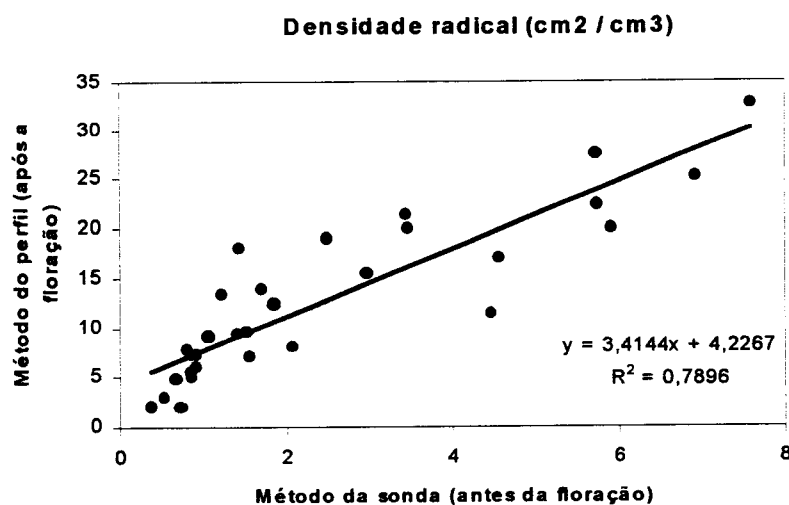


Figura 30 - Regressão linear entre a densidade radical obtida pelo método da sonda e do perfil (antes e após a floração respectivamente)

Ainda antes da emergência da cultura, verificaram-se elevados valores de resistência à penetração em ambos os sistemas de mobilização, mas de uma forma mais evidente na Sementeira Directa. Segundo MISRA *et al.* (1986), a pressão máxima que a raiz seminal do girassol consegue exercer no solo durante o processo de crescimento é de 0,24 MPa. BENGOUGH (1991) refere que

a pressão máxima que uma raiz consegue exercer no solo durante o processo de crescimento é em geral 2 a 8 vezes inferior à registada pelo penetrómetro. Assim, se considerarmos que no girassol o valor é 8, a máxima resistência ao penetrómetro que permitiria o crescimento da raiz de girassol seria 1,9 MPa ($8 \times 0,24 \text{ MPa} = 1,9 \text{ MPa}$). Observando a Figura 25 (página 83), pode verificar-se que a resistência ao penetrómetro excede o valor teórico máximo, pelo que se pode concluir que o desenvolvimento radical na Sementeira Directa está dependente da existência de grande quantidade de porosidade biológica e fendas e/ou elevados teores de humidade. A partir dos 30 cm de profundidade, ambos os Sistemas estão dependentes da porosidade continua.

Na Fotografia 6, observa-se um torrão que assentava directamente sobre o Horizonte B, onde se evidenciara uma certa quantidade de raízes que cresceram entre os dois horizontes, provavelmente para tirar partido de um maior teor de humidade à superfície do horizonte B (que são incapazes de perfurar) e procurar pequenos poros ou fendas neste horizonte para o poder explorar em profundidade.



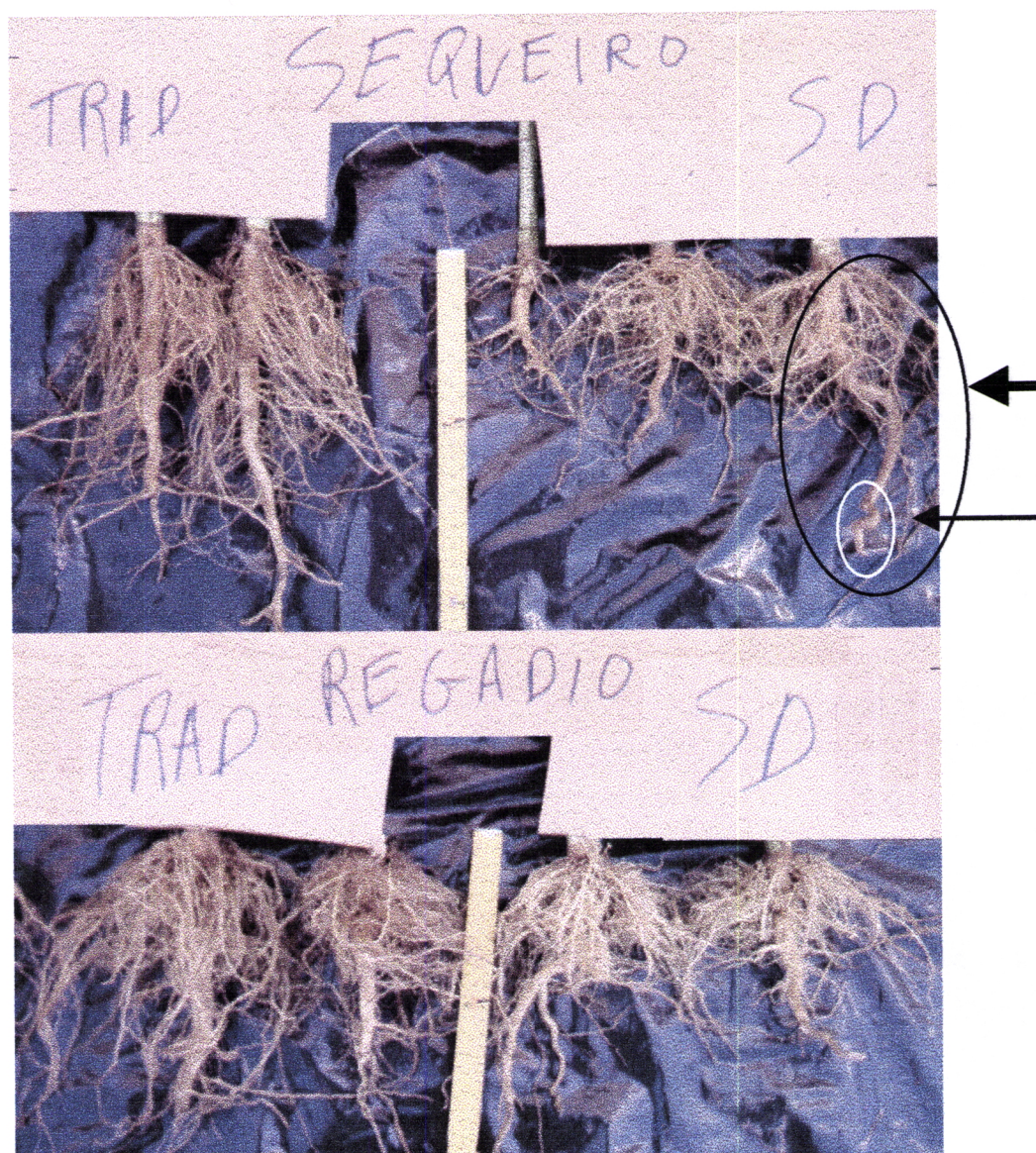
Fotografia 6 - Torrão com raízes, retirado directamente sobre o horizonte B a 35 cm de profundidade durante o processo de abertura do perfil para análise radical no Sistema Tradicional Regime Hídrico 2. Na superfície do horizonte B, é observável a presença de algumas fendas naturais.

Uma indicação de um maior aproveitamento da porosidade continua na Sementeira Directa, é o facto desta modalidade (como se destaca na Figura 26, página 89) apresentar uma reduzida densidade radical dos 10 aos 30 cm de profundidade em comparação com o Sistema Tradicional,

mas ao contrário deste que decresce rapidamente, apresenta uma densidade radical que se mantém em profundidade (dos 10 aos 50 cm), igualando o Sistema Tradicional logo abaixo da camada mobilizada.

A Sementeira Directa à superfície (primeiros 10 cm), apesar da elevada resistência à penetração, apresentou uma densidade radical superior ao Tradicional, mas apenas quando a resistência foi aliviada com a rega. Na camada superficial e no Regime Hídrico 1, a Sementeira Directa apresentou valores mais baixos sendo essa diferença provavelmente ainda mais evidente caso não tivessem ocorrido precipitações abundantes na fase de instalação e crescimento da cultura.

Na Fotografia 7, as diferenças mais evidentes entre Sistemas de Mobilização, estão patentes no sequeiro (Regime Hídrico 1), pois enquanto no Tradicional as plantas apresentam uma raiz principal vigorosa e direita, na Sementeira Directa a raiz principal tem dificuldade em penetrar, havendo a tendência para criar raízes secundárias alternativas. É de destacar ainda a raiz assinalada com um círculo a preto, que, ao encontrar a camada compactada abaixo da zona mobilizada com a fresa do semeador de Sementeira Directa, tal como descrito por DEXTER (1988), cresceu na horizontal até encontrar uma porosidade contínua vertical. A mesma raiz, já próximo dos 20 cm de profundidade encontrou outro obstáculo que a fez desviar do percurso vertical (curvatura assinalada com o círculo branco). No regadio (Regime Hídrico 3), o girassol sob Sementeira Directa evidencia uma menor dificuldade em colocar as raízes abaixo da zona mobilizada pela fresa do semeador (5-6 cm). Assim, no Regime Hídrico 3 as diferenças entre Sistemas de Mobilização não são tão evidentes.



Fotografia 7- Exemplos de raízes de várias plantas de girassol retiradas nas várias modalidades de Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos em plena fase de floração. (Sequeiro = Regime Hídrico 1; Regadio = Regime Hídrico 3; Trad = Sistema Tradicional; SD = Sementeira Directa)

Voltando a observar a interação Sistema de Mobilização x Regime Hídrico x Profundidade na Figura 26 (gráfico c), pode perceber-se melhor a interação entre os parâmetros: água, nutrientes e resistência à penetração, no desenvolvimento radical entre os dois Sistemas de Mobilização. Assim, verifica-se que destes três parâmetros, dois tem de ser favoráveis para se verificar um bom desenvolvimento radical. Apesar de uma grande resistência à penetração na Sementeira Directa, nos primeiros 10 cm, a acumulação de nutrientes em combinação com a disponibilidade de água (Regime Hídrico 3) permitiu um desenvolvimento radical razoável. Na camada de 10 a 30 cm e no

mesmo Regime Hídrico a Sementeira Directa apresenta uma redução da densidade radical muito mais acentuada do que o Sistema Tradicional, pois a menor disponibilidade de nutrientes (Matéria Orgânica, Fósforo e Potássio) e a elevada resistência à penetração provocaram a concentração das raízes nos primeiros 10 cm.

Como já foi referido, antes da fase de floração, foi verificada uma maior extracção de água na camada 30 a 60 cm no Sistema Tradicional, apesar de a esta profundidade, se registar uma densidade radical semelhante à da Sementeira Directa. Este facto revela uma maior taxa de absorção de água por cm de raiz no Sistema Tradicional nesta fase.

A densidade radical e a sua distribuição em interacção com o consumo de água, certamente reflectem as diferenças no rendimento da cultura entre os tratamentos de Mobilização durante os vários estádios da cultura e ajudam a explicar os resultados finais da colheita (Quadro 23 e Quadro 24).

4.3 - PARÂMETROS RELACIONADOS COM A CULTURA

4.3.1 - EVOLUÇÃO DA MATÉRIA SECA

Começando a análise da evolução da matéria seca pelo Quadro 19, sobressai o facto de não se registar qualquer diferença significativa a 5% até 4 de Junho, apesar de se registarem valores muito baixos na Sementeira Directa. Este facto, deve-se certamente a um baixo número repetições (3) e de plantas observadas por subparcela (8 plantas), uma vez que por observação directa do ensaio, era evidente o maior desenvolvimento dos talhões com Sistema Tradicional até à fase de floração.

Só a 20 de Junho se verificaram diferenças significativas entre Sistemas de Mobilização e entre o Regime Hídrico 1 e os Regimes Hídricos 2 e 3, que até esta data receberam exactamente o mesmo tratamento em termos de dotações. A matéria seca apresentada a 9-Set, corresponde á produção total de Matéria Seca no final do ensaio (por colheita total das 4 linha centrais), onde se verificaram diferenças significativas, sendo maiores no Sistema Tradicional e nos Regimes Hídricos mais elevados.

Quadro 19 - Evolução da matéria seca do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de cinco datas

	21-Mai	29-Mai	04-Jun	20-Jun	9-Set
Tratamento					
Sementeira Directa	2,4	11,2	28,0 b •	240,2 b	569,0 b
Sistema Tradicional	4,3	21,1	49,4 a	292,3 a	664,2 a
Regime Hídrico 1	3,0	14,6	36,7	224,9 b	510,9 c
Regime Hídrico 2	3,6	17,0	39,6	278,8 a	589,1 b
Regime Hídrico 3	3,6	16,8	39,7	295,0 a	760,3 a
SD – Reg. Hid. 1	2,1	10,1	27,2	201,1	479,2 d
SD – Reg. Hid. 2	2,8	12,6	29,9	261,1	558,1 cd
SD – Reg. Hid. 3	2,4	10,8	26,9	258,5	670,7 b
Trad – Reg. Hid. 1	3,9	19,1	46,2	248,7	522,6 d
Trad – Reg. Hid. 2	4,3	21,5	49,4	296,5	620,0 bc
Trad – Reg. Hid. 3	4,8	22,9	52,6	331,5	849,9 a
Média	3,4	16,2	38,7	266,2	617,1
Coef. Variação	23,3%	25,3%	18,8%	10,8%	7,1%

• significativo $P < 10\%$

Na Figura 31, observa-se a evolução relativa de matéria seca entre Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos, onde se evidenciam grandes diferenças entre os Sistemas de Mobilização durante os primeiros estádios da cultura.

Só a partir de 20 de Junho, já próximo da floração, se começou a verificar diferenças entre Regimes Hídricos. Este facto, está relacionado com uma Primavera particularmente húmida.

As diferenças de matéria seca entre Sistemas de Mobilização atenuaram-se no decorrer do ensaio, apesar da Sementeira Directa nunca chegar a igualar o Sistema Tradicional. No entanto, no final do ensaio as diferenças entre Sistemas de Mobilização nos Regimes Hídricos 1 e 2 praticamente anularam-se, não evidenciando diferenças significativas (Quadro 19 a 9 de Setembro).

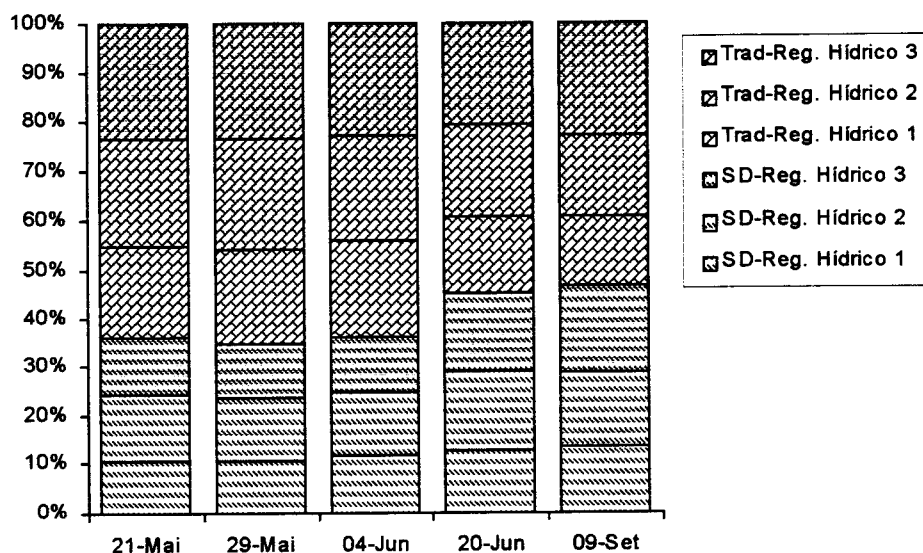


Figura 31 - Evolução relativa da matéria seca do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de cinco datas

Esta tendência para a recuperação do girassol sob Sementeira Directa em relação ao Sistema Tradicional pode ser explicada pela evolução da área foliar da cultura (Figura 32 e Quadro 20) onde se observa que a Sementeira Directa responde mais à irrigação do que o Sistema Tradicional em termos de área foliar. No entanto, esta recuperação da área foliar ocorre demasiado tarde para ser adequadamente transformada em biomassa.

4.3.2 - ÍNDICE E DURAÇÃO DA ÁREA FOLIAR

As grandes diferenças no Índice de Área Foliar (IAF) entre os tratamentos de Mobilização no início da estação atenuam-se de forma constante até sensivelmente à floração. Após a floração, a Sementeira Directa apresenta um IAF superior ao Sistema Tradicional, com maior destaque no Regime Hídrico 3.

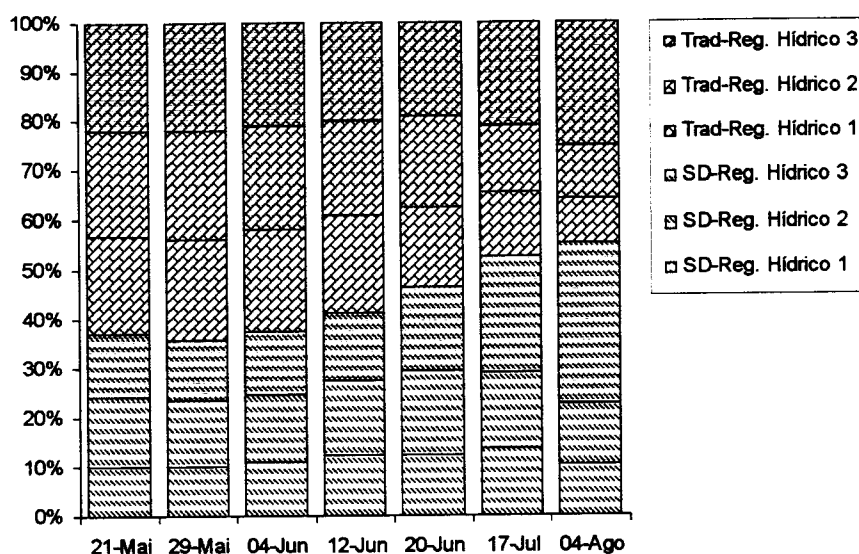


Figura 32 - Evolução relativa do Índice de Área Foliar do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de sete datas

Quadro 20 - Índice de área foliar do girassol sob diferentes Sistemas de Mobilização e Regimes Hídricos ao longo de sete datas

	21-May	29-May	04-Jun	12-Jun	20-Jun	17-Jul	04-Aug
Tratamento							
Sementeira Directa	0,034	0,15	0,35	0,85	1,35	1,51	0,74
Sistema Tradicional	0,058	0,27	0,59	1,22	1,57	1,37	0,61
Regime Hídrico 1	0,041	0,19	0,44	0,99	1,26 b	1,14 b	0,39 b
Regime Hídrico 2	0,049	0,22	0,49	1,07	1,54 a	1,26 b	0,47 b
Regime Hídrico 3	0,048	0,21	0,48	1,05	1,59 a	1,92 a	1,17 a
SD – Reg. Híd. 1	0,028	0,12	0,31	0,76	1,09	1,17	0,41
SD – Reg. Híd. 2	0,040	0,17	0,39	0,94	1,48	1,33	0,51
SD – Reg. Híd. 3	0,036	0,15	0,36	0,86	1,50	2,03	1,31
Trad – Reg. Híd. 1	0,055	0,25	0,58	1,22	1,42	1,12	0,36
Trad – Reg. Híd. 2	0,059	0,27	0,59	1,20	1,60	1,18	0,43
Trad – Reg. Híd. 3	0,061	0,27	0,59	1,23	1,68	1,81	1,03
Média	0,046	0,21	0,47	1,03	1,46	1,44	0,68
Coef. Variação	25,2%	25,7%	21,5%	16,8%	12,6%	9,7%	18,2%

No Quadro 20, apenas se verificaram diferenças significativas (devido ao reduzido número de repetições e à reduzida dimensão da amostra) entre Regimes Hídricos, próximo da floração e após esta.

Como se pode observar, no Quadro 21, a Duração da Área Foliar calculada para o período crítico à volta da floração e durante um período extenso do ciclo da cultura (4-Junho a 4-Agosto) revela a quase inexistência de diferenças entre tratamentos de Mobilização. No entanto, com uma observação mais atenta da Figura 32 e (Quadro 20), verifica-se que os valores inferiores na Sementeira Directa antes da fase de floração são compensados com valores mais elevados após esta. Este facto vai levar a uma resposta diferenciada em termos do número de grãos por capítulo e do peso de mil grãos.

Quadro 21 - Duração da área foliar do girassol entre 20 de Junho e 17 de Julho e entre 4 de Junho e 4 de Agosto

Tratamento	20-Junho a 17-Julho	4-Junho a 4-Agosto
Sementeira Directa	37,8	72,6
Sistema Tradicional	39,6	75,8
Regime Hídrico 1	32,4 c	60,9 b
Regime Hídrico 2	37,7 b	69,9 b
Regime Hídrico 3	47,4 a	91,8 a
SD – Reg. Hid. 1	30,4	56,4
SD – Reg. Hid. 2	37,9	69,4
SD – Reg. Hid. 3	47,6	92,0
Trad – Reg. Hid. 1	34,3	65,4
Trad – Reg. Hid. 2	37,5	70,3
Trad – Reg. Hid. 3	47,1	91,6
Média	39,2	74,2
Coef. Variação	10,2%	10,2%

Um dos mecanismos de defesa do girassol contra o stress hídrico, é a senescência acelerada das folhas da parte inferior da planta, reduzindo assim a área foliar e conseqüentemente as perdas de água. Este parâmetro pode funcionar como um indicador mensurável do Stress Hídrico ao nível da planta, sendo maior quanto maior o número de folhas secas.

Pode, assim, verificar-se no Quadro 22, que à data das observações, as plantas no Sistema Tradicional apresentam um Stress Hídrico significativamente mais elevado que na Sementeira Directa. Os Regimes Hídricos 1 e 2, também mostram um stress superior ao Regime Hídrico 3.

Quadro 22 - Pares de folhas secas a 17 de Julho e 4 de Agosto

Tratamento	17 de Julho	4 de Agosto
Sementeira Directa	5,38 b	8,63 b
Sistema Tradicional	6,49 a	9,90 a
Regime Hídrico 1	6,08 a	9,72 a
Regime Hídrico 2	6,72 a	9,93 a
Regime Hídrico 3	5,00 b	8,15 b
SD – Reg. Híd. 1	5,33	8,60 bc •
SD – Reg. Híd. 2	6,30	9,30 b
SD – Reg. Híd. 3	4,50	8,00 c
Trad – Reg. Híd. 1	6,83	10,83 a
Trad – Reg. Híd. 2	7,13	10,57 a
Trad – Reg. Híd. 3	5,50	8,30 c
Média	5,93	9,27
Coef. Variação	10,2%	6,38%

• significativo $P < 10\%$

4.3.3 - PRODUÇÃO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO

A produção de girassol e dos componentes de produção, é em grande medida o resultado da interacção de todos os factores anteriormente abordados.

Quadro 23 - Produção total de matéria seca (g/m²)

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
<i>Sem. Directa</i>	479 d	558 cd	671 b	569 b
<i>Sist. Tradicional</i>	523 d	620 bc	850 a	664 a
<i>Média</i>	501 c	589 b	760 a	617

Coef. Variação 7,1%

Quadro 24 - Produção total de grão (g/m²)

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
<i>Sem. Directa</i>	178 e	204 cd	281 b	221 b
<i>Sist. Tradicional</i>	187 de	216 c	353 a	252 a
<i>Média</i>	182 c	210 b	317 a	236

Coef. Variação 6,42%

Quadro 25 - Índice de colheita

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
<i>Sem. Directa</i>	0,370	0,363	0,420	0,384
<i>Sist. Tradicional</i>	0,357	0,347	0,417	0,373
<i>Média</i>	0,363 b	0,355 b	0,418 a	0,379

Coef. Variação 7,83%

Em termos de matéria seca total (Quadro 23), o Sistema Tradicional produziu significativamente mais que a Sementeira Directa. Também se verificou uma resposta significativa aos Regimes Hídricos. Considerando a interacção, o Sistema Tradicional só se distinguiu significativamente da Sementeira Directa no Regime Hídrico 3.

Os dados relativos à produção de grão, são apresentados no Quadro 24. Apesar de entre os Sistemas de Mobilização se terem verificado diferenças relativamente pequenas neste parâmetro

(em comparação com a matéria seca total), estas foram significativas estatisticamente entre os dois Sistemas de Mobilização e entre Regimes Hídricos.

Assim, o Sistema Tradicional registou uma produção mais elevada, mas ao considerar a interacção, tal como foi verificado para a matéria seca total, apenas se destacou da Sementeira Directa no Regime Hídrico 3, devido a um elevado número de grãos por m² (Quadro 27) e a um peso relativamente elevado de mil grãos (Quadro 26).

Apesar de se terem registado produções significativamente mais elevadas de matéria seca e de grão no Sistema Tradicional, o mesmo não foi registado em termos de índice de colheita (Quadro 25). Neste parâmetro, só se evidenciaram diferenças significativas em termos de Regime Hídrico, em que o Regime 3 apresentou um valor superior. Apesar das interacções não serem significativas, em todos os Regimes Hídricos a Sementeira Directa mostrou valores mais elevados indicando, assim, uma compensação em termos de grão em relação a um baixo valor de matéria seca.

Quadro 26 - Peso de mil grãos (g)

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
Sem. Directa	38,4	38,2	48,0	41,6 a •
Sist. Tradicional	34,6	36,7	44,2	38,5 b
Média	36,5 b	37,5 b	46,1 a	40,0

• significativo P < 10% Coef. Variação 4,3%

Quadro 27 - Número de grãos por m²

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
Sem. Directa	4626 c	5296 b	5850 b	5257 b
Sist. Tradicional	5379 b	5879 b	7994 a	6417 a
Média	5002 c	5588 b	6922 a	5837

Coef. Variação 6,1%

Quadro 28 - Número de capítulos por m²

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
Sem. Directa	4,90	5,29	5,22	5,13
Sist. Tradicional	5,21	5,52	5,85	5,52
Média	5,05	5,40	5,53	5,33

Coef. Variação 6,5%

Quadro 29 - Número de grãos por capítulo

<i>Tratamentos</i>	Regime Hídrico 1	Regime Hídrico 2	Regime Hídrico 3	<i>Média</i>
Sem. Directa	954	1005	1136	1032
Sist. Tradicional	1034	1067	1369	1157
Média	994 b	1036 b	1253 a	1094

Coef. Variação 6,3%

Em todos os Regimes Hídricos, o peso de mil grãos (Quadro 26) foi mais elevado em condições de não Mobilização, compensando, assim, o número significativamente menor de sementes por m². Esta observação também indica que a cultura sob Sementeira Directa sofreu menor stress hídrico o que está em conformidade com o maior índice de área foliar apresentado na fase de enchimento do grão.

No Quadro 28 é apresentado o número de capítulos colhidos por m² (a que corresponde o mesmo número de plantas colhidas). Não se verificam diferenças significativas, pelo que se pode deduzir que este parâmetro não teve uma influência significativa nos restantes parâmetros.

Em termos de eficiência do uso da água pela cultura (Quadro 30), foram observadas diferenças significativas apenas entre Regimes Hídricos, verificando-se um rendimento superior nos Regimes Hídricos que receberam menos água.

PERNIOLA (1997), também obteve melhores rendimentos de grão por volume de água nos regimes hídricos baixos. Apesar de não se verificarem diferenças significativas a 5% entre Sistemas de Mobilização há uma tendência para o Sistema Tradicional apresentar valores mais elevados. Se se observar apenas a interacção em termos de produção de grão, verifica-se que no sequeiro (Regime Hídrico 1) a Sementeira Directa apresenta o mesmo rendimento que o Tradicional, mas mostra uma redução de rendimento, em relação ao Tradicional à medida que se aumenta a dotação.

Quadro 30 - Eficiência do uso da água tendo por base o consumo entre 29 de Maio e 22 de Agosto

Tratamento	Matéria seca (Kg)	Grão (Kg)
	m ³ água	m ³ água
Sementeira Directa	2,84	1,08 b •
Sistema Tradicional	3,18	1,18 a
Regime Hídrico 1	3,51 a	1,28 a
Regime Hídrico 2	3,13 b	1,11 b
Regime Hídrico 3	2,39 c	0,99 c
SD – Reg. Híd. 1	3,42	1,27
SD – Reg. Híd. 2	2,99	1,09
SD – Reg. Híd. 3	2,11	0,89
Trad – Reg. Híd. 1	3,61	1,29
Trad – Reg. Híd. 2	3,27	1,13
Trad – Reg. Híd. 3	2,66	1,11
Média	3,01	1,129
Coef. Variação	7,43%	7,47%

• significativo P < 10%

5 - CONCLUSÕES

Devido à Primavera excepcionalmente húmida no ano deste estudo, apenas o regime hídrico mais elevado levou a produções significativamente mais altas. A hipótese posta inicialmente de que um teor de humidade no solo mais elevado pudesse ajudar em ultrapassar as dificuldades impostas pela maior impedância mecânica na sementeira directa não se verificou. Pelo contrário, as maiores diferenças em termos da produção de grão e de matéria seca entre os dois sistemas de mobilização se observaram no regime hídrico mais elevado, apesar de que nos outros dois regimes hídricos se terem registados também diferenças acentuadas no desenvolvimento da cultura logo após a emergência.

Estas observações indicam, por um lado, que houve outros factores limitativos para além da disponibilidade de água. A observação da distribuição espacial das raízes revelou que principalmente na camada entre 10 e 30 cm de profundidade a densidade radical no sistema tradicional de mobilização foi consideravelmente superior à sementeira directa, ajudando, assim, a explicar as diferenças nos rendimentos finais entre as duas modalidades de mobilização no regime hídrico 3.

Por outro lado, a atenuação das diferenças inicialmente observadas entre os dois sistemas de mobilização, também nos regimes hídricos 1 e 2, no fim do ciclo da cultura, revela que o menor consumo de água na sementeira directa até ao início da floração contribuiu para a recuperação da cultura neste sistema de mobilização, tornando-se o factor água mais limitativo na mobilização tradicional no final do ciclo da cultura.

Dos resultados do presente estudo pode-se concluir que o girassol e outras culturas com deficiente capacidade de penetração encontraram sempre dificuldades no seu crescimento na utilização da sementeira directa em solos mal estruturados, pelo que, nestas culturas, outras vantagens agronómicas e económicas estarão, de certa forma, restringidas a solos com uma estrutura favorável.

6- BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALLEN, R.G., SMITH, M., PEREIRA, L.S. e PERRIER, A. (1994). An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, 43: 35-59.
- ARNAU, J.G. (1988). Hojas divulgadoras, condor / rhône poulenc. Centro de investigación agrícola, 20: 3-24.
- BARNETT, C. E., WITHE, R. A., PETROVIC, A. M. e GOOD, G. L. (1987). An automated apparatus for measuring root length. *HortScience*, 22: 140-144
- BARROS, F. C. (1998). Comunicação oral. Universidade de Évora
- BENGOUGH, A. G. (1991). The penetrometer in relation to mechanical resistance to root growth. In: Smith K.A., Mullins C. E. (Ed). *Soil analysis - Physical methods*. New York
- BENITO, E. e DIAZ-FIERROS, F. (1992). Effects of cropping on the structural stability of soils rich in organic matter. *Soil & Tillage Research*, 23: 153-161.
- BÖHM, W. (1979). Methods of studying root systems. In: *Ecological studies*, 33. Germany.
- CAMPBELL, D. J. e O'SULLIVAN, M. F. (1991). The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage. In: Smith K.A., Mullins C. E. (Ed). *Soil analysis - Physical methods*. New York.
- CARDOSO, J. V. J. C (1965). Os Solos de Portugal - Sua classificação, caracterização e génese - A Sul do Rio Tejo. Secretaria de Estado da Agricultura - Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, 2ª ed., Lisboa.
- CARTER, M. R. (1992). Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil & Tillage Research*, 23: 361-372.
- CARVALHO M. e BASCH G. (1994). Experiences with direct drilling in Portugal. In: Tebrügge F., e Böhrnsen A. (Ed.). *Proceedings of EC-Workshop - I - Experience with the*

applicability of no-tillage crop production in the West-European countries, 105-110. Giessen.

CARVALHO, M. (1993). A utilização racional da mobilização. *Vida Rural*, 23: 10-14

CARVALHO, M., ALBUQUERQUE, J. C. D., MARQUES, N. e MENDES J. P., (1991 c). Sistemas de mobilização do solo em milho regado por aspersão móvel num solo pdg: efeitos em parâmetros da cultura e do solo. *Agronomia Lusitana*, 45: 203-224.

CARVALHO, M., BARROS, F., AZEVEDO, A. L., BASCH, G. (1991 b). Efeito da data de sementeira em quatro variedades de girassol. *Revista de Ciências Agrárias* 14: 3-15.

CARVALHO, M., BASCH, G., AZEVEDO, A. L. e MACHADO, L.C.R.T. (1991 a). Efeitos de Datas e Densidades de Sementeira na Cultura do Girassol, em Solos de Barro Preto (Bp). *Agronomia Lusitana*, 45: 137-158.

CARVALHO, M.J.G.P.R. (1987). Factores Limitantes e Técnicas Culturais de Produção de Trigo: Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias.

CHAMEN, W. C. T. e D. J. LONGSTAFF, (1995). Traffic and tillage effects on soil conditions and crop growth on a swelling clay soil. *Soil use and management*, 11: 168-176.

COSTA, J. B. (1985). Caracterização e constituição do solo, 3ª ed. Fundação Gulbenkian. Lisboa.

COX, W. J. e JOLLIFF, G. D. (1986). Growth and Yield of Sunflower and Soybean under Soil Water Deficit. *Agronomy Journal*, 78: 226 - 230.

DEIBERT, E. J.(1989). Reduced tillage system influence on yield of sunflower hybrids. *Agronomy Journal*, 81: 274-279.

DEXTER, A. R. (1987). Mechanics of root growth. *Plant and soil*, 98: 303- 312.

DEXTER, A. R. (1988). Advances in characterization of soil structure. *Soil & Tillage Research*, 11: 199-238.

DOORENBOS, J. e KASSAM A. H. (1979). Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage, 33. Rome

DOORENBOS, J. e PRUIT, W.O. (1977). Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, 24. Rome

- EWING, T. e KASPAR, T. (1998). User's manual for ROOTEDGE 2.2a. Iowa State University, Ames. USA.
- GIMÉNEZ, C. e FERERES E (1987). Resistencia a la sequia de cultivares de girasol, bajo condiciones de campo. I.N.I.A - Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetables, 2: 68 - 87.
- GIRÁLDEZ, J.V., GONZÁLEZ P. (1994). No-tillage in clay soils under Mediterranean climate: physical aspects. In: Tebrügge F., e Böhrnsen A. (Ed.). Proceedings of EC-Workshop - I - Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries, 111-117. Giessen.
- GORBACHEVA, A. e USATENKO Y. (1989). The Phosphate Regime in eroded chernozems under systematic non-ploughing tillage. *Agrokimiya*, 6: 22-28.
- GOSS M. G. e RUSSELL R. S. (1980). Effects of mechanical impedance on root growth in barley *Journal of Experimental Botany*, 31: 577-588
- HALVORSON, A. D., TANAKA, D. L., BLACK, A. L. (1995). Tillage and N effects on sunflower production in na annual cropping system. Proc. 17th sunflower research workshop, 22-26. Fargo, N.D..
- HARRIS, G. A. e CAMPBELL, G. S. (1989). Automated quantification of roots using a simple image analyzer. *Agron. J*, 81: 935-938.
- HENRIKSEN, A. e SELMER-OLSEN, A. R. (1970). *Analyst*, 95: 514- 518.
- HERNÁNDEZ, C. R. (1990). Siembra directa: aspectos agronomicos. *Agricultura - Revista Agropecuario*, 694: 426-433.
- HILLEL, D. (1980). Application of Soil Physics. Academic Press. New York.
- JAAFAR, M.N., STONE, L. R e GOODRUM, D. E (1993). Rooting depth and dry matter development of sunflower. *Agronomy Journal*, 85: 281 -286.
- JAKOBSEN, B. F. e DEXTER, A. R. (1988). Influence of biopores on root growth , water uptake and grain yield of wheat (*Triticum aestivum*) based on predictions from a computer model. *Biol. Fertil. Soils*, 6: 315-321.
- JONES, O. R. (1984). Yield, water-use efficiency, and oil concentration and quality of dryland sunflower grow in the Southern High Plains. *Agron. Journal*, 76: 229 – 235.

- KAY, D.B. (1990). Rates of Change of Soil Structure under Different Cropping Systems. In: Stewart, B. A. (Ed.), *Advances in soil science*, 12: 1-52.
- LEBOWITZ, R. J. (1988). Digital image analysis measurement of root length and diameter. *Environ. Exp. Bot.*, 28: 267-273.
- MACKAY, A. D., KLADIVKO, E. J., BARBER, S. A., e GRIFFITH, D. R. (1987). Phosphorus and potassium uptake by corn in conservation tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51: 970-974.
- MARQUES, F. (1998). Comunicação oral. Universidade de Évora
- MERRILL, S. D., BLACK, A. L. e BAUER A. (1996). Conservation tillage affects root growth of dryland spring wheat under drought. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60: 575-583
- MISRA, R.K., DEXTER, A.R. e ALSTON, A.M. (1986) Maximum axial and radial growth pressures of plant roots. *Plant and Soil*, 95: 315-326.
- NEWMAN, E. I. (1966). A method of estimating the total root length in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3: 139-145.
- OLIVEIRA, I. (1993). Técnicas de regadio - Teoria e prática. Instituto de Estruturas Agrárias e Desenvolvimento Rural.
- OLIVEIRA, M. R. G. (1988). Comportamento do sistema radical de algumas espécies forrageiras e pratenses com interesse para a modernização dos sistemas de agricultura no Alentejo. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias.
- OLIVEIRA, M. R. G. e PORTAS, C. A. M. (1993). Nutrição e adubação de hortaliças. In: Ferreira M. E., Castellane P. D. e Cruz M. C. P. (Ed.). *Anais do Simposio sobre nutrição e adubação de hortaliças*. São Paulo
- ORDOÑEZ, A. A. e COMPANY, M.L. (1990). *El Cultivo del girassol*. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid.
- PAN, W. L. e BOLTON, R. P. (1991). Root quantification by edge discrimination using a desktop scanner. Washington State University. *Agron. J.*, 83: 1047-1052.
- PELEGRIN et al. (1990). The influence of tillage methods on soil physical properties and water balance for a typical crop rotation in SW Spain. *Soil & Tillage Research*, 16: 345-358.

- PERNIOLA, M., NARDIELLO, I. e LOVELLI, S. (1997). Effect of sowing dates on water use efficiency of sunflower crop. In: Workshop - The use of water in sustainable agriculture. Universidad de Castilla-La-Mancha. Spain.
- RAMOS, A. F. (1995). Caracterização do enraizamento do girassol em função das condições hidropedológicas de um solo argiluvado sujeito à rega por sulcos. Universidade de Évora. Relatório final do curso de Engenharia Agrícola.
- ROBELIN, M. (1967). Effects of Droughts on the Growth and Yield of Sunflower. *Agronomy Journal*, 18: 579 – 599.
- RODERICK H. (1978). Plant growth analysis. In :The Camelot Press Ltd.. Studies in biology 96. Southampton.
- RUSSEL, R. S. (1978). Cultivation, soil conditions and plant growth in temperate agriculture. In: Emerson, Bond, Dexter, Wilty e Sons (Ed.). Modification of soil structure, 47: 353-362.
- SMART, P. (1975). Soil microstructure. *Soil Science*, 119: 385-393.
- SMIKA, D. E. (1976). Seed zone soil water conditions with reduced tillage in the semiarid central Great Plains. In: 7 th Conf. Int. Soil Till. Res.. Sweden.
- SMUCKER A. J. M., MCBURNEY, S. L. e SRIVASTAVA, A. K. (1982). Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. *Agron. J.*, 74: 500-503.
- TENNANT, D. (1975). A test of a modified line-intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, 63: 995-1103.
- TISDALL, J. M e OADES, J. M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33: 141-163.
- UNGER e FULTON (1990). Conventional and no tillage effects on upper root zone soil conditions. *Soil & Tillage Research*, 16: 337-344
- UNGER, P. W. (1981). Tillage effects on wheat and sunflower grow in rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 941-945.
- UNGER, P. W. (1984). Tillage and residue effects on wheat, sorghum, and sunflower grow in rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 885-891.
- VEEN, B. W. e BOONE, F. R. (1989). The influence of mechanical resistance and soil water on the growth of seminal roots of maize. *Soil Tillage Res.*, 16: 219-226.

- VIEIRA, M. J. (1981). Propriedades físicas do solo. In: Plantio directo no estado do Paraná. Fund. Instituto Agronómico do Paraná, Londrina, 1981, II série, 19-30.
- VRANCEANU, A. V. (1977). El girassol. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

7 - ANEXOS

Quadro 31 - Dados diários de precipitação, dotação, evapotranspiração, temperatura média do ar, humidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação líquida

Dia	Dias após a emergência	ET0	ET0	Dotação	Precipitação	Temperatura	Temperatura	Humidade	Vel. Vento	Radiação Líquida
		(mm)	Acumulada (mm)			média (mm)	Média acum. (mm)			
23-abr	0	3,2			0,2	12,8		75,0	2,9	1,1
24-abr	1	2,6	2,6		15,4	13,8		79,9	1,9	1,2
25-abr	2	3,6	6,2		2,6	16,1		80,5	2,9	1,4
26-abr	3	4,1	10,3			15,5		83,5	2,7	1,3
27-abr	4	5,2	15,5			18,2		77,1	4	1,6
28-abr	5	6,0	21,5			20,3		69,7	2,5	1,8
29-abr	6	6,3	27,8			22,9		60,7	1,8	2,0
30-abr	7	7,1	34,9			24,2		53,4	2,7	2,1
01-mai	8	6,8	41,7			22,5		55,2	3,4	1,9
02-mai	9	3,5	45,2			18,0	18,0	71,4	4,3	1,6
03-mai	10	4,4	49,6			18,2	36,2	75,3	2,4	1,6
04-mai	11	4,6	54,1			17,7	53,9	76,3	3,6	1,5
05-mai	12	4,2	58,3		1,6	16,0	69,9	77,9	5,2	1,4
06-mai	13	4,3	62,7		0,2	13,2	83,1	68,7	4,6	1,1
07-mai	14	3,7	66,3		1,4	12,2	95,3	71,9	5,2	1,1
08-mai	15	5,3	71,7	12		12,9	108,2	56,6	3,4	1,1
09-mai	16	5,1	76,8			14,3	122,5	64,6	3,3	1,2
10-mai	17	4,2	81,0			14,7	137,2	67,9	3,2	1,3
11-mai	18	3,4	84,4		0,2	14,8	152,0	73,8	2,4	1,3
12-mai	19	5,9	90,3	6,5		16,8	168,8	50,4	3,5	1,5
13-mai	20	5,8	96,1			16,2	185,0	59,6	4,1	1,4
14-mai	21	6,0	102,1			16,6	201,6	59,6	2,9	1,4
15-mai	22	4,7	106,8			15,5	217,1	64,8	3,5	1,3
16-mai	23	3,0	109,9		6,3	14,6	231,7	81,0	3,2	1,3
17-mai	24	4,7	114,6			15,0	246,7	69,4	2,6	1,3
18-mai	25	2,6	117,2		5,9	15,0	261,7	83,8	4,7	1,3
19-mai	26	4,7	121,9		1,2	16,0	277,7	75,6	4,3	1,4
20-mai	27	3,9	125,9			16,2	293,9	75,0	2,8	1,4
21-mai	28	5,0	130,9			16,4	310,3	68,6	3,1	1,4
22-mai	29	6,1	137,0	6		18,2	328,5	62,4	2,2	1,6
23-mai	30	3,3	140,3		11,9	15,7	344,2	85,0	3,2	1,4
24-mai	31	4,0	144,3			16,7	360,9	81,4	4,3	1,4
25-mai	32	2,6	146,8		7,7	16,5	377,4	85,2	3,2	1,4
26-mai	33	4,9	151,8		0,6	18,2	395,6	76,5	4,7	1,6
27-mai	34	4,6	156,3		0,4	18,2	413,8	78,7	3,7	1,6
28-mai	35	4,6	160,9			18,6	432,4	76,7	3,2	1,6
29-mai	36	4,9	165,8			20,1	452,5	67,4	1,8	1,7
30-mai	37	4,2	170,0		4,8	19,0	471,5	81,2	2,7	1,6
31-mai	38	2,5	172,5		16,0	15,5	487,0	92,3	2,2	1,3
01-jun	39	1,7	174,2		1,2	15,6	502,6	91,0	3,3	1,3
02-jun	40	3,3	177,5		0,4	17,4	520,0	80,2	3,6	1,5
03-jun	41	4,5	181,9			18,1	538,1	73,8	2,4	1,6
04-jun	42	4,3	186,3		0,2	16,6	554,7	70,8	4,5	1,4
05-jun	43	4,7	191,0		12,7	18,2	572,9	77,9	6,1	1,6
06-jun	44	3,8	194,8		1,4	19,5	592,4	79,3	6,2	1,7
07-jun	45	5,0	199,8		3,2	18,5	610,9	74,7	3,6	1,6
08-jun	46	5,6	205,4			18,7	629,6	69,4	1,7	1,6
09-jun	47	5,9	211,3			20,3	649,9	66,5	2,8	1,8
10-jun	48	3,7	215,0		0,2	18,9	668,8	76,9	3,8	1,6
11-jun	49	4,9	220,0	9	0,2	19,0	687,8	74,3	2,6	1,6
12-jun	50	5,5	225,5			20,1	707,9	67,5	2,5	1,7
13-jun	51	5,5	231,0			20,0	727,9	74,4	3	1,7
14-jun	52	6,4	237,4			21,4	749,3	66,1	3,2	1,8
15-jun	53	6,9	244,4			21,6	770,9	57,2	3,3	1,9
16-jun	54	6,9	251,2	17		19,0	789,9	60,2	5,1	1,6
17-jun	55	4,3	255,5			17,5	807,4	68,8	4,6	1,5
18-jun	56	7,3	262,8			20,7	828,1	59,2	4,7	1,8

Quadro 31 - Continuação

Dia	Dias após a emergência	ETO		Dotação	Precipitação	Temperatura	Temperatura	Humidade	Vel. Vento	Radiação
		ETO	Acumulada			média	Média acum.			(%)
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		m/s	RL MJ m/2 dia
15-ago	114	7,2	614,0			24,8	2135,4	56,8	3,9	2,1
16-ago	115	6,4	620,5			22,8	2158,2	63,1	4	2,0
17-ago	116	5,8	626,3			23,2	2181,4	58,3	2,9	2,0
18-ago	117	5,6	631,9			25,6	2207,0	50,4	2,1	2,2
19-ago	118	6,1	638,0			27,1	2234,1	50,7	2,5	2,3
20-ago	119	6,6	644,6			25,7	2259,8	49,2	3,2	2,2
21-ago	120	5,6	650,2			25,7	2285,5	58,8	2,3	2,2
22-ago	121	4,4	654,6		3,4	25,2	2310,7	62,7	2,4	2,2
23-ago	122	5,3	659,9		4,6	24,3	2335,0	69,7	2,6	2,1
24-ago	123	3,0	662,8		1,6	22,0	2357,0	82,2	2,3	1,9
25-ago	124	3,3	666,2		0,4	21,7	2378,7	81,2	2,5	1,9
26-ago	125	5,1	671,3			19,8	2398,5	68,5	3,6	1,7
27-ago	126	2,8	674,1		2,0	18,1	2416,6	84,3	4,3	1,6
28-ago	127	5,0	679,1		0,4	19,0	2435,6	65,8	3,9	1,6
29-ago	128	5,8	684,9			20,9	2456,5	47,4	3	1,8
30-ago	129	7,0	691,9			24,6	2481,1	35,8	3,5	2,1
31-ago	130	6,0	697,9			21,3	2502,4	58,8	3,6	1,8
01-set	131	5,9	703,8			19,6	2522,0	59,7	5,9	1,7
02-set	132	5,8	709,6			19,6	2541,6	59,7	5,9	1,7
03-set	133	5,9	715,4			22,5	2564,1	50,1	3	1,9
04-set	134	6,3	721,7			26,2	2590,3	32,4	2,6	2,3
05-set	135	6,0	727,7			26,8	2617,1	40,1	2,2	2,3
06-set	136	5,9	733,6			24,6	2641,7	54,3	2,8	2,1
07-set	137	5,0	738,6			23,2	2664,9	62,1	2,2	2,0
08-set	138	5,7	744,3			26,2	2691,1	53,9	2,8	2,3
09-set	139	5,7	750,0			26,7	2717,8	50,8	2,4	2,3
10-set	140	5,7	755,7			25,4	2743,2	53,0	2,6	2,2
11-set	141	4,7	760,4			25,7	2768,9	51,7	1,8	2,2
12-set	142	5,3	765,8			25,7	2794,6	48,7	2,6	2,2
13-set	143	5,2	770,9			21,1	2815,7	66,0	3,8	1,8
14-set	144	1,4	772,4		7,7	18,4	2834,1	91,4	2,5	1,6
15-set	145	2,4	774,8		0,6	21,4	2855,5	82,8	2,4	1,8
16-set	146	4,0	778,8		0,2	22,1	2877,6	73,1	1,8	1,9
17-set	147	4,4	783,2		0,4	24,3	2901,9	63,6	2,5	2,1
18-set	148	4,5	787,7			24,2	2926,1	63,6	2,4	2,1
19-set	149	4,5	792,2		31,5	23,4	2949,5	68,7	2,3	2,0
20-set	150	4,3	796,5			23,6	2973,1	69,6	2,6	2,0
21-set	151	4,7	801,2			21,7	2994,8	69,5	3,4	1,9
22-set	152	4,2	805,5			19,6	3014,4	66,1	2,6	1,7
23-set	153	4,1	809,6			22,1	3036,5	61,4	1,9	1,9
24-set	154	3,8	813,4			23,2	3059,7	57,1	1,7	2,0
25-set	155	3,8	817,2			22,4	3082,1	60,2	2	1,9
26-set	156	2,2	819,5			21,0	3103,1	66,9	1,6	1,8
27-set	157	2,3	821,7		3,8	19,5	3122,6	82,6	2,6	1,7
28-set	158	2,2	823,9			18,0	3140,6	83,1	2,7	1,6
29-set	159	3,2	827,2		0,2	18,6	3159,2	78,1	2,4	1,6
30-set	160	3,3	830,5			20,5	3179,7	73,6	4	1,8
01-out	161	2,4	832,9		4,4	19,0	3198,7	85,0	3,1	1,6

Quadro 31 - Continuação

Dia	Dias após a emergência	ETO		Dotação	Precipitação	Temperatura média	Temperatura Média acum.	Humidade	Vel. Vento	Radiação Líquida
		ETO	Acumulada							
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	m/s	RL MJ m/2 dia
19-jun	57	6,6	269,4			19,1	847,2	61,6	4,7	1,7
20-jun	58	6,9	276,3	14,8		19,6	866,8	58,4	3,7	1,7
21-jun	59	4,6	280,9			18,6	885,4	72,1	4,7	1,6
22-jun	60	5,9	286,8			18,6	904,0	61,4	4,6	1,6
23-jun	61	6,9	293,8			20,5	924,5	52,2	3,2	1,8
24-jun	62	6,9	300,7			22,6	947,1	52,8	2,7	2,0
25-jun	63	7,1	307,8	20		21,8	968,9	56,2	3,4	1,9
26-jun	64	5,6	313,4			19,4	988,3	69,3	5,2	1,7
27-jun	65	6,6	320,0			17,4	1005,7	57,1	5,4	1,5
28-jun	66	5,3	325,3	20		15,3	1021,0	61,0	5,4	1,3
29-jun	67	4,1	329,4			15,5	1036,5	64,1	3,9	1,3
30-jun	68	5,1	334,6			17,1	1053,6	59,0	2,7	1,5
01-jul	69	2,0	336,6		23,0	16,2	1069,8	84,6	2,2	1,4
02-jul	70	4,2	340,8		0,2	16,9	1086,7	69,5	3,9	1,5
03-jul	71	6,1	346,9			16,8	1103,5	59,9	5,1	1,5
04-jul	72	6,5	353,4			19,1	1122,6	59,0	4,4	1,7
05-jul	73	8,0	361,4			23,0	1145,6	44,2	4,3	2,0
06-jul	74	9,4	370,7			26,2	1171,8	35,2	5	2,3
07-jul	75	7,3	378,1			25,6	1197,4	45,3	2,5	2,2
08-jul	76	6,6	384,7	24,6		22,4	1219,8	63,4	3,9	1,9
09-jul	77	6,0	390,7			20,2	1240,0	66,9	3,8	1,7
10-jul	78	6,5	397,2			21,1	1261,1	63,3	4,7	1,8
11-jul	79	6,6	403,8	23,6		22,8	1283,9	54,8	3,4	2,0
12-jul	80	6,6	410,5			24,6	1308,5	49,8	2,7	2,1
13-jul	81	6,5	417,0			24,6	1333,1	52,5	2,7	2,1
14-jul	82	4,2	421,2		15,8	20,5	1353,6	75,8	2,7	1,8
15-jul	83	4,3	425,5		6,9	19,5	1373,1	81,2	3,8	1,7
16-jul	84	1,9	427,4			19,0	1392,1	87,5	2,9	1,6
17-jul	85	3,8	431,3		0,2	22,3	1414,4	73,9	2	1,9
18-jul	86	6,7	438,0			26,6	1441,0	52,9	2,8	2,3
19-jul	87	8,0	446,0			28,8	1469,8	41,0	3,1	2,5
20-jul	88	7,9	453,9			28,1	1497,9	46,3	3,3	2,4
21-jul	89	7,1	461,0			23,2	1521,1	59,3	3,5	2,0
22-jul	90	5,8	466,8	20		20,9	1542,0	67,9	3,5	1,8
23-jul	91	4,1	470,9			20,4	1562,4	71,0	2,7	1,8
24-jul	92	5,4	476,3			23,9	1586,3	64,1	2,3	2,1
25-jul	93	7,8	484,0			29,3	1615,6	40,8	3,5	2,5
26-jul	94	7,9	492,0			30,2	1645,8	35,8	2,8	2,6
27-jul	95	8,1	500,1			27,1	1672,9	39,8	3,3	2,3
28-jul	96	6,3	506,4	30		26,4	1699,3	58,4	2,5	2,3
29-jul	97	4,8	511,2			25,9	1725,2	64,8	2,7	2,2
30-jul	98	5,8	517,0		12,9	27,0	1752,2	59,1	2,4	2,3
31-jul	99	6,5	523,5			28,6	1780,8	53,6	2,2	2,5
01-ago	100	6,7	530,2			29,2	1810,0	45,5	2,1	2,5
02-ago	101	7,7	537,9			27,5	1837,5	49,2	3,6	2,4
03-ago	102	5,9	543,8			24,0	1861,5	65,1	2,7	2,1
04-ago	103	5,4	549,2	14,2		22,1	1883,6	72,1	4,1	1,9
05-ago	104	6,4	555,6			20,7	1904,3	60,9	5	1,8
06-ago	105	5,6	561,2			19,6	1923,9	65,3	5,7	1,7
07-ago	106	4,6	565,8			19,9	1943,8	67,8	3,5	1,7
08-ago	107	5,9	571,7			22,5	1966,3	57,3	2,8	1,9
09-ago	108	5,9	577,6			22,4	1988,7	56,0	3,5	1,9
10-ago	109	4,4	582,0			20,8	2009,5	69,2	3,6	1,8
11-ago	110	5,5	587,5			22,1	2031,6	63,3	2,5	1,9
12-ago	111	6,1	593,7			25,3	2056,9	55,2	3	2,2
13-ago	112	6,3	600,0			26,4	2083,3	55,3	2,7	2,3
14-ago	113	6,8	606,8			27,3	2110,6	45,8	2,7	2,4

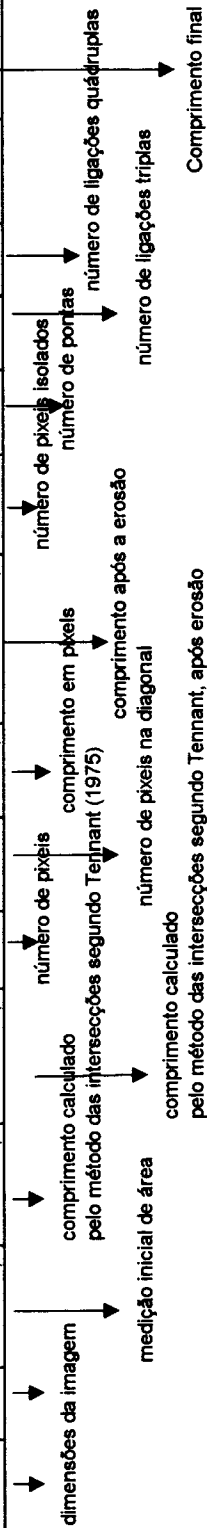
Quadro 33 - Valores de comprimento e diâmetro de uma amostra de raiz de girassol, com diferentes graus de distribuição

Localização dos ficheiros: D:\Dados\Mederaiz\Nestes 03-03-1998 16:09:29
 150 PPP (DPI) Ton 0 FLig 2 FPisolado 0,5 FPontas 0

PPP 150 pontos por polegada equivale a 59 pontos por cm
 Ton Valor de tonalidade, para imagens em tons de cinzento De preto (0) a quase branco (32)
 FLig Factor de compensação por ligação (tripla ou quádrupla)
 FPisolado Factor de compensação por pontos isolados
 FPontas Factor de compensação por ponta



Nome do ficheiro	Largura (mm)	Altura (mm)	AreaInicial (mm ²)	TennantAE (mm)	TennantAE (mm)	TennantApE (mm)	NPixel	NPixelID	CPixel	ComprimentoApE (mm)	FPisolado	NPonta	LTri	LQua	Diâmetro (mm)	CompFinal (mm)
A-150.BMP	133	139	601,7	2680,1	2779,9	14107	7714	16079,8	2722,9	123	1125	1239	63	0,22	3153,4	
B-150.BMP	133	139	21,7	237,8	183,3	932,2	266,7	940,7	159,3	29,6	224,7	418,2	37,9	0,0	26,7	
C-150.BMP	133	139	3,6%	8,9%	6,6%	6,6%	3,5%	5,9%	5,9%	24,0%	20,0%	33,7%	60,6%	1,98%	0,85%	
C1-150.BMP	133	139	555,5	2168,9	2392,6	12114	7198	14091,1	2386,1	71	660	2098	141	0,23	3138,4	
C2-150.BMP	133	139	582,0	2443,8	2589,4	13209	7406	15143,5	2564,3	89	897	1697	102	0,23	3166,0	
C3-150.BMP	133	139	599,0	2655,9	2764,6	13981	7719	15970,3	2704,3	119	1033	1356	72	0,22	3177,8	
C4-150.BMP	133	139	611,6	2777,6	2859,6	14494	7890	16502,4	2794,4	126	1181	1156	55	0,22	3193,9	
C5-150.BMP	133	139	614,7	2820,1	2887,4	14693	7813	16641,1	2817,9	126	1255	989	30	0,22	3152,3	
C6-150.BMP	133	139	630,7	2972,4	3012,5	15279	8113	17299,4	2929,4	171	1390	753	23	0,22	3177,7	



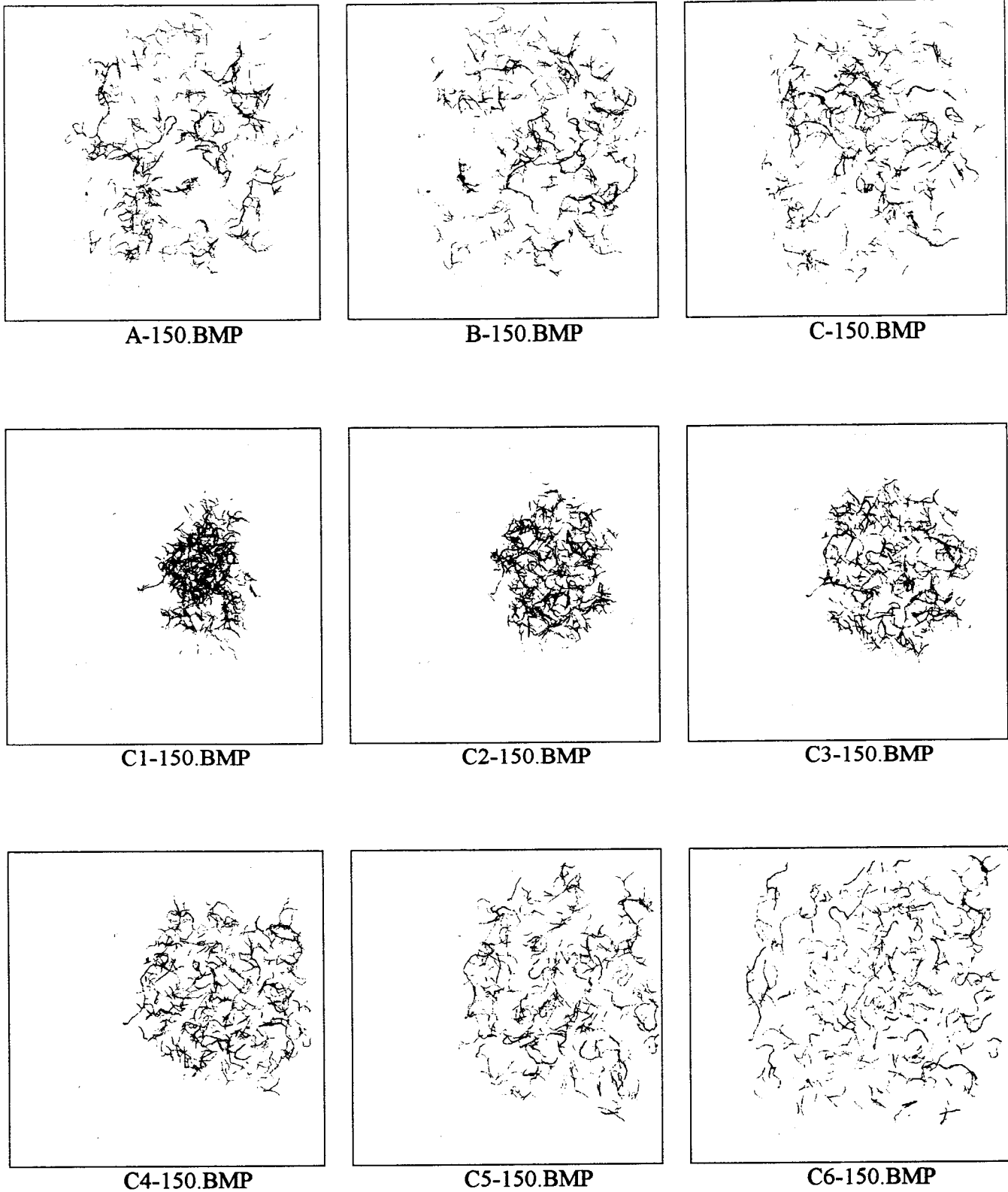


Figura 33 - Imagens de uma amostra de raiz de girassol, com graus de distribuição diferentes

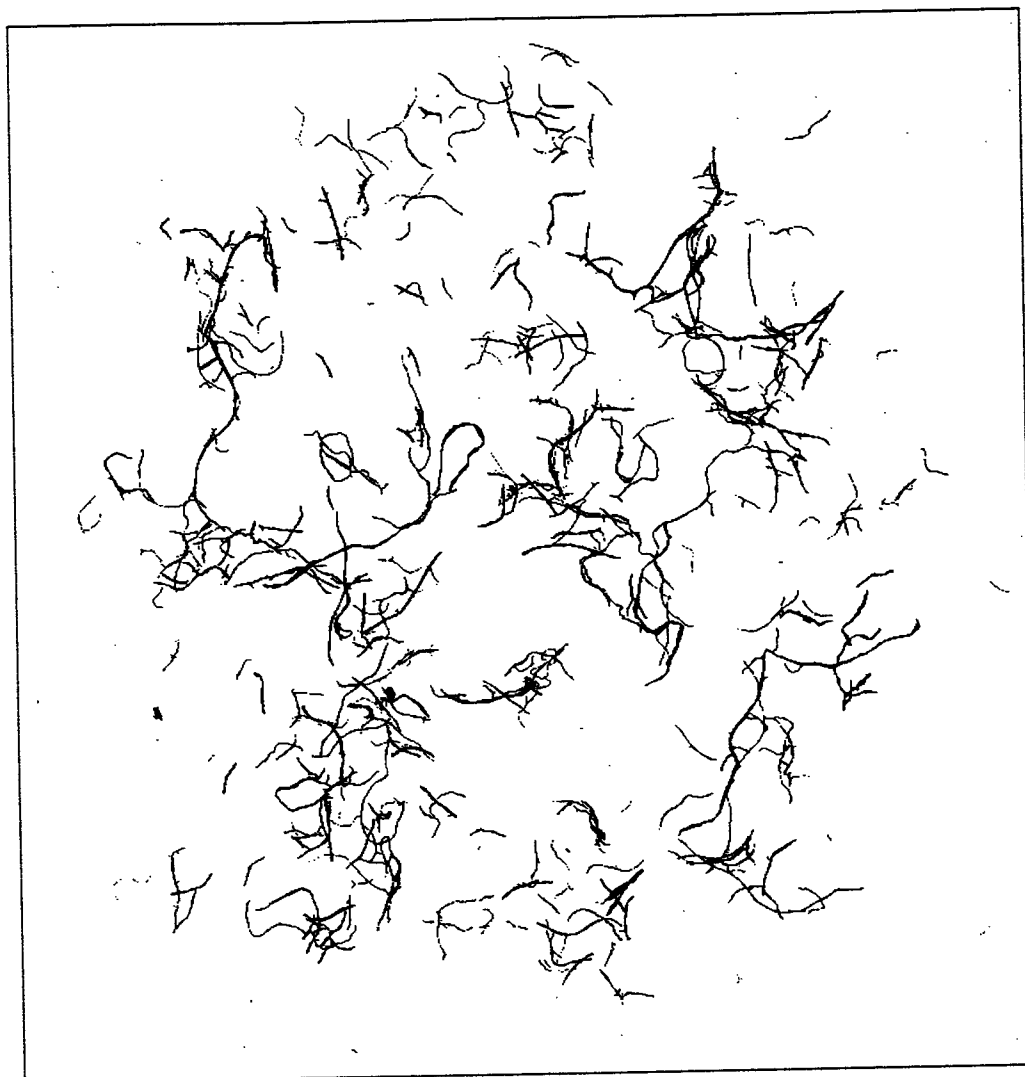


Figura 34 - Imagem A-150.BMP, no seu tamanho original, tal como digitalizada