

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO
NA CULTURA DO GIRASSOL**



142 227

Pedro Manuel do Vale Oliveira e Silva

Orientador: Professor Doutor Mário J. G. P. R. de Carvalho

Esta tese não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

ÉVORA

2 0 0 2

À JOANA

À TERESA

À ANA

AGRADECIMENTOS

Diversas pessoas contribuíram para a realização do presente trabalho. A todos expresso o meu sincero reconhecimento.

Pelo apoio particularmente relevante justifica-se uma referência especial:

- ao Professor Doutor Mário de Carvalho, meu orientador científico, agradeço as inúmeras e úteis sugestões e críticas que me dirigiu bem como a disponibilidade que sempre manifestou,
- ao Professor Doutor Carlos Arruda Pacheco agradeço o valioso apoio prestado na caracterização do solo do campo experimental e a disponibilidade que sempre demonstrou,
- ao Engenheiro João Paulo Mendes agradeço o apoio na componente experimental e no tratamento dos dados obtidos, bem como as inúmeras e úteis sugestões recebidas,
- ao Professor Doutor Gottlieb Basch agradeço o apoio prestado na instalação do campo experimental bem como as úteis sugestões recebidas,
- ao Professor Doutor José Calado Barros e ao Professor Doutor Pedro Alpendre agradeço o excelente ambiente de trabalho ao longo do período de ensaios bem como as úteis sugestões e críticas recebidas,
- aos meus Alunos, em especial ao Engenheiro Luís Miguel Boteta, ao Engenheiro Paulo Sim Sim Dias e ao João Paulo Gomes, agradeço o valioso apoio na componente experimental e no tratamento dos dados obtidos,
- aos Alunos da Universidade de Évora agradeço o apoio na componente experimental, nomeadamente na determinação da quantidade de raízes da cultura,
- aos Colegas da Escola Superior Agrária de Beja, em especial ao Engenheiro José António Penacho, à Engenheira Isabel Guerreiro, à Engenheira Sofia Ramôa, ao Engenheiro Isaurindo Oliveira, ao Engenheiro Francisco Garcia, ao Engenheiro José Regato e ao Engenheiro João Portugal Fernandes, agradeço a ajuda amiga que muito contribui para a concretização deste trabalho,
- aos Funcionários da Escola Superior Agrária de Beja e da Universidade de Évora agradeço o apoio prestado na realização da componente experimental do trabalho,

- ao Dr. João Matos agradeço o apoio na caracterização da geologia e geomorfologia,
- ao Professor Doutor Ricardo Jorge agradeço a cedência do penetrógrafo utilizado nos primeiros anos de ensaio,
- ao Professor Doutor José Pimentel Castro Coelho agradeço a ajuda amiga e a permanente disponibilidade,
- à minha Mulher agradeço todo o apoio prestado ao longo destes anos sem o qual teria sido impossível a realização deste trabalho,
- ao meu Pai agradeço a revisão do texto e as úteis sugestões recebidas.

ÍNDICE

	pág.
RESUMO.....	i
ÍNDICE DE QUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
I. Introdução. Revisão Bibliográfica	1
1. Introdução.....	1
2. A cultura do girassol de sequeiro em ambiente mediterrâneo.....	2
2.1. Desenvolvimento em condições não limitantes	3
2.2. O clima mediterrâneo e a cultura.....	4
2.3. Desenvolvimento em condições de défice hídrico	5
2.3.1. Efeito do défice hídrico sobre o crescimento e a repartição da biomassa.....	6
2.3.2. Efeito do défice hídrico sobre a produção	7
2.4. Influência da técnica cultural.....	8
2.4.1. A técnica tradicional no Alentejo	8
2.4.2. Variedade. Data de sementeira. Densidade de sementeira.....	9
2.4.3. Mobilização do solo	10
2.5. Emergência e estabelecimento da cultura	11
2.5.1. Efeito das propriedades físicas do solo	11
2.5.2. Efeito da tecnologia de sementeira.....	13

2.5.3. Emergência e estabelecimento da cultura do girassol: o caso particular dos Vertisols	15
3. Efeito dos sistemas de mobilização sobre as propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo.....	17
3.1. A compactação do solo e o desenvolvimento das plantas	18
3.1.1. Efeito no crescimento das plantas	19
3.1.2. Relação entre a resistência do solo à penetração e o crescimento das raízes.....	20
3.2. Sistema convencional <i>versus</i> mobilização reduzida ou sementeira directa.....	22
3.2.1. Efeito sobre as propriedades mecânicas do solo.....	23
3.2.2. Efeito sobre as propriedades hidrológicas do solo.....	24
3.2.3. Efeito sobre a temperatura do solo	26
3.2.4. Efeito sobre as propriedades químicas do solo.....	26
3.2.5. Ensaio em Vertisols	28
II. Materiais e métodos	31
1. Localização e caracterização do campo experimental	31
1.1. Localização e informação geral sobre o local	31
1.2. Geologia, geomorfologia e topografia.....	31
1.3. Solo	32
1.4. Clima	36
1.4.1. Classificação climática e valores históricos dos elementos climáticos	36
1.4.2. Caracterização climática do período de ensaios.....	37

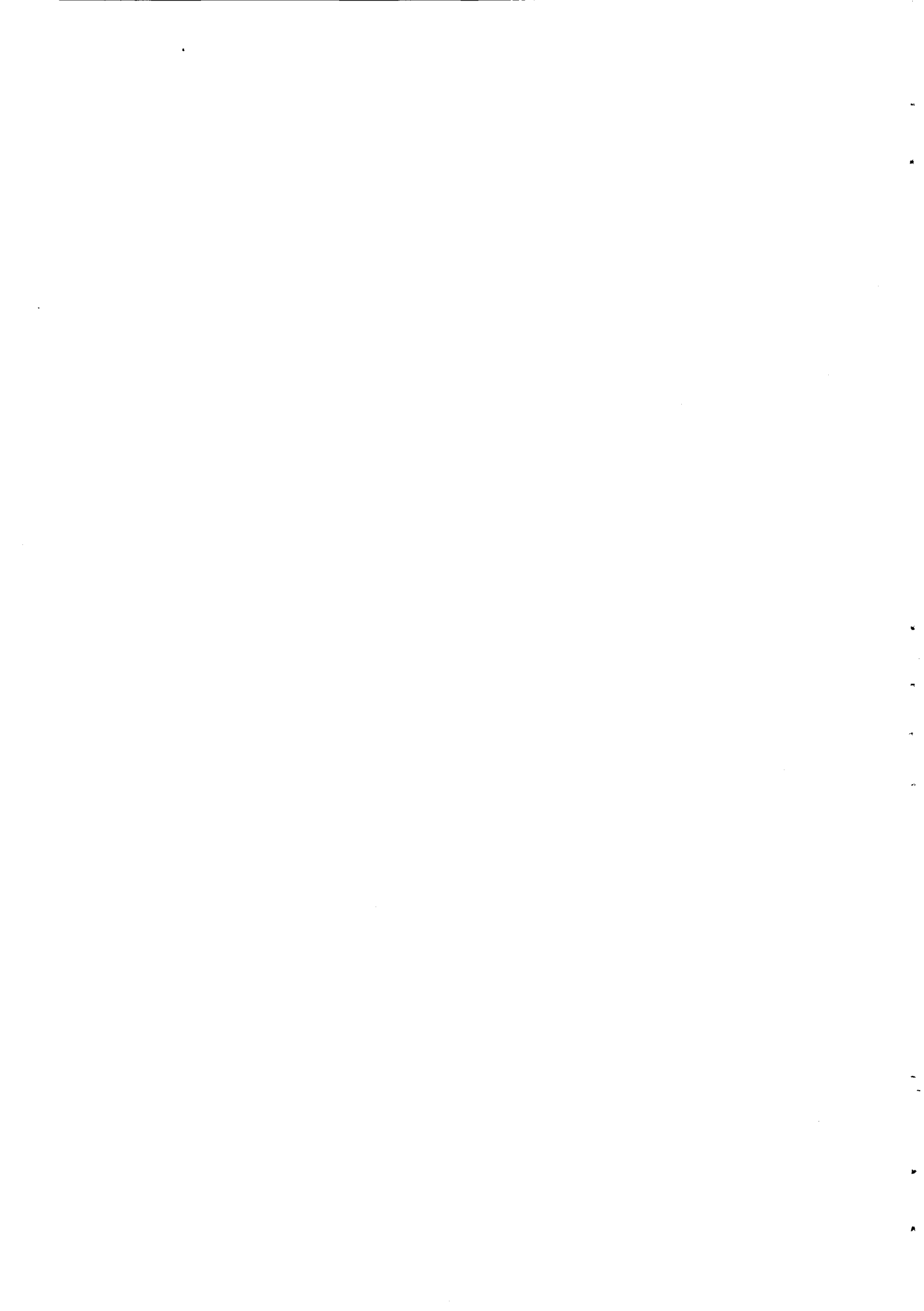
2. Delineamento experimental, instalação e condução do ensaio de campo.....	41
2.1. Delineamento experimental.....	41
2.2. Instalação e condução do ensaio de campo	43
2.2.1. Mobilização do solo	43
2.2.2. Sementeira	44
2.2.3. Fertilização, controlo de infestantes e outras técnicas culturais	45
2.2.4. Alterações ao protocolo de ensaio.....	45
2.2.5. Cronologia das determinações de campo	46
3. Desenvolvimento da cultura do girassol	47
3.1. Ciclo cultural.....	47
3.2. Análise do crescimento. Produção da cultura e componentes da produção.....	47
4. Propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo.....	50
4.1. Propriedades mecânicas do solo.....	50
4.1.1. Massa volúmica aparente.....	50
4.1.2. Resistência do solo à penetração	52
4.2. Propriedades hidrológicas do solo.....	54
4.2.1. Porosidade total, microporosidade e macroporosidade.....	54
4.2.2. Condutividade hidráulica saturada.....	55
4.2.3. Taxa de infiltração.....	57
4.3. Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados	58
4.4. Teor e potencial de água no solo.....	59

4.5. Propriedades químicas do solo.....	62
5. Métodos estatísticos utilizados na análise dos dados	63
5.1. Métodos comuns a todas as variáveis estudadas	63
5.2. Métodos específicos do desenvolvimento da cultura	65
5.3. Métodos específicos das propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo	66
6. Correção da profundidade	68
III. Resultados e sua análise	69
1. Efeito dos sistemas de mobilização do solo sobre o desenvolvimento da cultura do girassol.....	69
1.1. Ciclo cultural.....	69
1.2. Produção da cultura e componentes da produção	71
1.2.1. Análise de variância.....	71
1.2.2. Produção da cultura.....	73
1.2.3. Componentes da produção: número de grãos por unidade de área e peso de 1000 grãos	75
1.2.4. Relação entre a produção e suas componentes.....	77
1.2.5. Análise das componentes que determinam o número de grãos por unidade de área: número de capítulos por unidade de área e número de grãos por capítulo	78
1.2.6. Conclusões gerais.....	81
1.3. Densidade populacional da cultura.....	83
1.3.1. Análise de variância.....	83

1.3.2. Evolução da densidade populacional entre a sementeira e a colheita	84
1.3.3. População emergida.....	86
1.3.4. Relações entre a população e a produção.....	87
1.3.5. Conclusões gerais.....	91
1.4. Crescimento da cultura e repartição da biomassa.....	93
1.4.1. Análise do crescimento da cultura	93
1.4.1.1. Análise de variância.....	93
1.4.1.2. Efeito dos factores mobilização do solo e data de sementeira sobre o crescimento da parte aérea em 1993.....	93
1.4.1.3. Efeito do factor mobilização do solo sobre o crescimento da parte aérea e da raiz em 1995.....	96
1.4.1.4. Efeito do factor mobilização do solo sobre o crescimento da parte aérea em 1996	99
1.4.2. Repartição da biomassa e crescimento da planta no fim do ciclo cultural	100
1.4.2.1. Repartição da biomassa	100
1.4.2.2. Altura das plantas e diâmetro do capítulo.....	103
1.4.3. Conclusões gerais.....	106
2. Efeito dos sistemas de mobilização sobre as propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo.....	108
2.1. Propriedades mecânicas do solo.....	108
2.1.1. Análise de variância.....	108
2.1.2. Massa volúmica aparente.....	108

2.1.3. Resistência do solo à penetração	111
2.1.3.1. Resistência do solo à penetração nas unidades experimentais	111
2.1.3.2. Resistência do solo à penetração na zona da linha	117
2.1.4. Conclusões gerais.....	119
2.2. Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados	120
2.3. Propriedades hidrológicas do solo.....	122
2.3.1. Porosidade	122
2.3.1.1. Porosidade total	122
2.3.1.2. Macroporosidade	124
2.3.2. Retenção e movimento da água no solo	125
2.3.2.1. Análise de variância.....	125
2.3.2.2. Retenção da água no solo.....	126
2.3.2.3. Condutividade hidráulica saturada.....	126
2.3.2.4. Taxa de infiltração.....	128
2.3.3. Conclusões gerais.....	132
2.4. Teor e potencial de água no solo.....	133
2.4.1. Análise de variância.....	133
2.4.2. Efeito dos factores mobilização do solo e data de sementeira em 1993.....	133
2.4.3. Efeito do factor mobilização do solo no período de ensaios	137
2.4.4. Conclusões gerais.....	137
2.5. Propriedades químicas do solo.....	140

2.5.1. Análise de variância.....	140
2.5.2. pH do solo	141
2.5.3. Matéria orgânica	141
2.5.4. Fósforo e potássio.....	142
IV. Conclusão.....	145
BIBLIOGRAFIA	147
ANEXO A. Solo	171
ANEXO B. Clima	179
ANEXO C. Cronologia das determinações de campo	189
ANEXO D. Correção da profundidade	193
ANEXO E. Análises de variância	195
ANEXO F. Efeito dos sistemas de mobilização sobre as propriedades físicas e hidrológicas do solo	227



RESUMO

A necessidade de redução dos custos de produção da cultura do girassol obriga a alterações da tecnologia tradicionalmente utilizada, nomeadamente do sistema de mobilização do solo, que representa uma parte importante dos encargos totais. A este objectivo de natureza económica associa-se outro de carácter ambiental resultante da necessidade de impedir a degradação dos solos, para a qual contribuem os sistemas de mobilização convencionais.

Para avaliar a viabilidade da redução da intensidade da mobilização do solo na cultura do girassol comparou-se experimentalmente, em condições de sequeiro mediterrâneo e em solos representativos das condições de produção na região do Alentejo, o sistema convencional baseado na lavoura com charrua de aivecas com a mobilização reduzida e a sementeira directa. O ensaio realizado incluiu também duas épocas de sementeira, a época habitual para a Região e a antecipação da sementeira para meados de Fevereiro.

A análise incidu sobre as relações solo-planta, que foram caracterizadas através de um conjunto de parâmetros relativos ao desenvolvimento da planta e às principais propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo, obtidos experimentalmente ao longo dos quatro anos (1993 – 1997) de ensaios.

Conclui-se que é possível, actuando simultaneamente sobre a data de sementeira, substituir o sistema convencional de mobilização do solo por sistemas mais conservativos como a mobilização reduzida ou a sementeira directa, sem afectar significativamente a produção da cultura do girassol. No entanto, mesmo com a antecipação da sementeira, mantém-se elevado o risco de insucesso na sementeira directa. Neste sistema o principal factor limitante da produção é a densidade populacional, que se revelou fortemente dependente da ocorrência de precipitação após a sementeira.

A influência da tecnologia de sementeira sobre o estabelecimento da cultura é outro aspecto importante que necessita de ser aperfeiçoado de modo a permitir, nos anos em que as condições climáticas são mais desfavoráveis, obter melhores resultados na sementeira directa.

Relativamente às propriedades do solo conclui-se que é essencialmente o efeito sobre a resistência mecânica que diferencia os sistemas de mobilização, encontrando-se as condições mais favoráveis no sistema tradicional e as maiores limitações na sementeira directa.



ÍNDICE DE QUADROS

	pág.
Quadro 2.1. - Dados analíticos físicos e químicos relativos à série A: teores de elementos grosseiros ($EG / \%$), de argila ($A / \%$), de matéria orgânica ($MO / \%$), de carbonatos livres ($CaCO_3 / \%$), $pH (H_2O)$, capacidade de troca catiônica ($T / cmol(+).kg^{-1}$) e grau de saturação em bases ($V / \%$).	35
Quadro 2.2. - Teores de água à capacidade de campo ($\theta_{V(CC)} / m^3.m^{-3}$) e em equilíbrio com uma pressão de 15 bar ($\theta_{V(15bar)} / m^3.m^{-3}$), relativos à série A; altura equivalente à água utilizável pelas plantas $da_{(u)} / mm$	35
Quadro 2.3. - Dados analíticos físicos e químicos relativos à série B: teores de elementos grosseiros ($EG / \%$), de argila ($A / \%$), de matéria orgânica ($MO / \%$), de carbonatos livres ($CaCO_3 / \%$), $pH (H_2O)$, capacidade de troca catiônica ($T / cmol(+).kg^{-1}$) e grau de saturação em bases ($V / \%$).	35
Quadro 2.4. - Teores de água à capacidade de campo ($\theta_{V(CC)} / m^3.m^{-3}$) e em equilíbrio com uma pressão de 15 bar ($\theta_{V(15bar)} / m^3.m^{-3}$), relativos à série B; altura equivalente à água utilizável pelas plantas $da_{(u)} / mm$	36
Quadro 2.5.(a) - Precipitação (R / mm) acumulada desde 1 de Setembro do ano anterior e em cada uma das fases do ciclo cultural, coeficiente cultural (K_C) e evapotranspiração cultural (ET_C / mm) em cada uma das fases do ciclo e diferença entre a precipitação e a evapotranspiração cultural ($R - ET_C / mm$): anos agrícolas de 1992-1993 e 1994-1995.	38
Quadro 2.5.(b) - Precipitação (R / mm) acumulada desde 1 de Setembro do ano anterior e em cada uma das fases do ciclo cultural, coeficiente cultural (K_C) e evapotranspiração cultural (ET_C / mm) em cada uma das fases do ciclo e diferença entre a precipitação e a evapotranspiração cultural ($R - ET_C / mm$): anos agrícolas de 1995-1996 e 1996-1997.	39
Quadro 2.6. – Temperatura média do ar ($T_{med} / ^\circ C$), média das temperaturas máximas ($T_{max} / ^\circ C$), média das temperaturas mínimas ($T_{min} / ^\circ C$), temperatura média do solo à profundidade de 0.10 m ($T_{solo} / ^\circ C$), evapotranspiração cultural (ET_C / mm) e precipitação (R / mm) no período sementeira–emergência, nos anos agrícola de 1992-1993, de 1994-1995, de 1995-1996 e de 1996-1997.	40
Quadro 2.7. – Principais fases de desenvolvimento da cultura do girassol e estados fenológicos que as delimitam.	47

Quadro 2.8. - Relação entre a quantidade de matéria seca das folhas (MSF), variável independente, e a área foliar total da planta (AF_f), variável dependente: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).....	49
Quadro 2.9. - Relação entre contagens normalizadas obtidas com a sonda A e com a sonda B. Relação entre a massa volúmica aparente do solo húmido ($\rho_{ap(h)}$ / $Mg.m^{-3}$) e a contagem normalizada (C_n).	51
Quadro 2.10. - Relação entre o teor de água em volume do solo (θ_V / $m^3.m^{-3}$) e a contagem normalizada (C_n).	61
Quadro 2.11. - Curvas de calibração da sonda de neutrões: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).....	61
Quadro 3.1. - Data média de ocorrência dos principais estados fenológicos (data, número de dias após a sementeira e número de dias após a emergência) e duração média das principais fases de desenvolvimento da cultura do girassol.	70
Quadro 3.2. - Produção de grão ($PROD$), teor de gordura no grão (TG), número de grãos por unidade de área (NGA), peso de mil grãos ($P1000G$), número de capítulos por unidade de área (NCA) e número de grãos por capítulo (NGC). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.....	72
Quadro 3.2.(a) – Produção da cultura: produção de grão ($PROD$ / $g.m^{-2}$) e teor de gordura no grão (TG / %). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e da interacção anos x mobilizações x datas.	73
Quadro 3.2.(b) – Produção da cultura: produção de grão ($PROD$) e teor de gordura no grão (TG), expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	74
Quadro 3.3.(a) – Componentes da produção: número de grãos por unidade de área (NGA / $grãos.m^{-2}$) e peso de 1000 grãos ($P1000G$ / g). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interacções anos x mobilizações e anos x mobilizações x datas.	76
Quadro 3.3.(b) – Componentes da produção: número de grãos por unidade de área (NGA) e peso de 1000 grãos ($P1000G$), expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	77
Quadro 3.4. - Coeficientes de correlação (r) calculados por análise de correlação linear simples entre os valores da variável produção de grão ($PROD$) e os valores das variáveis	

número de grãos por unidade de área (<i>NGA</i>) e peso de 1000 grãos (<i>P1000G</i>).....	78
Quadro 3.5.(a) – Componentes da produção: número de capítulos por unidade de área (<i>NCA / cap.m²</i>) e número de grãos por capítulo (<i>NGC / grãos.cap⁻¹</i>). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações, anos x mobilizações x datas e mobilizações x datas.....	79
Quadro 3.5.(b) – Componentes da produção: número de capítulos por unidade de área (<i>NCA</i>) e número de grãos por capítulo (<i>NGC</i>), expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	80
Quadro 3.6. - Coeficientes de correlação (<i>r</i>) calculados por análise de correlação linear simples entre os valores da variável número de grãos por unidade de área (<i>NGA</i>) e os valores das variáveis número de capítulos por unidade de área (<i>NCA</i>) e número de grãos por capítulo (<i>NGC</i>).....	81
Quadro 3.7. - População emergida (<i>POPEM</i>) e relações entre a população emergida e a população potencial (<i>POPEM/POPP</i>) e entre a população produtiva e a população emergida (<i>NCA/POPEM</i>). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de <i>F</i> estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.....	83
Quadro 3.8.(a) - Relações entre a população produtiva e a população emergida (<i>NCA/POPEM</i>) e entre a população emergida e a população potencial (<i>POPEM/POPP</i>). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios das interações anos x mobilizações, mobilizações x datas de sementeira e anos x mobilizações x datas de sementeira.....	85
Quadro 3.8.(b) - Relações entre a população produtiva e a população emergida (<i>NCA/POPEM</i>) e entre a população emergida e a população potencial (<i>POPEM/POPP</i>) expressas em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	86
Quadro 3.9.(a) – População emergida (<i>POPEM / plantas.m⁻²</i>). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e da interacção mobilizações x datas de sementeira.....	87
Quadro 3.9.(b) – População emergida (<i>POPEM</i>) expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	87
Quadro 3.10. - Relações entre os valores da população produtiva (<i>NCA</i>) e os valores da produção de grão (<i>PROD</i>), variável dependente, obtidas por análise de regressão não linear simples: dimensão da amostra (<i>n</i>), coeficientes da regressão (<i>a</i> , <i>b₁</i> e <i>b₂</i>), coeficiente de determinação ajustado (<i>R_a²</i>) e teste de <i>F</i> à significância da regressão.	88
Quadro 3.11. – Relação entre a produção real (<i>PROD</i>) nas unidades experimentais com sementeira directa, variável independente, e a produção potencial (<i>PROD_p</i>), variável dependente, obtida por análise de regressão linear simples: dimensão da amostra (<i>n</i>), ordenada na origem (<i>a</i>), declive (<i>b</i>), coeficiente de determinação (<i>r²</i>), teste de <i>F</i> à	

significância da regressão e testes de $t(t_{a0}, t_{b1})$ à aproximação do modelo à relação 1:1.....	89
Quadro 3.12. - Índice de área foliar (<i>IAF</i>), duração da área foliar (<i>DAF</i>), taxa de crescimento da cultura (<i>TCC</i>), diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i>), altura das plantas (<i>ALT</i>), relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (<i>MSCAP/MSF+C</i>), comprimento da raiz (<i>CRAIZ</i>), e matéria seca na raiz (<i>MSRAIZ</i>). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de <i>F</i> observados e respectivos níveis de significância.	94
Quadro 3.13.(a) - Valores médios do índice de área foliar (<i>IAF</i> / $m^2.m^{-2}$) e da duração da área foliar (<i>DAF</i> / dia), no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x datas.....	95
Quadro 3.13.(b) - Valores médios do índice de área foliar (<i>IAF</i>), da área foliar de cada planta (<i>AF</i>) e da duração da área foliar (<i>DAF</i>), no ano de 1993, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	95
Quadro 3.14.(a) – Valores médios do índice de área foliar (<i>IAF</i> / $m^2.m^{-2}$), da duração da área foliar (<i>DAF</i> / dia), da taxa de crescimento da cultura (<i>TCC</i> / $g.m^{-2}.dia^{-1}$), do diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i> / m), da altura das plantas (<i>ALT</i> / m) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (<i>MSCAP/MSF+C</i> / $kg.kg^{-1}$), no tratamento D1, em 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo.....	97
Quadro 3.14.(b) – Valores médios do índice de área foliar (<i>IAF</i>), da duração da área foliar (<i>DAF</i>), da taxa de crescimento da cultura (<i>TCC</i>), do diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i>), da altura das plantas (<i>ALT</i>) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (<i>MSCAP/MSF+C</i>), no tratamento D1, em 1995, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	97
Quadro 3.15.(a) – Valores médios do comprimento da raiz (<i>CRAIZ</i> / $m.m^{-3}$), da relação entre o comprimento da raiz e o índice de área foliar (<i>CRAIZ/IAF</i> / $m.m^{-2}$) e da matéria seca na raiz (<i>MSRAIZ</i> / $kg.m^{-3}$), durante o período correspondente a 2/3 F3, no tratamento D1, no ano de 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo.....	98
Quadro 3.15.(b) – Valores médios do comprimento da raiz (<i>CRAIZ</i>), da relação entre o comprimento da raiz na camada 0.00 – 0.10 m e o índice de área foliar (<i>CRAIZ/IAF</i>) e da matéria seca na raiz (<i>MSRAIZ</i>), durante o período correspondente a 2/3 F3, no tratamento D1, no ano de 1995, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	98
Quadro 3.16.(a) – Valores médios do índice de área foliar (<i>IAF</i> / $m^2.m^{-2}$), da duração da área foliar (<i>DAF</i> / dia), da taxa de crescimento da cultura (<i>TCC</i> / $g.m^{-2}.dia^{-1}$), do diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i> / m), da altura das plantas (<i>ALT</i> / m) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (<i>MSCAP/MSF+C</i> / $kg.kg^{-1}$), no tratamento D1, em 1996. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e da interacção mobilizações x leituras.	99

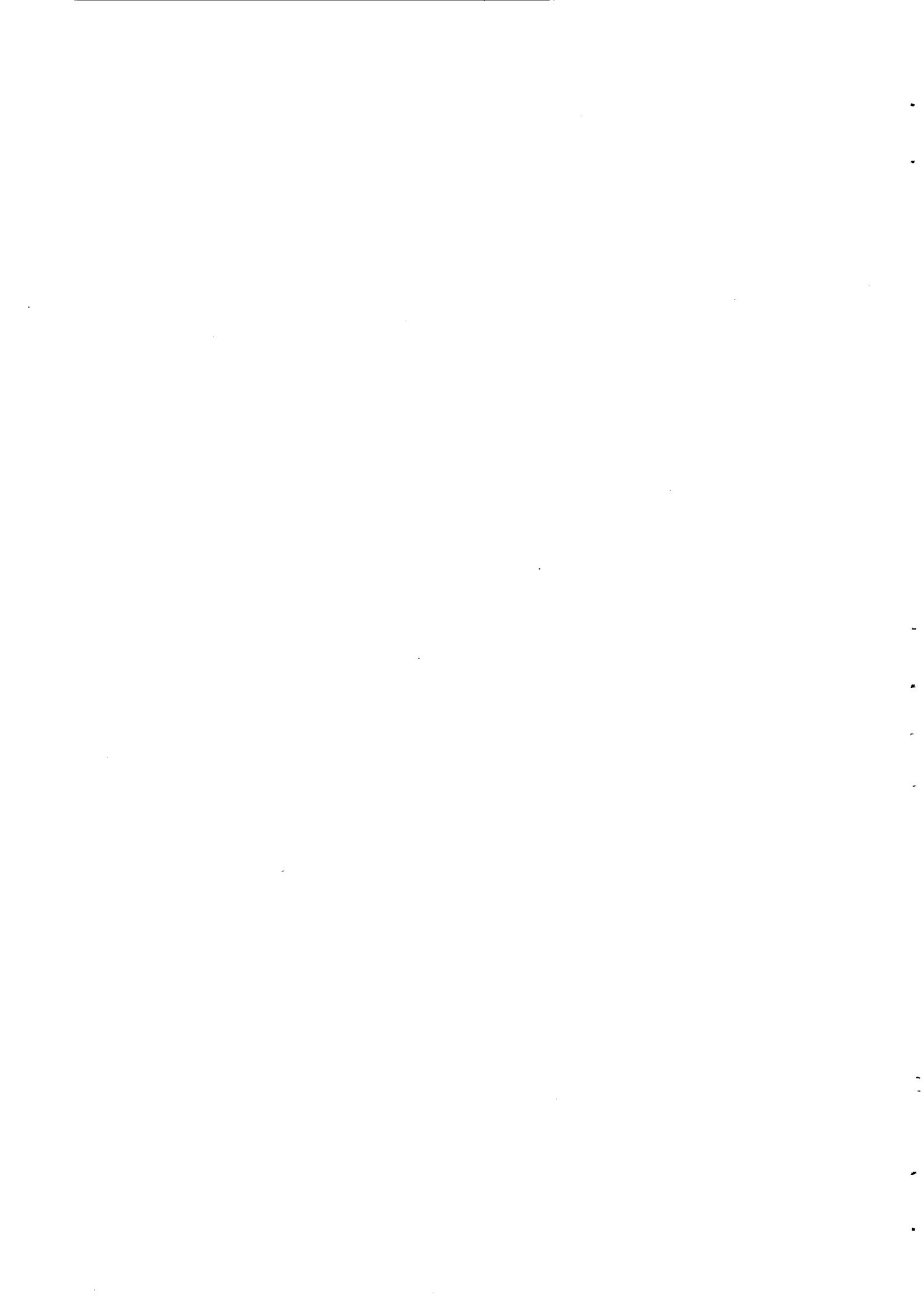
Quadro 3.16.(b) – Valores médios do índice de área foliar (<i>IAF</i>), da duração da área foliar (<i>DAF</i>), da taxa de crescimento da cultura (<i>TCC</i>), do diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i>) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (<i>MSCAP/MSF+C</i>), no tratamento D1, em 1996, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	100
Quadro 3.17. – Índice de colheita (<i>IC</i>) e relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule (<i>MSCAP/MSF+C</i>). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de <i>F</i> estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.	101
Quadro 3.18.(a) – Índice de colheita (<i>IC</i> / kg.kg ⁻¹) e relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule (<i>MSCAP/MSF+C</i> / kg.kg ⁻¹). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações e anos x mobilizações x datas.....	102
Quadro 3.18.(b) – Índice de colheita (<i>IC</i> / %) e relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule (<i>MSCAP/MSF+C</i> / %) expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	103
Quadro 3.19. – Altura das plantas (<i>ALT</i>) e diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i>). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de <i>F</i> estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.	104
Quadro 3.20.(a) – Altura das plantas (<i>ALT</i> / m) e diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i> / m). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações e anos x mobilizações x datas.	105
Quadro 3.20.(b) – Altura das plantas (<i>ALT</i> / %) e diâmetro dos capítulos (<i>DCAP</i> / %) expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	106
Quadro 3.21. – Massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap}) e resistência do solo à penetração (<i>C</i>). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de <i>F</i> observados e respectivos níveis de significância.	109
Quadro 3.22.(a) – Massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap} / Mg.m ⁻³) no tratamento D1, no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios das interações mobilizações x profundidades, mobilizações x leituras e profundidades x leituras.	110
Quadro 3.22.(b) – Valores médios da massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap}) no tratamento D1, no ano de 1993, expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	111
Quadro 3.23. – Valores médios da resistência do solo à penetração (<i>C</i> / MPa), no período 3/3 F0, no tratamento D1, no ano de 1993. Perfis médios obtidos a partir de medições nas zonas da linha e da entrelinha da cultura. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interação mobilizações x profundidades.	112

Quadro 3.24.(a) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1, no tratamento D1, no ano de 1996. Perfis médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L), nos tratamentos com mobilização do solo. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades.	113
Quadro 3.24.(b) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1, no tratamento D1, no ano de 1996. Perfis médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L), nos tratamentos de sementeira directa. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades.	114
Quadro 3.25.(a) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento ALQ. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.	114
Quadro 3.25.(b) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento ESC+. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.	115
Quadro 3.25.(c) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1 (L1) e período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento MOBP. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.	115
Quadro 3.25.(d) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento SDF. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.	116
Quadro 3.25.(e) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento SDD. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.	116
Quadro 3.26. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no período 3/3 F0, no tratamento D1, no ano de 1993. Perfis médios obtidos a partir de medições na zona da linha da cultura. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades.....	117
Quadro 3.27. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1, no tratamento D1, no ano de 1996. Perfis médios obtidos a partir de medições na zona	

da linha e perfil médio (Emed) na entrelinha sem tráfego dos tratamentos de sementeira directa. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades.....	118
Quadro 3.28. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_l / MPa) no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios obtidos a partir de medições na zona da linha e perfil médio (Emed) na entrelinha sem tráfego dos tratamentos de sementeira directa. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.....	118
Quadro 3.29. – Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados: diâmetro médio ponderado obtido por via seca (X_s) e por via húmida (X_h) e diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado ($X_s - X_h$). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.	120
Quadro 3.30.(a) – Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados: diâmetro médio ponderado obtido por via seca (X_s) e por via húmida (X_h) e diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado ($X_s - X_h$), na fase F0, no tratamento D1, em 1997. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo.....	121
Quadro 3.30.(b) – Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados: diâmetro médio ponderado obtido por via seca (X_s) e por via húmida (X_h) e diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado ($X_s - X_h$), no tratamento D1, no ano de 1997, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	121
Quadro 3.31. - Macroporosidade (M). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.	122
Quadro 3.32.(a) – Porosidade total (P / $m^3.m^{-3}$) no tratamento D1, no ano de 1993.	123
Quadro 3.32.(b) – Valores médios da porosidade total (P) no tratamento D1, no ano de 1993, expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	124
Quadro 3.33. – Macroporosidade do solo (M / $m^3.m^{-3}$), no período 1/3 F1, no tratamento D1, no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades.....	124
Quadro 3.34. - Microporosidade (m), condutividade hidráulica saturada (K_{SC}) e taxa de infiltração (TI). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.	125
Quadro 3.35. – Microporosidade do solo (m / $m^3.m^{-3}$), no período 1/3 F1, no tratamento D1, no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades.....	126

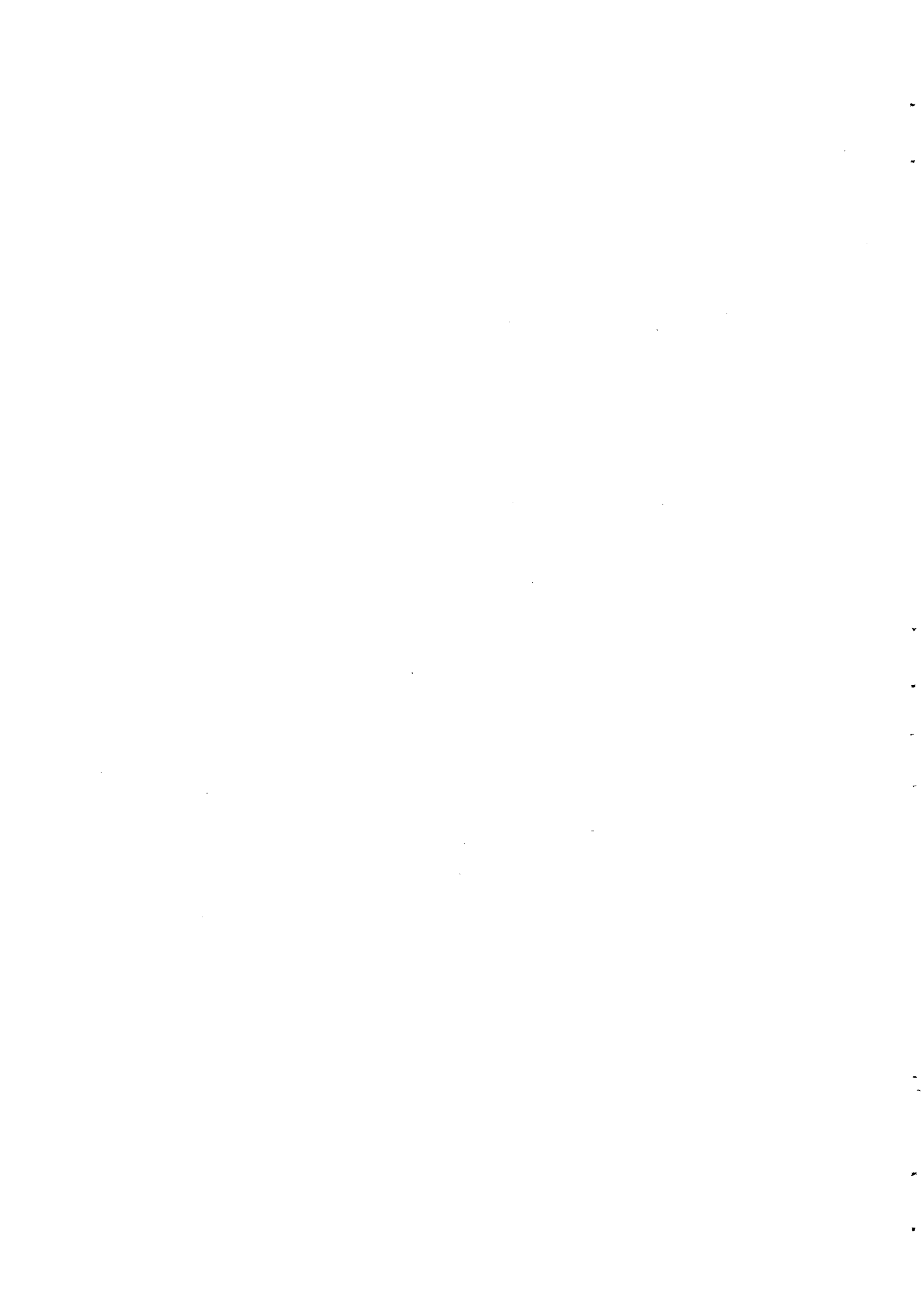
Quadro 3.36.(a) – Condutividade hidráulica saturada ($K_{SC} \times 10^6 / m.s^{-1}$) no tratamento D1. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e do factor profundidade.	127
Quadro 3.36.(b) – Valores médios da condutividade hidráulica saturada (K_{SC}) no tratamento D1, expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	127
Quadro 3.37. – Condutividade hidráulica saturada ($K_{SC} \times 10^6 / m.s^{-1}$), no período 3/3 F1, no ano de 1996. Valores médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e na zona sem tráfego (E), e na linha (L) da cultura. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios do factor profundidade.	128
Quadro 3.38. – Taxa de infiltração ($Tl \times 10^6 / m.s^{-1}$), no período 2-3/3 F1, no tratamento D1, no ano de 1997. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e do factor tensão.	129
Quadro 3.39. - Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ), variável independente, e o logaritmo natural da taxa de infiltração (Tl), variável dependente, obtida por análise de regressão linear simples: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).	130
Quadro 3.40. - Teor de água no solo em massa (θ_m) e em volume (θ_v). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.	134
Quadro 3.41.(a) – Teor ($\theta_v / m^3.m^{-3}$) e potencial (Ψ / kPa) de água no solo em 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) às interacções mobilizações x datas x profundidades e mobilizações x datas x fases. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.	135
Quadro 3.41.(a) – Teor ($\theta_v / m^3.m^{-3}$) e potencial (Ψ / kPa) de água no solo em 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) às interacções mobilizações x datas x profundidades e mobilizações x datas x fases. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras (continuação).	136
Quadro 3.41.(b) – Teor de água no solo (θ_v) no ano de 1993, expresso em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	137
Quadro 3.42.(a) – Teor ($\theta_v / m^3.m^{-3}$) e potencial (Ψ / kPa) de água do solo no tratamento D1, próximo da plena floração (2/3 F2), em 1993, 1996 e 1997. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e/ou entre leituras.	138
Quadro 3.42.(b) – Teor de água no solo (θ_v) no tratamento D1, próximo da plena floração (2/3 F2), em 1993, 1996 e 1997, expresso em percentagem dos valores médios do	

tratamento ALQ.	138
Quadro 3.43. - pH do solo (<i>pH</i>) e teores de matéria orgânica (<i>MO</i>), de fósforo (P_2O_5) e de potássio (K_2O). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.	140
Quadro 3.44. – pH do solo na fase 1/3 F1, no tratamento D1, em 1993 e em 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios do factor profundidade.....	141
Quadro 3.45.(a) – Teor de matéria orgânica (<i>MO</i> / %) na fase 1/3 F1, no tratamento D1, em 1993 e em 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos factores mobilização do solo e profundidade e da interacção mobilizações x profundidades.....	142
Quadro 3.45.(b) – Teores de matéria orgânica na camada 0.00 – 0.10 m, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.	142
Quadro 3.46.(a) – Teores de fósforo (P_2O_5 / $mg.kg^{-1}$) e de potássio (K_2O / $mg.kg^{-1}$) extraíveis, na fase 1/3 F1, no tratamento D1, em 1993 e 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos factores mobilização do solo e profundidade e da interacção mobilizações x profundidades.....	143
Quadro 3.46.(b) – Teores de fósforo e de potássio extraíveis na camada 0.00 – 0.10 m, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.....	143



ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 3.1. – Relação entre a produção real (<i>PROD</i>) nas unidades experimentais com sementeira directa e a produção potencial (<i>PROD_p</i>), no tratamento D1, nos anos de 1993 e 1997.....	90
Figura 3.2. – Relação entre a produção real (<i>PROD</i>) nas unidades experimentais com sementeira directa e a produção potencial (<i>PROD_p</i>), no tratamento D2, nos anos de 1993, 1995 e 1997.	90
Figura 3.3. – Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ) e o logaritmo natural da taxa de infiltração (<i>TI</i>), na camada 0.00 – 0.10 m.....	130
Figura 3.4. – Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ) e o logaritmo natural da taxa de infiltração (<i>TI</i>), na camada 0.10 – 0.20 m.....	131
Figura 3.5. – Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ) e o logaritmo natural da taxa de infiltração (<i>TI</i>), na camada 0.20 – 0.30 m.....	131



I. INTRODUÇÃO. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Introdução

A área cultivada com girassol em 1996 na região Alentejo foi de 89 052 ha e representou cerca de 84 % do total nacional de 106 180 ha (INE e Junta de Extremadura, 2001). Naquele ano o rendimento unitário médio foi de $340 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ no Alentejo (INE e Junta de Extremadura, 2001), significativamente inferior às produções unitárias dos melhores solos da Região que se aproximam dos $1000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, mesmo assim não atingindo metade das obtidas nos países onde as condições climáticas são mais favoráveis (Feio, 1991).

Entre nós as baixas produções, que podem oscilar entre o insucesso da cultura e valores de cerca de $1000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, resultam da grande variabilidade na distribuição da precipitação típica do clima mediterrâneo à qual está frequentemente associada uma baixa capacidade de armazenamento do solo (Basch e outros, 1998). Segundo os autores, com esta produtividade a cultura só é economicamente viável se os custos de produção forem muito baixos, o que pode ser conseguido com recurso à mobilização reduzida e, principalmente, à sementeira directa. A redução dos encargos com a mobilização do solo tem uma grande importância devido ao seu elevado peso entre as componentes dos custos de tracção que representam, quando se utiliza o sistema de mobilização convencional, cerca 86 % dos encargos totais com a cultura do girassol (Carvalho, 1993).

O recurso à mobilização reduzida ou à sementeira directa tem a vantagem adicional de contribuir para o aumento da disponibilidade de água para a cultura. Estes sistemas integram a mobilização de conservação e foram desenvolvidos com o objectivo de impedir as várias formas de degradação do solo, causada pelos sistemas de mobilização convencionais (Steed e outros, 1994). A sua principal vantagem é o controlo da erosão mas são também adoptados porque reduzem o tempo e a mão-de-obra gastos na preparação da cama da semente (Lal e outros, 1994).

Têm no entanto algumas limitações, estando frequentemente associados a menores produções (Rao, 1996, cit. Murillo e outros, 1998) atribuídas a causas diversas entre as quais se encontra a alteração das propriedades do solo para níveis que podem condicionar o desenvolvimento da cultura.

O principal objectivo deste trabalho é testar a viabilidade da redução da intensidade da mobilização do solo para a cultura do girassol - com o objectivo ambiental de reduzir a degradação do solo e o objectivo económico de reduzir os custos de produção - em condições de sequeiro mediterrâneo e em solos representativos das condições de produção da Região.

Os tratamentos foram seleccionados de modo a incluir, para além do sistema convencional, a mobilização reduzida e a sementeira directa num número de sistemas tão diversificado quanto possível face aos meios disponíveis.

O ensaio incluiu duas épocas de sementeira: a época habitual para a Região e a antecipação da sementeira, que Carvalho e outros (1991, cit. Barros, 2000) em ensaios realizados nos mesmos solos verificaram contribuir significativamente para o aumento de produção.

A análise incidiu sobre as relações solo-planta que foram caracterizadas através de um conjunto de parâmetros obtidos experimentalmente. Ao longo dos quatro anos de ensaios, que se iniciaram em 1993 e concluíram em 1997, avaliou-se o desenvolvimento da planta e caracterizaram-se as principais propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo, servindo os resultados obtidos de base para a elaboração desta dissertação.

2. A cultura do girassol de sequeiro em ambiente mediterrâneo

A produção de uma cultura pode ser inferior ao seu potencial produtivo devido a limitações na duração do período de crescimento, no fornecimento de água, oxigénio e nutrientes e na actividade das raízes, sendo a água o principal factor limitante em condições de relativa aridez (Boone e Veen, 1994).

2.1. Desenvolvimento em condições não limitantes

Quando a densidade populacional da cultura e a fertilidade física e química do solo não são limitantes, diversos autores atribuem à água, através da sua influência sobre a superfície foliar - que para Texier e outros (1990) é o melhor indicador do funcionamento da planta - uma acção determinante sobre a formação do rendimento do girassol (Picq, 1990).

Se a disponibilidade de água o permite, o girassol apresenta uma taxa de transpiração das folhas alta, como resultado da manutenção de um potencial hídrico de base elevado e da baixa resistência ao transporte de água no interior da planta, que é inferior à de outras culturas (Bremner e outros, 1986; Morizet e Merrien, 1990; Rachidi e outros, 1993). Hattendorf e outros (1988) observaram que a relação ET_c / ET_0 (1.35) e a quantidade média de água utilizada diariamente (6.1 mm.dia^{-1}) são, no girassol, superiores à de outras culturas incluindo o milho e o sorgo. Merrien e Grandin (1990) verificaram que, para maximizar o rendimento é suficiente a satisfação de 74 % das necessidades de água da cultura.

A produção de grão e a quantidade de óleo sintetizado dependem muito da quantidade de energia absorvida após a floração que é condicionada pela duração e eficiência do coberto neste período (Picq, 1990). Para permitir uma intercepção da radiação próxima do máximo o índice de área foliar deve situar-se à floração entre 2.5 e 3.0 (Merrien e Grandin, 1990; Picq, 1990). Índices mais elevados originam aumentos significativos da transpiração enquanto que valores mais baixos podem tornar factor limitante a capacidade de intercepção do coberto (Picq, 1990). Merrien e Grandin (1990) encontraram uma boa relação entre este índice e a água utilizável, que não deve ultrapassar 160 mm até à floração.

A água controla também a senescência, sendo a duração das folhas função da disponibilidade de água durante a floração e a maturação (Merrien e Grandin, 1990). Segundo os autores, para maximizar o rendimento é necessário manter a duração da área foliar entre a floração e a colheita acima de $80 \text{ m}^2.\text{dia}$, o que exige cerca de 200 mm de água utilizável. Picq (1990) refere necessidades de água da mesma ordem de grandeza (150 a 280 mm), considerando que a sua indisponibilidade neste período é o principal factor limitante do rendimento da cultura em sequeiro.

2.2. O clima mediterrâneo e a cultura

Nas regiões de clima mediterrâneo, os caracteres climáticos que determinam a fisionomia das formações vegetais são a concentração das chuvas nas estações menos quentes e a longa seca de Verão (Ribeiro, 1945).

O Alentejo situa-se numa variante particularmente difícil deste clima, com Verão muito quente e seco, chuvas muito concentradas na estação fria e geadas muito irregulares (Feio, 1991). O autor considera que as principais desvantagens para a agricultura são a falta de chuvas na estação de maiores temperaturas, o que compromete o crescimento, e a sua concentração na estação fria, tornando-as excessivas, particularmente em solos com má drenagem, numa época de dias curtos e baixas temperaturas. Estas limitações são agravadas pela variabilidade climática entre anos, constituindo a irregularidade das chuvas em Junho e no Outono e a possibilidade de geadas em Novembro, Março e Abril os principais obstáculos à intensificação dos sistemas de produção agrícola (Balabanian, 1984).

O girassol é uma das poucas culturas anuais de Primavera adaptadas ao sequeiro mediterrâneo (Basch e outros, 1998) devido à sua elevada tolerância à seca, uma das razões que explicam a sua aceitação pelo agricultor (Fereris e outros, 1986; Deibert, 1989). Na região mediterrânea é habitualmente semeado numa altura em que evapotranspiração potencial é baixa e a precipitação pode ser significativa durante a fase vegetativa, suportando um défice hídrico suave a moderado até à floração (Fereris e outros, 1986). Devido à muito baixa probabilidade de chuva após a floração e ao aumento da temperatura e da evapotranspiração potencial, o défice torna-se severo durante a fase reprodutiva, com efeitos importantes na produção, que frequentemente se reduz para 50 a 75 % do potencial produtivo da cultura (Fereris e outros, 1986).

Existem essencialmente duas vias para melhorar a produção do girassol em sequeiro: aumentar, através do melhoramento, a resistência à seca (Blum, 1979, Fischer, 1981 e Fischer e outros, 1982, *cits.* Fereris e outros, 1986) e maximizar a disponibilidade de água para a cultura (Turner e Begg, 1981 e Loomis, 1983, *cits.* Fereris e outros, 1986).

2.3. Desenvolvimento em condições de déficit hídrico

O girassol dispõe de mecanismos de adaptação que lhe permitem, quando o factor água é limitante, responder melhor do que a maior parte das culturas de Primavera. A sua estratégia para a sobrevivência em condições de secura é maximizar a extracção de água e controlar a sua perda (Bremner e Preston, 1990). Para tal contribui a sua capacidade de ajustar a morfologia e fisiologia ao longo de todo o ciclo cultural (Blanchet e outros, 1990), de extrair água das camadas mais profundas do solo (Bremner e outros, 1986; Hattendorf e outros, 1988; Planchon, 1990) e de regulação osmótica, que não modifica o funcionamento fotoquímico da folha (Planchon, 1990). A fraca resistência estomática da face inferior da folha é a sua característica mais desfavorável (Planchon, 1990).

Quando a precipitação escasseia e a evapotranspiração potencial é elevada o sucesso da cultura depende da utilização da água armazenada no solo. Nestas condições assume grande importância a capacidade de extrair a água das camadas mais profundas, que no girassol é superior à de outras culturas (Bremner e Preston, não publicado, cit. Bremner e outros, 1986).

A expressão desta capacidade depende, provavelmente, do tipo de solo (Hammer, com. pessoal, 1992, cit. Rachidi e outros, 1993), com o qual varia a água utilizável (Meinke e outros, 1993, cit. Rachidi e outros, 1993) e a densidade de raízes do girassol (Mason e outros, 1983, cit. Rachidi e outros, 1993). A resistência mecânica do solo influencia sensivelmente o crescimento da raiz do girassol (Dexter, 1987, cit. Barros, 2000) dado o seu fraco poder de penetração (Misra e outros, 1986, cit. Barros, 2000).

Bremner e outros (1986), no entanto, verificaram que, em condições físicas pouco favoráveis, o girassol é capaz de utilizar quantidades significativas da água armazenada nas camadas mais profundas, mesmo com baixa densidade e / ou má distribuição das raízes. Segundo Passioura (1983, cit. Bremner e outros, 1986) 0.5 cm de raiz, funcional e bem distribuída, por cm^{-3} de solo é suficiente para remover 80 % da água utilizável em 4 dias. So (1987, cit. Ferraris, 1992) refere que, no ponto de emurchecimento permanente, as raízes apresentam uma taxa de crescimento variável entre 50 e 80 % da taxa máxima.

2.3.1. Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento e a repartição da biomassa

O déficit hídrico afecta características de estado e funções fisiológicas da planta (Morizet e Merrien, 1990).

No curto prazo os estomas fecham, o que em condições de *stress* moderado reduz mais a transpiração do que a assimilação líquida, aumentando a eficiência do uso da água, e a planta desidrata-se, perdendo água de forma mais acentuada na raiz, com redução provável de diâmetro, o que dificulta a absorção de água e nutrientes (Morizet e Merrien, 1990).

No longo prazo o déficit hídrico afecta a velocidade de expansão foliar (Morizet e Merrien, 1990), o índice de área foliar (Blanchet e outros, 1990), a duração das folhas e a sua senescência (Bremner e Preston, 1990; Merrien e Grandin, 1990). Bremner e outros (1986), em solos com boa capacidade de armazenamento, obtiveram sempre valores do índice de área foliar inferiores a 1.0 em condições de *stress* hídrico prolongado. O crescimento do capítulo é tão sensível ao *stress* como o crescimento vegetativo (Takami e outros, 1981, cit. Fereres e outros, 1986).

Os valores do potencial a partir dos quais o crescimento pára, o que em condições de *stress* moderado ocorre à floração (Picq, 1990), dependem do regime hídrico a que foi submetida a cultura, sendo mais baixos em sequeiro (Takami e outros, 1982, cit. Morizet e Merrien, 1990). A capacidade para retomar o crescimento após o fim do *stress* é importante até à antese, dominando a partir de então os processos de senescência (Connor e Jones, 1985, cit. Morizet e Merrien, 1990), que são também influenciados pela intensidade do *stress* (Morizet e Merrien, 1990).

O crescimento das raízes, que acompanha o da parte aérea atingindo o máximo à floração, é pouco afectado pelo déficit hídrico, observando-se uma pequena redução no comprimento das raízes; a razão comprimento da raiz / área foliar aumenta com a duração do *stress* traduzindo uma adaptação à secura, por aumento da absorção relativamente à transpiração (Morizet e Merrien, 1990).

A orientação preferencial dos assimilados no sentido da inflorescência é uma das formas de adaptação da actividade metabólica da planta de girassol às condições originadas pelo déficit hídrico (Piquemal e outros, 1990). A relação entre a biomassa no capítulo e nas folhas e caules reflecte este efeito, sendo o capítulo favorecido quando o déficit hídrico é precoce e intenso, enquanto que défices na floração e enchimento do grão diminuem aquela relação, prejudicando a frutificação (Blanchet e outros, 1990).

Fereres e outros (1986) verificaram que a produção do girassol em condições de déficit hídrico está directamente relacionada com a estabilidade do índice de colheita. A diminuição deste índice, por vezes observada, é maior quando a água utilizável decresce abruptamente (Morizet e Merrien, 1990), enquanto que, a adaptação progressiva das plantas à secura durante a fase vegetativa, contribui para seu o aumento (Blanchet e outros, 1990).

2.3.2. Efeito do déficit hídrico sobre a produção

O efeito da evolução da água utilizável sobre o rendimento da cultura depende da fase do ciclo cultural considerada e do nível de satisfação das necessidades na fase ou fases antecedentes (Picq, 1990). Segundo o autor - que utiliza o conceito de *percurso ideal de crescimento* para caracterizar as condições que permitem otimizar o desenvolvimento do girassol em cada fase do ciclo - a disponibilidade de água durante a fase vegetativa, que termina no início da floração, e durante a fase reprodutiva não influenciam de forma independente o rendimento. Quando o factor água é limitante é mais favorável a ocorrência de um déficit hídrico moderado na fase vegetativa, que reduza o crescimento sem comprometer o potencial produtivo da cultura e que permita um consumo de água reduzido e uma maior duração das folhas no período pós-floração.

Os mecanismos de tolerância à secura manifestam-se sempre que o *stress* é progressivo e são favorecidos por solos de textura fina, que não cedem rapidamente as suas reservas hídricas; o *stress* abrupto e intenso é muito mais perigoso, principalmente a partir da floração e em plantas vigorosas e com superfícies foliares importantes (Blanchet e outros, 1990).

A resposta dos componentes da produção ao déficit hídrico, variável com o momento em que este ocorre (Morizet e Merrien, 1990), segue padrões semelhantes ao de outras culturas determinadas, apresentando o número de grãos maior plasticidade que o peso de cada grão (Fereres e outros, 1986). O período mais sensível inclui a diferenciação floral, a fecundação e a formação do grão e decorre entre 20 dias antes e 20 dias após a floração (Robelin, 1967, cit. Morizet e Merrien, 1990).

Blanchet e outros (1990) observaram redução do número de grãos, a componente mais relacionada com a produção da cultura em sequeiro (Barros, 2000), em condições de *stress* intenso durante a fase vegetativa ou no período de enchimento do grão, e do seu tamanho, quando o *stress* ocorre à floração. Merrien e Grandin (1990) verificaram que o déficit hídrico à floração penaliza sempre o número de

grãos, enquanto que após a floração afecta o peso de mil grãos, podendo ocorrer compensação entre as duas componentes, sobretudo quando o número de grãos é muito afectado. Gimenez e Fereres (1986) referem ajustamentos no número de grãos por capítulo face a um défice suave a moderado, enquanto que condições muito mais severas durante o enchimento do grão não conseguem afectar significativamente o seu peso (Fereres e outros, 1986). Segundo Arnau (1988, cit. Barros, 2000) existe uma correlação negativa entre o número de grãos por capítulo e o número de capítulos por unidade de área; para uma produção de 1000 kg.ha^{-1} , o número de grãos por unidade de área pode variar entre 1000 e 2500 grãos.m⁻² e o peso médio de um grão entre 40 e 100 mg.

A água utilizada e a temperatura explicam a maior parte da variação no teor de óleo do girassol (Alessi e outros, 1977, cit. Mathers e Stewart, 1982). O *stress* tardio, durante a maturação, reduz pouco o teor em óleo (Robelin, 1967, cit. Morizet e Merrien, 1990), sobrepondo-se a este efeito o impacto negativo sobre a produção, de tal modo que a resposta do rendimento da cultura, em peso do grão ou quantidade de óleo, é muito semelhante (CETIOM, 1983, cit. Morizet e Merrien, 1990).

2.4. Influência da técnica cultural

Barros (2000) estudou pormenorizadamente os factores que influenciam a produtividade do girassol em condições de sequeiro e verificou que a água é o principal factor limitante. Segundo o autor a técnica cultural só afecta significativamente a produção se contribuir para aumentar a quantidade de água utilizada pela cultura, sobretudo entre o aparecimento do botão floral e a floração.

2.4.1. A técnica tradicional no Alentejo

O girassol integra, juntamente com os cereais, as rotações utilizadas no Alentejo, sendo indicado para anteceder o trigo na rotação, geralmente do tipo girassol – trigo – cevada (Sampaio, 1992). Segundo o autor a sementeira pode realizar-se desde meados de Março até fins de Abril, com uma densidade variável, com a precipitação e o tipo de solo, entre 2.5 e 5.0 plantas.m⁻², distando as linhas 0.50 a 0.80 m e as plantas na linha 0.30 a 0.40 m. A profundidade de sementeira pode variar, com o tipo de solo e a distribuição da precipitação, entre 4 e 10 cm.

A técnica tradicional de mobilização do solo consiste num conjunto de operações que inclui normalmente, nos melhores solos, uma lavoura profunda de Verão, com charrua de aivecas, seguida de uma escarificação em Janeiro – Fevereiro, para controlo das infestantes e armação do terreno e, antes da sementeira, de uma ou mais passagens com grade de discos (Sampaio, 1992).

Na cultura de sequeiro o controlo das infestantes durante o ciclo cultural é realizado mecanicamente e não são, de um modo geral, aplicados adubos (Sampaio, 1992).

2.4.2. Variedade. Data de sementeira. Densidade de sementeira

A escolha da variedade influencia pouco a produção em condições de sequeiro (Barros, 2000). Devido à capacidade do girassol para suportar o *stress* hídrico, as cultivares de ciclo longo produzem o mesmo ou mais do que as cultivares de ciclo curto, apesar destas crescerem na Primavera e princípio do Verão, em condições normalmente mais favoráveis (Gimenez e Fereres, 1986).

A data de sementeira tem uma influência significativa sobre a produção, devido à variabilidade sazonal característica do clima mediterrâneo, que leva a que a fase reprodutiva da cultura decorra em condições de défice hídrico (Barros, 2000). Para o autor o atraso da sementeira agrava este efeito e expõe as plantas a temperaturas mais elevadas durante a maturação, conduzindo a menores produções.

Carvalho e outros (1991, cit. Barros, 2000), em ensaios realizados em Beja em Vertisols, obtiveram aumentos de produção com a antecipação da data de sementeira para meados de Fevereiro, o que contribui para o aumento do armazenamento de água à floração - que decorre num período em que as temperaturas são mais baixas - da população produtiva e do número de grãos por unidade de área.

De entre todos os factores estudados por Barros (2000) a antecipação da sementeira foi aquele que mais influenciou a produção de grão, principalmente por intermédio da quantidade de biomassa produzida, afectando em menor grau a sua repartição. A antecipação da sementeira aumentou a duração da área foliar entre o aparecimento do botão floral e a plena floração e a quantidade de água utilizada pela cultura no mesmo período, com um efeito positivo sobre o número de grãos por unidade de área. Barros (2000) observou ainda, entre datas, uma elevada compensação nos componentes da produção quando a intensidade do *stress* hídrico o permite. Nos ensaios realizados pelo autor a variedade Florasol foi a que melhor se adaptou à antecipação da sementeira.

A densidade de sementeira óptima varia com o solo, precipitação, temperatura e condições de fertilidade (Robinson e outros, 1980 e Deibert e Utter, 1989, cit. Barros, 2000) e com o genótipo (Mathers e Stewart, 1982). O seu valor pode variar entre 2.5 e 8.6 plantas.m⁻² (Mathers e Stewart, 1982), entre 2.8 e 6.0 plantas.m⁻² (Ungaro e outros, 1983, cit. Barros, 2000) ou, em condições de défice hídrico, entre 2.5 a 3.5 plantas.m⁻² (Jones 1984, cit. Barros, 2000). As variações na população, dentro dos limites recomendados, afectam pouco a produção quer em sequeiro quer em regadio (Prunty, 1981, cit. Barros, 2000) devido à existência de compensações no número de grãos por capítulo e no peso de cada grão, quando ocorrem reduções na população (Barros, 2000). Mathers e Stewart (1982) verificaram que o diâmetro do capítulo aumenta quando o número de plantas decresce pelo que pequenas variações na população têm pouco significado na produção.

Giménez e Fereres (1987, cit. Barros, 2000) observaram maior absorção de água nas populações mais numerosas, enquanto que Alessi e outros (1977, cit. Barros, 2000) não encontraram diferenças quando a população variou entre 2.5 e 10.0 plantas.m⁻².

Barros (2000) indica como valor de referência para o cálculo da densidade de sementeira em condições idênticas às dos ensaios por si realizados uma população de 3.2 plantas.m⁻² à colheita, recomendando o reforço da densidade na sementeira directa, que apresenta valores da população óptima superiores aos da mobilização convencional.

2.4.3. Mobilização do solo

A utilização de diferentes sistemas de mobilização do solo na cultura do girassol, incluindo a sementeira directa, originou produções idênticas e por vezes superiores à conseguida com o sistema convencional, normalmente baseado na lavoura (Staska e Miller, 1981, cit. Barros, 2000; Unger, 1981, Miller e Dexter, 1982, Unger, 1984 e Deibert, 1987, cit. Deibert, 1989; Deibert, 1989; Giraldez e González, 1994, cit. Barros, 2000), embora alguns destes resultados correspondam a regiões com uma distribuição da precipitação, durante o ciclo cultural, mais favorável que a característica do clima mediterrâneo. O controlo adequado das infestantes (Staska e Miller, 1981, cit. Barros, 2000; Deibert, 1987 e Miller e Dexter, 1982, cit. Deibert, 1989; Deibert, 1989), a igualdade das populações e a necessidade de um período de adaptação de alguns anos (Deibert, 1989) são algumas das condições necessárias para que garantir a estabilidade da produção entre sistemas.

Murillo e outros (1998) observaram maior crescimento inicial e maior absorção de azoto na mobilização convencional, embora a produção de girassol neste sistema seja idêntica à obtida na mobilização de conservação baseada no escarificador pesado tipo "chisel".

Outros autores (Pelegrin e outros, 1990, cit. Barros, 2000; Carvalho, 1997, dados não publicados; Basch e outros, 1998) obtiveram com a sementeira directa produções significativamente inferiores à do sistema convencional. Basch e outros (1998) atribuem os piores resultados da sementeira directa ao atraso inicial da cultura, consequência de dificuldades de enraizamento.

Barros (2000) obteve, num dos ensaios, uma produção mais elevada no sistema convencional que na sementeira directa, devido ao efeito positivo da maior quantidade de água utilizada entre o aparecimento do botão floral e a plena floração sobre a duração da área foliar e o número de grãos por unidade de área. Noutro ensaio (Barros, 2000) as produções dos dois sistemas foram idênticas, resultado que o autor atribui à continuidade da porosidade biológica, consequência da utilização da sementeira directa durante um número de anos mais elevado naquele campo experimental.

2.5. Emergência e estabelecimento da cultura

2.5.1. Efeito das propriedades físicas do solo

As propriedades físicas do solo são os factores que mais influenciam o crescimento da plântula e a emergência (Nasr e Selles, 1995).

A germinação começa após um período em que a semente absorve a água necessária para iniciar o crescimento, sendo a taxa de absorção controlada pela condutividade hidráulica do solo e da epiderme e pela dimensão da superfície de contacto (Nasr e Selles, 1995).

A quantidade de oxigénio, que é geralmente suficiente, pode ser um factor limitante quando taxa de infiltração é reduzida pela compactação do solo abaixo do local onde é colocada a semente, ou quando, devido à falta de estabilidade ou à elevada quantidade de pequenos agregados, se forma temporariamente uma película de água à superfície do solo (Boone e Veen, 1994).

A estrutura do solo, através da porosidade e da agregação (Dexter, 1988 e Stengel, 1990, cit. Guérif e outros, 2001), determina as condições físicas na proximidade da semente, afectando as transferências de água, gases e calor, a resistência mecânica e a superfície de contacto com a semente (Guérif e outros, 2001). Agregados pequenos com diâmetros compreendidos entre 0.5 e 5.0 mm favorecem a germinação e o crescimento da planta (Marshall e outros, 1996), devendo o diâmetro médio dos agregados ser inferior a 1/5 do tamanho da semente, para um contacto óptimo entre ambos (Hadas e Russo, 1974, cit. Ferraris, 1992). Para além destas características, que são apenas necessárias na vizinhança da semente, e de um arejamento adequado a cama da semente deve ter, próximo da superfície, agregados de maiores dimensões para evitar a evaporação e a erosão hídrica e eólica (Nasr e Selles, 1995).

A dimensão dos agregados influencia ainda a posição da semente que, quando a agregação é grosseira, se localiza a uma profundidade superior e apresenta maior variação (Guérif e outros, 2001).

A compactação do solo reduz a condutividade hidráulica saturada e aumenta a condutividade hidráulica insaturada podendo, devido ao decréscimo da infiltração e aumento da ascensão capilar, conduzir a valores mais elevados do potencial de água (Boone e Veen, 1994). Segundo os autores este efeito influencia a temperatura do solo e pode atrasar a emergência em climas temperados húmidos, enquanto que em climas quentes pode ser uma protecção contra as altas temperaturas. Por outro lado, quando o teor de água é limitante e o contacto solo-semente deficiente, a compactação do solo pode melhorar e acelerar a emergência, o que está associado ao conceito de *nível óptimo de compactação* (Erbach, 1994).

Para Nasr e Selles (1995) as interacções entre a emergência e resistência mecânica do solo podem ter duas interpretações conforme se considere que os órgãos da planta crescem ocupando a porosidade já existente ou criam, deformando o solo, os seus próprios espaços. A sua caracterização adequada pode ser feita, no primeiro caso, através da distribuição dos agregados por classes de dimensões (Dexter, 1976; cit. Nasr e Selles, 1995) e, no segundo, por intermédio da medição da facilidade de deformação do solo (Collis-George and Lloyd, 1979, cit. Nasr e Selles, 1995).

O aumento da massa volúmica aparente, que influencia o volume e continuidade dos poros da cama da semente, e da dimensão dos agregados, que influencia a distância desde a semente à superfície do solo, reduz e atrasa a emergência correspondendo, na cultura do trigo, as condições mais favoráveis a massas volúmicas iguais ou inferiores a 1.2 Mg.m^{-3} , diâmetro médio ponderado menor ou igual a 4.0 mm e resistência à penetração inferior a 1.4 Mpa (Nasr e Selles, 1995).

2.5.2. Efeito da tecnologia de sementeira

O estabelecimento da cultura depende mais do órgão de abertura do sulco e do seu efeito sobre as características físicas do solo que de qualquer outro factor (Baker, 1976, Choudhary e Baker, 1982, Choudhary e outros, 1985, Baker e Mai, 1982 e Baker, 1985, *cits.* Choudhary e Baker, 1994) embora, em condições climáticas favoráveis, o microambiente químico seja provavelmente mais limitante para a emergência que o microambiente físico (Choudhary e Baker, 1980 e 1981, *cit.* Choudhary e Baker, 1994).

As características da cobertura da semente (solo e resíduos), que dependem do tipo de peças activas utilizadas, condicionam a emergência actuando sobre o teor de água, nas fases líquida e gasosa, no sulco de sementeira (Choudhary e Baker, 1994). Segundo os autores (Choudhary e Baker, 1981), quando a resistência à difusão da cobertura é baixa a humidade decresce muito rapidamente após a sementeira e muitas das sementes germinadas morrem antes de emergir.

As dificuldades de germinação e emergência em solo húmido, consequência da baixa taxa de difusão do oxigénio no solo, estão também relacionadas com o tipo de peças activas, principalmente com a sua capacidade para manipular os resíduos dentro, acima ou junto ao sulco (Choudhary e Baker, 1988, *cit.* Choudhary e Baker, 1994). A actividade e número de minhocas, que têm um efeito directo sobre a taxa de difusão de oxigénio, são também afectados pelo tipo de peças activas e de resíduos (Choudhary e outros, 1986, *cit.* Choudhary e Baker, 1994).

O estabelecimento da cultura pode estar ainda relacionado com a precisão da colocação da semente e a estabilidade da profundidade de sementeira (Choudhary e Baker, 1994). Grandes quantidades de resíduos vegetais podem reduzir significativamente a qualidade de trabalho dos semeadores pondo em causa a uniformidade horizontal e vertical da sementeira (Ehlers e Claupein, 1994). Os resíduos vegetais podem também baixar a temperatura da camada superficial do solo afectando a germinação de espécies sensíveis (Lindwall e Erbach, 1983, *cit.* Choudhary e Baker, 1994). Os efeitos alelopáticos das fitotoxinas resultantes da sua decomposição condicionam a germinação (Lynch, 1978, *cit.* Choudhary e Baker, 1994), a taxa de emergência e o crescimento das plântulas (Ehlers e Claupein, 1994). A maior parte dos efeitos fitotóxicos pode ser evitada se os órgãos de abertura do sulco permitirem separar a

semente dos resíduos, mantendo uma distância mínima de 10 mm entre eles (Chaudhry e Baker, 1988, cit. Choudhary e Baker, 1994).

Frequentemente o contacto adequado semente-solo é obtido por uma compactação ligeira com rolos ou rodas compressoras (Nasr e Selles, 1995). No entanto, uma pressão excessiva pode levar à compactação da cama da semente e ao atraso na emergência (Dexter, 1988, cit. Nasr e Selles, 1995). A utilização de rodas compressoras nos Vertisols, que conduz a melhores respostas para teores intermédios de água do solo e menor profundidade de sementeira, aumenta a massa volúmica aparente sem impedir a emergência, que pode melhorar através de melhor contacto solo-semente (Ferraris, 1992).

A forma do sulco e a natureza do material de cobertura (solo e resíduos) são, de entre as variáveis que mais influenciam a emergência, as que podem ser controladas pelo tipo de peças activas (Baker, 1976, cit. Choudhary e Baker, 1994).

Os órgãos de abertura do sulco permitem criar essencialmente três tipos de sulco: em forma de V, em forma de U e em forma de T invertido (Choudhary e Baker, 1980 e Baker e Choudhary, 1988, cits. Choudhary e Baker, 1994).

Os primeiros são originados por semeadores de disco duplo e triplo cuja principal vantagem é a sua capacidade para lidar com os resíduos vegetais (Choudhary e Baker, 1994). Os principais inconvenientes são a incapacidade para otimizar o microambiente da cama da semente, principalmente a retenção de vapor de água, em condições de secura, e a difusão de oxigénio, em condições de excesso de água (Chaudhry e outros, 1986, cit. Choudhary e Baker, 1994), a tendência para polir e compactar as paredes do sulco, o que dificulta o desenvolvimento da raiz embrionária (Baker e Mai, 1982, cit. Choudhary e Baker, 1994), a tendência para deslocar os resíduos para o interior do sulco, que afectam a germinação através das fitotoxinas libertadas na decomposição (Baker e outros, 1988, cit. Choudhary e Baker, 1994), a produção de pouco material de cobertura (Baker e Mai, 1982, cit. Choudhary e Baker, 1994) e a necessidade de utilizar baixas velocidades de trabalho (Choudhary e Baker, 1994).

Os segundos resultam da acção de diversos tipos de peças activas (socos – difíceis de utilizar quando a quantidade de resíduos é elevada - discos planos, fresas, e outras), que originam microambientes mais favoráveis que o associado ao sulco em V e produzem maior quantidade de material que pode ser

usado para cobertura da semente, mas apresentam ainda perdas de humidade elevadas, um contacto solo-semente muito aleatório e pouco controlo sobre os resíduos superficiais (Choudhary e Baker, 1994). Ainda que, quando se utilizam socos ou fresas possa ocorrer destruição da estrutura e compactação do fundo do sulco, que não é normalmente acompanhada de compactação lateral, a base mais larga do U favorece a penetração das raízes (Choudhary e Baker, 1994). Segundo os autores o risco de perda de população, que mede a viabilidade económica do equipamento, é inferior ao correspondente ao sulco em V.

O sulco em forma de T invertido é originado por um órgão específico – inicialmente designado por *Baker Boot* deu origem, actualmente, ao mais sofisticado *Cross Slot* – e permite obter melhor emergência que os sulcos em V e em U (Choudhary e Baker, 1982, cit. Choudhary e Baker, 1994) por aumentar a tolerância das sementes a condições de solo limitantes (excesso ou défice hídrico) (Choudhary e Baker, 1994). Segundo os autores o aumento da germinação e da emergência em condições de secura deve-se à manutenção dos resíduos sobre o sulco de sementeira o que, aumentando a resistência à difusão do vapor de água da cobertura, regula o microambiente na zona em que se encontra a semente. Os melhores resultados em condições de excesso de água estão também ligados a este efeito sobre os resíduos, que estimula a actividade das minhocas, permitindo maior difusão do oxigénio e melhor infiltração da água (Baker e outros, 1988, cit. Choudhary e Baker, 1994).

2.5.3. Emergência e estabelecimento da cultura do girassol: o caso particular dos Vertisols

A quantidade de água disponível afecta directamente a taxa de emergência do girassol, condicionando o potencial produtivo da cultura (Picq, 1990). Segundo o autor o défice hídrico provoca uma redução da população, nem sempre compensada pelo desenvolvimento posterior, e origina populações heterogéneas, com plantas mais atrasadas de reduzido potencial produtivo. Radford e Nielsen (1985, cit. Ferraris, 1992) atribuem a má emergência do girassol à falta de humidade no solo para o humedecimento da semente e crescimento inicial da plântula. É também uma cultura que, quando semeada em solo seco, responde mal a chuvas tardias (Ferraris, 1992).

Nos Vertisols podem ocorrer emergências deficientes (Spackman, 1987, cit. Ferraris, 1992) e dificuldades no estabelecimento da cultura, devido à elevada temperatura, à resistência mecânica do solo, ao encrostamento (Leslie, 1965, cit. Ferraris, 1992), à agregação grosseira – nos solos argilosos o predomínio

mínio de agregados maiores que 5.0 mm está associado a problemas de emergência (Yule e outros, 1976, cit. Ferraris, 1992) - à baixa disponibilidade de água consequência da rápida secagem (Leslie, 1965, cit. Ferraris, 1992) e a condições anaeróbias após o humedecimento (Ferraris, 1992).

Ferraris (1992) verificou que nestes solos a germinação, a emergência e o estabelecimento da cultura são significativamente afectados pela interacção entre a temperatura e a água do solo. O estabelecimento da cultura é dificultado por valores extremos da média das temperaturas máximas (Arndt, 1945, cit. Ferraris, 1992), que podem reduzir o alongamento do caule das plântulas (Brennan e Henry, 1987, cit. Ferraris, 1992) ou atrasar a emergência (Arndt, 1945, cit. Ferraris, 1992) predispondo as plantas para ataques dos organismos do solo (Pinthus e Rosenblum, 1961, cit. Ferraris, 1992).

Com o aumento do teor de água as condições físicas durante a germinação e emergência melhoram devido à redução da massa volúmica aparente, da resistência à penetração e da temperatura e à anulação, pela expansão do solo, dos efeitos negativos da agregação (Ferraris, 1992).

A população final aumenta com o teor de humidade do solo e a diminuição da profundidade de sementeira, variando com a data de sementeira o teor de água necessário para um bom estabelecimento da cultura (Ferraris, 1992). O aumento da profundidade de sementeira contribui, segundo o autor, para a redução da amplitude térmica diária e do valor da temperatura média e para o acréscimo, possivelmente devido à maior dimensão dos agregados, da resistência ao crescimento da plântula, principalmente quando o teor de água no solo é baixo. Nestas condições o estabelecimento da cultura e o tamanho das plântulas depende, para além da rapidez e da quantidade de plantas emergidas, da disponibilidade de água na camada subsuperficial, a que podem aceder as sementes colocadas a maior profundidade (Ferraris, 1992).

3. Efeito dos sistemas de mobilização sobre as propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo

A mobilização do solo pode ter uma grande influência sobre o comportamento e a produtividade dos sistemas de agricultura, dado que é a componente que mais influencia a estrutura do solo (Carter, 1994), principal regulador dos ecossistemas terrestres (Coleman e outros, 1992, cit. Carter, 1994).

A mobilização, através de modificações nas propriedades físicas do solo, influencia o comportamento da cultura - emergência, estabelecimento da cultura, desenvolvimento das raízes, grau de cobertura do solo, produção de biomassa e produção económica – e o ambiente - escoamento superficial, erosão, lixiviação, transporte de poluentes para as águas superficiais e subsuperficiais, perdas por volatilização de nutrientes dos fertilizantes e estrumes e emissão de gases para a atmosfera (Lal e outros, 1994). Segundo os autores estes efeitos estão relacionados com as propriedades mecânicas - massa volúmica aparente, resistência mecânica, e compactação – com as propriedades hidrológicas - distribuição dos poros por classes de porosidade, retenção e movimento da água - com o arejamento e com a temperatura do solo. A intensidade e natureza das alterações produzidas pela mobilização nas propriedades físicas do solo depende das condições iniciais, de características intrínsecas do solo – as mais importantes são a textura, a mineralogia das argilas, a drenagem interna e externa e a espessura do solo - do sistema de produção e do ambiente climático e ecológico (Lal e outros, 1994).

A influência da mobilização no crescimento das plantas resulta da interacção entre pelo menos quatro sistemas - solo-máquina, solo-água, solo-ar e solo-planta – cuja descrição quantitativa é complexa (Gill e Vanden Berg, 1968). A resposta das plantas está relacionada com o ambiente criado no solo e não com a alfaia utilizada (Kuipers, 1963 e Spoor, 1975, cit. Carter, 1994) ou com o tipo de forças aplicado ao solo (Gill e Vanden Berg, 1968). Este ambiente, que não controla directamente a produtividade da planta mas apenas influencia o seu comportamento (Gill e Vanden Berg, 1968), é dinâmico, ocorrendo variações (no espaço e no tempo) das propriedades e do clima do solo (Carter, 1994). Qualquer que seja o sistema de mobilização é necessário que decorra algum tempo para que os efeitos de longo prazo, que dependem em parte do clima, do solo e da técnica cultural, sejam aparentes (Mielke e outros, 1984).

O estudo do efeito da mobilização envolve frequentemente a avaliação da sua acção sobre as propriedades do solo - principalmente a massa volúmica aparente, a porosidade, a resistência à penetração, o pH, a matéria orgânica e a agregação – e sobre parâmetros relacionados com a geometria e continuidade da porosidade - capacidade de armazenamento de água e fluxos de água e de ar (Comia e outros, 1994).

3.1. A compactação do solo e o desenvolvimento das plantas

A compactação é um processo de compressão em que a porosidade e a permeabilidade decrescem, a resistência mecânica aumenta e ocorrem várias alterações na estrutura e em diversas propriedades do solo (Soane e Van Ouwerkerk, 1994). Estas alterações dependem de factores internos e externos (Horn e Lebert, 1994), estando relacionadas com a textura e o teor de matéria orgânica do solo (Carter, 1987, cit. Vyn e outros, 1994), e sendo significativamente influenciadas pela presença de argilas expansíveis que têm um papel importante na regeneração natural da estrutura (Carter e outros, 1990, cit. Vyn e outros, 1994).

Os factores internos que influenciam a resistência mecânica do solo são a textura, a natureza dos minerais de argila, o tipo e a quantidade de cationes de troca, o teor e a natureza das substâncias orgânicas, a agregação (induzida pela contracção e expansão, pelo crescimento das raízes e pelas substâncias orgânicas), a massa volúmica aparente, a distribuição dos poros por classes de porosidade e a sua continuidade, no solo e nos agregados, e o teor e / ou potencial de água (Horn e Lebert, 1994).

O impacto global da compactação do solo associada à produção vegetal ultrapassa as consequências no crescimento e produção da cultura em causa, produzindo no solo alterações cumulativas e de longa duração que podem causar um decréscimo importante da qualidade do ambiente (Van Ouwerkerk e Soane, 1995).

Segundo Soane e Van Ouwerkerk (1995) é frequente a ocorrência de compactação do solo durante a produção de muitas culturas. Solos mais compactados podem resultar também da diminuição na estabilidade estrutural causada pela mobilização ou pela redução do teor de matéria orgânica (Kooistra e Tovey, 1994), processos que são comuns nas regiões semi-áridas (Soane e Van Ouwerkerk, 1995).

Mesmo nos sistemas extensivos das regiões Mediterrâneas em que o tráfego é muito baixo há uma evidência crescente de problemas de compactação do solo (Holloway e Dexter, 1990, cit. Soane e Van Ouwerkerk, 1995).

3.1.1. Efeito no crescimento das plantas

Do ponto de vista da produção vegetal existe um *nível ótimo de compactação para a produção* - dependente entre outros factores do tipo de solo, do clima e da cultura - que representa o equilíbrio dinâmico das interações solo-planta que, quando o solo apresenta níveis superiores ou inferiores de compactação, se tornam limitantes para o crescimento ou o funcionamento da planta (Soane e Van Ouwerkerk, 1994).

Numerosos ensaios de campo mostram que, quer em solo compactado quer em solo muito solto, o crescimento da planta é reduzido, sobretudo quando o ciclo cultural ou pelo menos a sua parte inicial decorre em condições de déficit hídrico (Håkansson e Lipiec, 2000). A baixa condutividade hidráulica insaturada (Kemper e outros, 1971, cit. Håkansson e Lipiec, 2000) e o pior contacto solo-raiz (Kooistra e outros, 1992 e Lipiec e outros, 1993, cits. Håkansson e Lipiec, 2000), que podem influenciar negativamente a absorção de água e nutrientes (Horn e Lebert, 1994; Veen e outros, 1992, cit. Håkansson e Lipiec, 2000), são responsáveis por estas alterações no crescimento. A compactação induz maior sensibilidade à seca, arejamento inadequado (Horn e Lebert, 1994) e redução na penetração das raízes devido à elevada resistência mecânica do solo (Håkansson e outros, 1988 e Horn, 1990, cits. Horn e Lebert, 1994). As raízes são em geral incapazes de penetrar em poros mais estreitos que os pêlos radiculares pelo que, para crescerem em solo compacto, têm que aplicar pressões superiores à resistência do solo para, deslocando as partículas, alargar os poros (Cannell, 1977, cit. Hillel, 1998).

Os limites críticos para a porosidade preenchida com ar e a resistência à penetração não são provavelmente idênticos em solos mobilizados anualmente e em solos não mobilizados, devido principalmente à maior continuidade e estabilidade dos macroporos no solo não mobilizado (Håkansson e Lipiec, 2000). Vários autores demonstraram que os bioporos - que são de entre os macroporos os mais resistentes à compressão vertical - os vazios entre agregados e as fendas de dissecação são muito importantes para o crescimento das raízes e para o transporte de gases, água e solutos (Håkansson e

Lipiec, 2000). O limite crítico da resistência à penetração pode aumentar quando a presença de macroporos permite o crescimento das raízes numa camada compactada, apesar da resistência mecânica da matriz do solo ser demasiado elevada (Håkansson e Lipiec, 2000). Quando o solo não é mobilizado o limite crítico pode também diminuir devido ao aumento da resistência com o tempo (Dexter e outros, 1988, cit. Håkansson e Lipiec, 2000) embora este efeito seja provavelmente menos importante que o anterior (Håkansson e Lipiec, 2000).

O nível óptimo de compactação é semelhante em solo mobilizado e não mobilizado mas, devido à maior continuidade da macroporosidade, um nível mais elevado de compactação é menos negativo no solo não mobilizado, principalmente nos solos de textura fina (Håkansson e Lipiec, 2000). No entanto, como as propriedades hidráulicas do solo podem melhorar com uma compactação moderada, enquanto que o crescimento das raízes pode ser negativamente afectado, o efeito global da ausência de mobilização não é fácil de prever (Brussaard e van Faassen, 1994).

3.1.2. Relação entre a resistência do solo à penetração e o crescimento das raízes

A resistência à penetração devido à sua simplicidade, rapidez e baixo custo é largamente utilizada para avaliar o efeito das máquinas sobre o solo (Soane e outros, 1981; cit. O'Sullivan e outros, 1987), apesar de se tratar de uma medição pontual, que tende a apresentar considerável variabilidade (Gerrard, 1982; cit. O'Sullivan e outros, 1987) necessitando de um número elevado de medições para se obterem resultados precisos (O'Sullivan e outros, 1987). Em estudos de mobilização do solo é sobretudo utilizada na detecção de camadas compactas, na avaliação da profundidade relativa, da intensidade e da persistência das acções de desagregação e de compactação, e na caracterização da evolução desta no tempo (O'Sullivan e outros, 1987). Devido à influência da interacção da massa volúmica aparente com o teor de água do solo (Guérif, 1994) a distribuição em profundidade da resistência à penetração apresenta um padrão semelhante ao dos perfis de massa volúmica aparente (Blackwell e outros, 1986 e Douglas e outros, 1986, cit. Guérif, 1994).

As medições podem ser feitas com um teor ou potencial de água no solo padrão para garantir que as diferenças na resistência à penetração não são influenciadas pelo perfil hídrico que a mobilização pode afectar de forma independente (O'Sullivan e outros, 1987). Os efeitos da mobilização são mais eviden-

tes quando o teor de água no solo é baixo, dado que a resistência decresce mais rapidamente com o aumento do teor de água nos solos não mobilizados do que nos solos mobilizados (Ehlers e outros, 1983, cit. O'Sullivan e outros, 1987).

Em solos estruturados pode ocorrer uma variação cíclica nas leituras do penetrómetro, quando o cone atravessa os agregados e os vazios existentes entre eles, resultante das diferenças na coesão e no atrito interno dentro do agregado e entre agregados (Hadas e Shmulevich, 1990, cit. Nasr e Selles, 1995).

Ehlers e outros (1983, cit. Comia e outros, 1994) verificaram que o crescimento das raízes está inversamente relacionado com a resistência à penetração. Payne (1988) refere a existência de uma boa correlação entre o crescimento da raiz e a resistência à penetração, independentemente do teor de água e do nível de compactação do solo, desde que o arejamento não seja limitante.

A resistência medida pelo penetrómetro é 2 a 8 vezes superior à encontrada pela raiz (Bengough, 1991, cit. Marshall e outros, 1996) devido ao maior atrito desenvolvido pelo cone e ao facto de este, ao contrário da raiz, não poder desviar-se da trajectória rectilínea quando encontra uma maior resistência (Marshall e outros, 1996). Payne (1988) refere diferenças da mesma ordem de grandeza, sendo os valores indicados pelo penetrómetro 4 a 10 vezes superiores à força axial exercida pelas raízes.

Segundo Payne (1988) os valores críticos da resistência à penetração, que levam à redução no crescimento das raízes para metade, situam-se para muitas espécies entre 0.5 e 4 MPa. Boone e Veen (1994) referem que os limites mecânicos críticos inferior e superior se atingem quando a taxa de crescimento das raízes é reduzida para 50 % ou 0 % do valor da taxa potencial. Segundo os autores a resistência à penetração de 1.5 e 3.0 MPa, medida com um penetrómetro de ponta cónica, constitui uma aproximação a estes limites, aumentando o último valor significativamente com a quantidade e a continuidade dos macroporos de maiores dimensões.

Ehlers e outros (1983, cit. Comia e outros, 1994) demonstraram que o crescimento das raízes de aveia cessa quando a resistência à penetração atinge 3.6 MPa em solo mobilizado e 4.5 e 5.1 MPa em solo

não mobilizado. Dexter (1987, cit. Hillel, 1998) faz referência a estudos do mesmo tipo com outras culturas.

Bowen (1981, cit. Gregory, 1988) indicam como valores críticos da massa volúmica aparente, a partir dos quais o crescimento das raízes é significativamente afectado, 1.55 Mg.m^{-3} nos solos franco-argilosos, 1.65 Mg.m^{-3} nos solos franco-limosos e 1.80 a 1.85 Mg.m^{-3} nos solos franco-arenosos. Wronsski e Murphy (1994) referem que o crescimento das raízes é inibido quando a resistência mecânica do solo se aproxima de 2 MPa , o que corresponde na maior parte dos solos a valores de massa volúmica aparente próximos de 1.5 Mg.m^{-3} , embora quando o teor de argila é superior a 30% este efeito se possa verificar para valores significativamente inferiores, próximos de 1.2 Mg.m^{-3} (Canarache, 1990 e Williamson, 1990, cit. Wronsski e Murphy, 1994). Veihmeyer e Hendrickson (1948, cit. Soane e Van Ouwerkerk, 1994) referem valores limite para a penetração das raízes de girassol de 1.75 Mg.m^{-3} em solos arenosos e 1.46 a 1.63 Mg.m^{-3} em solos argilosos.

A quantidade de raízes que consegue penetrar no solo a partir da zona mobilizada da cama da semente decresce exponencialmente com o aumento da resistência mecânica (Dexter, 1986a, cit. Brussaard e van Faassen, 1994), embora seja também determinada pela presença de bioporos e fendas no subsolo (Dexter, 1986b,c, cit. Brussaard e van Faassen, 1994). A resistência à penetração do subsolo não deve ultrapassar 0.4 MPa para as dicotiledóneas e 3 MPa para as monocotiledóneas, quando a profundidade de sementeira é suficientemente elevada para impedir o deslocamento lateral dos agregados (Brussaard e van Faassen, 1994).

3.2. Sistema convencional versus mobilização reduzida ou sementeira directa

Os sistemas de mobilização de conservação são frequentemente associados a menores produções (Rao, 1996, cit. Murillo e outros, 1998) atribuídas à menor temperatura e excesso de água no solo, a valores críticos das propriedades físicas do solo, a problemas com o manuseamento dos resíduos durante a sementeira e à sua fitotoxicidade, aos patógenos do solo, à maior quantidade de infestantes, à menor eficiência da fertilização (Hammel, 1995, cit. Murillo e outros, 1998) e, na sementeira directa, piores condições na cama da semente (Vyn e outros, 1994). Muitas das alterações nas propriedades do solo resultantes da utilização de alternativas ao sistema convencional, frequentemente baseado na

lavoura com charrua de aivecas, estão interligadas e a sua importância depende do tipo de solo e das limitações climáticas (Riley e outros, 1994).

3.2.1. Efeito sobre as propriedades mecânicas do solo

Nos solos não mobilizados a massa volúmica aparente e a resistência mecânica são mais elevadas (Hill, 1990; Vyn e outros, 1994), a macroporosidade é menor, e a cama da semente apresenta uma agregação mais grosseira, condições que podem inibir o crescimento das raízes e / ou tornar limitante a disponibilidade de água (Vyn e outros, 1994). Nestes solos os bioporos e os canais das raízes da cultura anterior permanecem intactos (Gantzer e Blake, 1978, Ehlers, 1982, cit. Unger e Jones, 1998) e influenciam muito a resistência à penetração evidenciando a presença de uma estrutura mais rígida ou mais estável que a do solo mobilizado (Unger e Jones, 1998).

Vários autores, trabalhando em diferentes tipos de solo, referem aumentos da massa volúmica aparente e da resistência mecânica resultantes da ausência de mobilização (Mielke e outros, 1984; Radcliffe e outros, 1988; Hill, 1990; Hill e Meza-Montalvo, 1990; Logsdon e outros, 1990; Comia e outros, 1994; Riley e outros, 1994; Vyn e outros, 1994; Unger e Jones, 1998) aos quais estão frequentemente associados o atraso e a redução no crescimento das raízes, embora nem sempre influenciem a produção da cultura. Nos solos com teor de argila médio a alto a mobilização reduzida origina frequentemente boas produções mesmo quando a massa volúmica aparente é significativamente mais elevada que a observada no sistema convencional, baseado na lavoura anual (Rydberg, 1992, cit. Håkansson e Lipiec, 2000). Um dos factores que pode contribuir para reduzir o impacto negativo da maior resistência mecânica é a presença de um teor de água elevado que, como referem Radcliffe e outros (1988), pode permitir que as raízes atravessem as zonas mais compactadas na ausência de mobilização.

Basch e outros (1998) verificaram que a massa volúmica aparente e a resistência à penetração são superiores na sementeira directa, dificultando o desenvolvimento inicial das raízes do girassol o que provocou um atraso no crescimento da cultura. Segundo os autores este atraso inicial do crescimento explica a pior resposta à sementeira directa, nos anos com uma distribuição da precipitação desfavorável, observada em culturas em que, como no girassol, as raízes têm fraco poder de penetração.

A mobilização afecta também a localização e distribuição espacial dos resíduos vegetais, contribuindo através da sua incorporação para o aumento da porosidade - pela criação, entre os agregados e torrões, de um volume de poros que em geral excede o volume de material incorporado - e consequentemente para a redução da massa volúmica aparente (Guérif e outros, 2001). A influência da operação primária de mobilização é a mais significativa, incorporando a charrua de aivecas a maior parte dos resíduos abaixo dos 0.15 m, enquanto que com o chisel ou a grade de discos raramente ultrapassam os 0.10 m (Staricka e outros, 1991, cit. Guérif e outros, 2001).

3.2.2. Efeito sobre as propriedades hidrológicas do solo

O aumento da densidade aparente e a redução da porosidade total alteram significativamente as propriedades do solo relacionadas com a água sendo a condutividade hidráulica saturada e a taxa de infiltração sob potenciais negativos muito sensíveis a estes efeitos (Horton e outros, 1994). Segundo os autores esta influência directa da compactação nas propriedades hidráulicas do solo pode controlar a infiltração e a redistribuição da água no perfil, influenciando indirectamente a penetração e crescimento das raízes das plantas e a absorção de água e nutrientes (Horton e outros, 1994).

A substituição da mobilização convencional, baseada na lavoura, pela mobilização reduzida ou pela sementeira directa pode contribuir para o aumento do teor de água no solo através do aumento da capacidade de armazenamento, sobretudo em solos de textura média e grosseira (Lal e outros, 1994), e da taxa de infiltração, e através da redução do escoamento e das perdas por evaporação (Hill, 1990; Tyler e outros, 1994). A maior cobertura e a ausência de perturbação do solo retardam na sementeira directa a formação de crosta, mantendo a infiltração e reduzindo o escoamento (Radcliffe e outros 1988; West e outros, 1991, cit. Tyler e outros, 1994).

A infiltração da água no solo está directamente relacionada com a macroporosidade (Ankeny e outros, 1990) que é também importante para o crescimento das raízes (Wang e outros, 1986, cit. Ankeny e outros, 1990) e para o movimento dos solutos (Beven e German, 1982, cit. Ankeny e outros, 1990). Ankeny e outros (1990) consideram que os macroporos com um diâmetro nominal superior a 0.2 mm constituem a fracção da porosidade mais importante para o crescimento das raízes e o movimento

preferencial dos solutos. Helalia (1993) menciona a existência de uma correlação muito significativa entre a taxa de infiltração e a porosidade efectiva – diferença entre a porosidade total e o teor de água retido contra uma tensão de 0.33 bar. Nos solos em que a actividade da macrofauna é reduzida, mas que contêm uma elevada percentagem de argilas expansíveis, as fendas verticais podem assegurar as propriedades de transmissão (Ehlers e Claupein, 1994), sendo a formação destas fendas nos solos com carácter vértico favorecida pela mobilização de conservação (Ehlers, 1991, cit. Ehlers e Claupein, 1994).

Logsdon e outros (1990) estabeleceram uma relação entre a macroporosidade e a condutividade hidráulica. Este parâmetro apresenta no entanto uma elevada variabilidade para a qual contribui entre outras a distribuição dos bioporos e das fendas e a existência de zonas compactadas pelo tráfego (Lal e outros, 1994).

A influência da mobilização na macroporosidade e na infiltração não apresenta geralmente uma tendência definida variando com as condições climáticas e a técnica cultural, sendo referidas situações em que a infiltração na sementeira directa é mais rápida, mais lenta ou semelhante à da mobilização (Logsdon e outros, 1993). São, no entanto, frequentes as referências à maior continuidade dos macroporos no solo não mobilizado (Douglas e outros, 1981, cit. Comia, 1994; Tippkotter, 1983, cit. Logsdon e outros, 1993; Edwards e Norton, 1986, cit. Lal e outros, 1994; Douglas e Goss, 1987, cit. Logsdon e outros, 1993; Logsdon e outros, 1990; Comia e outros, 1994; Lipiec e Stepniewski, 1995) o que permite o movimento de água a partir da superfície mesmo quando o solo não está saturado (Beven e Germann, 1982 e Hamblin, 1985, cit. Logsdon e outros, 1990).

A existência de diferenças significativas entre sistemas de mobilização do solo está relacionada com a continuidade dos macroporos e com a presença ou ausência à superfície do solo de camadas de material disperso (Radcliffe e outros, 1988; Ehlers, 1975, Zachmann e outros, 1987, Meek e outros, 1990 e Dunn e Phillips, 1991, cits. Logsdon e outros, 1993) que podem obturar os macroporos se a precipitação for intensa e a protecção pelos resíduos vegetais insuficiente (Ela e outros, 1992, cit. Logsdon e outros, 1993). A presença desta camada depende da estabilidade dos agregados, da quantidade de resíduos, que está relacionada com o tipo de culturas da rotação, da intensidade da precipitação e do grau de cobertura do solo pelo coberto vegetal (Logsdon e outros, 1993), aspectos que são favorecidos pela mobilização de conservação. A permanência desta camada dispersa, que pode voltar a formar-se

em cada nova chuvada (Logsdon e outros, 1993), depende do fendilhamento, condicionado pelo potencial de expansão e contracção do solo, e da actividade da fauna do solo (Freebarin e outros, 1989, cit. Logsdon e outros, 1993).

A alteração da técnica de mobilização pode também afectar a estabilidade estrutural do solo essencialmente através de modificações no teor de humidade e na distribuição da matéria orgânica que influenciam a actividade microbiológica (Vyn e outros, 1994). Green (1992, cit. Vyn e outros, 1994) observou que cerca de metade da variabilidade na estabilidade dos agregados era originada por diferenças na quantidade de matéria orgânica próximo da superfície. Vários autores referem efeitos positivos da mobilização de conservação sobre a estabilidade dos agregados (Kladivko e outros, 1983, cit. Lal e outros, 1994; Mielke e outros, 1984; Prove e outros, 1990, cit. Comia e outros, 1994; Mahboubi e outros, 1993, cit. Lal e outros, 1994; Karlen e outros, 1994; Riley e outros, 1994).

3.2.3. Efeito sobre a temperatura do solo

Segundo Lal e outros (1994) a resposta da cultura à mobilização depende da temperatura do solo, principalmente durante o início da Primavera.

A mobilização reduzida e a sementeira directa têm pouco efeito na temperatura do solo (Riley e outros, 1994) embora afectem as suas propriedades térmicas, aumentando a capacidade e o fluxo térmicos (Børresen e Njøs, 1990, cit. Riley e outros, 1994). Os resíduos vegetais pelo contrário reduzem acentuadamente a temperatura média e a amplitude térmica da camada superficial o que pode explicar a germinação mais lenta associada a estes sistemas (Riley e outros, 1994).

3.2.4. Efeito sobre as propriedades químicas do solo

As propriedades químicas mais dinâmicas - pH, fósforo extraível e bases de troca - podem ser muito afectadas pela tecnologia, observando-se alterações no curto prazo (Lal e outros, 1994). Segundo os autores, o efeito da mobilização faz-se sentir através da concentração dos constituintes químicos junto à superfície - o que ocorre quando os fertilizantes são aplicados sem incorporação e os resíduos se decompõem à superfície do solo - observando-se uma estratificação do carbono orgânico e do fósforo que não afecta os constituintes móveis como os nitratos e os cloretos. A redução da actividade bioló-

gica na ausência de mobilização pode contribuir também para a concentração dos constituintes orgânicos à superfície (Dick e Daniel, 1987, cit. Lal e outros, 1994).

São frequentes as referências ao aumento do teor de matéria orgânica e à acumulação de alguns nutrientes, como o fósforo e o potássio, próximo da superfície (Blevins e outros, 1984, cit. Comia e outros, 1994; Dick e Daniel, 1987, cit. Lal e outros, 1994; Riley e outros, 1994; Comia e outros, 1994). As bases de troca, incluindo o potássio, tendem no entanto a apresentar uma estratificação menos evidente que a observada com o fósforo (Lal e outros, 1994) devido à maior mobilidade e ao facto da sua retenção ser afectada pelo aumento da acidez de troca que por vezes se verifica e que contraria a tendência para que estes catiões se concentrem perto da superfície (Dick e Daniel, 1987, cit. Lal e outros, 1994). A capacidade de troca catiónica aumenta próximo da superfície devido à estratificação da matéria orgânica, sendo este efeito mais acentuado nos solos pobres em matéria orgânica ou em minerais de argila 2:1 (Lal e outros, 1994).

A mobilização do solo, através de alterações nas propriedades hidráulicas, no arejamento, nas propriedades de difusão e no crescimento e configuração das raízes, pode influenciar a absorção de nutrientes dependendo este efeito do regime hídrico do solo (Lipiec e Stepniewski, 1995). Na sementeira directa a produção pode ser afectada pela libertação mais lenta do azoto a partir da matéria orgânica (Lipiec e Stepniewski, 1995).

A mobilização de conservação conduz, no médio - longo prazo, à redução do pH (Blevins e outros, 1985 e Dick e Daniel, 1987, cit. Lal e outros, 1994) devido à localização dos fertilizantes e dos resíduos vegetais à superfície e à ausência de distribuição da acidez marginal gerada anualmente (Lal e outros, 1994). Uma consequência do abaixamento do pH no solo não mobilizado é o seu efeito sobre a actividade dos herbicidas cuja solubilidade, adsorção ao solo e eficácia depende da forma presente - neutra, aniónica ou catiónica - face a um dado valor do pH do solo (Lal e outros, 1994).

3.2.5. Ensaio em Vertisols

Os Vertisols apresentam elevada susceptibilidade à erosão devido à baixa taxa de infiltração em condições de solo húmido (Freebairn e outros, 1984, cit. Thorburn, 1992) e à baixa densidade de agregados (Loch e Donnollan, 1983, cit. Thorburn, 1992).

Carvalho e Basch (1995) observaram efeitos significativos da mobilização sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Segundo os autores, a sementeira directa conduziu, na camada superficial (0.00 – 0.10 m), ao aumento da massa volúmica aparente e à redução da porosidade total, enquanto que na camada sub-superficial a situação se inverteu. A condutividade hidráulica saturada, a estabilidade dos agregados, a resistência à penetração, o teor de matéria orgânica, o fósforo extraível e a capacidade de troca catiónica apresentaram valores mais elevados sob este sistema, tendo os efeitos observados contribuído para a melhoria das condições do solo, relativamente ao sistema convencional, baseado na lavoura. A resposta da cultura à sementeira directa, que depende das condições climáticas, é em geral superior à observada no sistema convencional, nas culturas de Outono-Inverno, sendo inferior, nas culturas de Primavera, principalmente devido à maior resistência do solo à penetração (Carvalho e Basch, 1995).

Nos ensaios realizados por Oleschko e outros (1993) as propriedades físicas do solo foram as mais influenciadas pela mobilização, apresentando a mobilização reduzida poros mais pequenos e menor potencial de contracção – expansão, devido à maior compactação.

Thorburn (1992) verificou que, nestes solos, as condições na cama da semente eram menos favoráveis ao estabelecimento da cultura na sementeira directa, relativamente aos tratamentos mobilizados, devido ao aumento da massa volúmica aparente, da resistência ao corte, da resistência à penetração – dificultando a penetração das raízes, o que pode retardar o crescimento inicial das plantas - e do tamanho dos agregados. A quantidade de água em equilíbrio com todas as tensões aplicadas (entre 35 e 16 x 10³ KPa), a sorptividade e a taxa de infiltração no equilíbrio foram também inferiores na sementeira directa, sobretudo quando houve remoção do restolho (Thorburn, 1992). O autor refere outros ensaios em Vertisols em que foram observados aumentos da infiltração e do armazenamento da água o que

atribui a diferenças entre locais na estrutura natural da superfície do solo e nas quantidades de resíduos produzidas.

Dalal (1989) observou maior concentração de carbono orgânico e de azoto total, menor pH e maior índice de agregação na camada 0.00 – 0.10 m no tratamento de sementeira directa, relativamente ao sistema convencional baseado no "chisel". Na sementeira directa a quantidade de água utilizável e de nitratos era menor na camada superficial e mais elevada na camada 0.60 - 1.20 m, o que pode ter um efeito negativo no crescimento da planta devido ao movimento do azoto para fora da zona explorada pelas raízes (Dalal, 1989).

Standley e outros (1990) referem um comportamento idêntico para o carbono orgânico, ainda que não significativo, e para os nitratos na sementeira directa, enquanto que este sistema apresentava mais potássio à superfície - o que atribuem ao facto de este não ser facilmente lexiviado (Barber e Humbert, 1963, cit. Standley e outros, 1990) e não sofrer o efeito de diluição devido à mistura de camadas pela mobilização – sugerindo a necessidade de desenvolvimento de técnicas que permitam colocar os fertilizantes com elementos relativamente imóveis, incluindo o fósforo e o potássio, abaixo da superfície do solo. Os tratamentos de mobilização não influenciaram a distribuição do fósforo nem o pH nos ensaios realizados pelos autores.

No mesmo ensaio Thomas e outros (1990) verificaram que na sementeira directa, sobretudo quando se retiram os restolhos, o estabelecimento da cultura é em média 20 % inferior, o teor de água à sementeira na camada superficial é menor, a temperatura do solo durante a emergência mais elevada, o crescimento inicial da cultura menos vigoroso - embora este efeito se atenua nas fases posteriores do ciclo - a duração do período até à antese maior, a quantidade total de água utilizada menor e a quantidade de raízes na camada superficial mais elevada, relativamente aos tratamentos com mobilização do solo. A produção da sementeira directa foi idêntica à dos tratamentos com mobilização quando os resíduos foram mantidos à superfície, sendo inferior quando foram retirados (Thomas e outros, 1990).

Thomas e outros (1990) atribuem o pior estabelecimento na sementeira directa ao equipamento utilizado que, quando a sementeira é mais superficial devido à resistência do solo, não permite uma boa cobertura da semente, e à menor proporção de agregados de diâmetro inferior a 5 mm. Para os autores quando os restolhos são mantidos à superfície do solo as variações anuais na produção da sementeira directa são explicadas, nos anos chuvosos, pela deficiência de azoto que é o factor limitante para este sistema de mobilização enquanto que, nos anos secos, em que a produção é influenciada pela dispo-

nibilidade de água e a eficiência do seu uso, a produção ultrapassa os tratamentos com mobilização do solo. Quando os restos são removidos a mobilização do solo contribui para aumentar a quantidade de água armazenada no solo, com impacto positivo na produção.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Localização e caracterização do campo experimental

1.1. Localização e informação geral sobre o local

O ensaio decorreu numa exploração agrícola pertencente à Universidade de Évora, localizada próximo do Penedo Gordo, a cerca de 10 Km de Beja (Folha 43C da Carta Corográfica de Portugal na escala 1:50 000 elaborada pelo Instituto Geográfico e Cadastral em 1979).

O campo experimental é constituído por três folhas de cultura arvense de sequeiro com cerca de 3 ha cada, nas quais tem sido praticada, nos últimos anos, a rotação anual girassol – trigo – cevada, em sementeira directa. Duas destas folhas são contíguas e são designadas no texto por A₁ e A₂ (coordenadas do ponto médio: latitude 37° 59' N, longitude 7° 57' 14" W e altitude 175 m). A terceira, designada por B (coordenadas do ponto médio: latitude 37° 59' 16" N, longitude 7° 57' 3" W e altitude 185 m), dista cerca de 750 m das anteriores.

O ensaio ocupou apenas uma parte destas folhas tendo sido introduzidas algumas alterações ao modo de exploração habitual para permitir a implantação do modelo de delineamento adoptado.

1.2. Geologia, geomorfologia e topografia

Segundo o levantamento geológico de Beja na escala 1:25 000 folha n.º 521 (Goinhas, 1977) existem no local do ensaio xistos, felitos e quartzitos com lenticulas de calcários da formação Horta da Torre e turbiditos, felitos, grauvaques e xistos roxos da formação de Santa Iria, ambas do Grupo Ferreira – Ficalho, do Devónico Superior. Por alteração destas rochas originaram-se coberturas carbonatadas e argilosas, provavelmente do Terciário ou do Quaternário, com espessura métrica. A menos de 1 km para Norte situa-se o cavalgamento Ferreira – Ficalho que constitui o limite entre a Zona Sul Portuguesa e a Zona de Ossa Morena. Salienta-se, ainda, a presença próxima de falhas tardi-variscas que contém os principais aquíferos da região e às quais se associam as várias nascentes, poços e furos mais produtivos (João Matos, comunicação pessoal, 2002).

Do ponto de vista geomorfológico trata-se de uma planície suave, com rede hidrográfica pouco encaixada, controlada por algumas falhas. A topografia da folha de ensaios é plana ou quase plana, com declives de 0 a 2 %, e a microtopografia apresenta pequena rugosidade, característica da sementeira directa.

1.3. Solo

O local onde decorreu a componente experimental de campo deste estudo corresponde, na Carta dos Solos de Portugal na escala 1:50 000, folha 43C (SROA, 1961), a um complexo de Solos Calcários Vermelhos de calcários (Vc) e de Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de margas ou calcários margosos (Vcm).

A Ordem dos Solos Calcários inclui os Calcic Cambisols da legenda da FAO (Cardoso, 1974) e representa 3.7 % do País (Ricardo, 1980). Os solos da família Vc são comuns no Algarve e, em formações do Miocénio, no Alentejo (Cardoso, 1965).

A Ordem dos Solos Argiluvitados Pouco Insaturados corresponde aos Luvisols e o Subgrupo dos Parabarros aos Vertic Luvisols, da legenda da FAO (Cardoso, 1974). Os solos desta Ordem representam 24.8 % do País, ocupando o segundo lugar (Ricardo, 1980). Os solos da família Vcm são muito abundantes na região de Pias e Moura (Cardoso, 1965).

Para aprofundar a informação disponível na Carta de Solos recorreu-se à descrição de perfis no campo, complementada com sondagens efectuadas ao longo das folhas de ensaio, e à determinação analítica das principais características do solo. Foram descritos 8 perfis, apresentando-se, no Anexo A, uma informação completa dos representativos das duas séries - série A (folhas A₁ e A₂) e série B (folha B) - identificadas no campo experimental.

Na descrição do perfil seguiu-se a metodologia recomendada pela FAO (1977). Na mesma altura colheram-se amostras, normais e não perturbadas, para a caracterização laboratorial das principais características físicas e químicas do solo.

Nos pontos 1. a 11. indicam-se os métodos utilizados e incluem-se algumas referências à metodologia adoptada:

1. As partículas minerais com diâmetro superior a 2 mm (EG_S) existentes à superfície do solo foram quantificadas através da fracção da área total, por elas ocupada, medida em quadrados com 0.25 m^2 .
2. Os elementos grosseiros (EG) existentes no perfil foram separados por crivagem e quantificados por pesagem, sendo os resultados apresentados sob a forma de percentagem em massa.
3. A proporção relativa dos lotes que constituem a fracção mineral de diâmetro inferior 2 mm (terra fina) foi quantificada através do método convencional de análise granulométrica. Os limites do intervalo de variação do diâmetro das partículas de cada lote foram os definidos pela escala de Atterberg. A análise foi realizada sem destruição da matéria orgânica e dos carbonatos, sendo o limo e a argila determinados por pipetagem e a areia fina por diferença. O agente dispersante utilizado foi o hexametáfosfato de sódio. Os resultados são apresentados sob a forma de percentagem em massa.
4. A massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap}) foi determinada pelo método dos cilindros (altura = 0.085 m e diâmetro = 0.066 m). Os resultados são apresentados em Mg.m^{-3} .
5. Os valores utilizados no traçado das curvas características da água do solo foram determinados na terra fina com recurso ao método da placa de pressão desenvolvido por Richards. As pressões aplicadas foram 15 bar ($15 \times 10^5 \text{ Pa}$), 10 bar, 6 bar, 3 bar, 1 bar e $1/3$ bar. A quantidade de água (θ_V) em equilíbrio com cada uma destas pressões foi determinada através do método gravimétrico, tendo-se utilizado, para a conversão em volume, os valores de massa volúmica aparente determinados no horizonte donde provêm as amostras. Os resultados foram, posteriormente, corrigidos, tendo em conta a percentagem de elementos grosseiros de cada horizonte e admitindo que a água por eles retida não tem significado prático. Cada uma das curvas características foi obtida pela aplicação da análise de regressão aos pares de valores de potencial mátrico ($\log_{10} (\Psi / \text{kPa})$) e de teor de água em volume ($\theta_V / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$) no equilíbrio. O modelo ajustado é do mesmo tipo do utilizado por Visser (1969, cit. Marshall, 1996) e por Gardner (1970, cit. Hillel, 1998), entre outros autores, em que a e b são constantes.

$$\Psi = a \cdot \theta_V^{-b}$$

Pode utilizar-se esta relação quando o intervalo de variação do teor de água não é muito grande e os valores considerados não estão próximos da saturação (Hillel, 1998).

6. A medição do teor de água no solo correspondente à capacidade de campo ($\theta_{m(cc)}$) baseou-se no método convencional para a avaliação desta variável *in situ* proposto por Veihmeyer e Hendrickson. O solo foi humedecido artificialmente, através de regas abundantes, na semana que precedeu a determinação e a sua superfície coberta para prevenir a evaporação. O período de drenagem foi de 2 dias. As amostras foram colhidas com uma sonda metálica de meia cana, de 0.10 m em 0.10 m, desde a superfície até 1 m de profundidade. O teor de humidade foi determinado pelo método gravimétrico e expresso em kg.kg^{-1} .
7. O cálculo da água utilizável pelas plantas baseou-se na definição proposta por Veihmeyer e Hendrickson. A partir dos valores da capacidade de campo determinada *in situ* calculou-se o valor médio de cada horizonte, que foi convertido em teor de água em volume utilizando o valor de massa volúmica aparente correspondente. O ponto de emurchecimento permanente foi simulado pelo teor de água em equilíbrio com a pressão de 15 bar. Os resultados são apresentados em $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ e sob a forma de altura equivalente à água utilizável ($da_{(U)}$ / mm), nos horizontes genéticos e no *solum*.
8. O teor de carbono orgânico (C) foi determinado por via seca ou, nas amostras que apresentavam carbonatos, pelo método do permanganato de potássio. A quantidade de matéria orgânica (MO) foi calculada multiplicando o teor de carbono orgânico pelo factor 1.724. O azoto total (N_{tot}) foi doseado pelo método de Kjeldahl. Os resultados são apresentados sob a forma de percentagem em massa.
9. O teor de carbonatos livres foi determinado pelo método da neutralização de Piper, sendo o resultado apresentado em percentagem equivalente de carbonato de cálcio.
10. O pH foi determinado por potenciometria, em suspensões de solo em água numa relação de massas de 1:2.5.
11. A capacidade de troca catiónica (T) e as bases de troca (Ca, Mg, K e Na), foram determinadas pelo método do acetato de amónio. O hidrogénio de troca (H) foi determinado pelo método do acetato de bário. Nas amostras que apresentavam carbonatos os catiões de troca foram determinados pelo método de Mehlich. Os resultados, com excepção do grau de saturação em bases (V), são expressos em centimoles de carga positiva por kilograma ($\text{cmol}(+).\text{kg}^{-1}$).

Nos Quadros 2.1., 2.2, 2.3 e 2.4 apresenta-se uma síntese dos dados analíticos físicos e químicos relativos às séries A e B.

Quadro 2.1. - Dados analíticos físicos e químicos relativos à série A: teores de elementos grosseiros ($EG / \%$), de argila ($A / \%$), de matéria orgânica ($MO / \%$), de carbonatos livres ($CaCO_3 / \%$), $pH (H_2O)$, capacidade de troca catiónica ($T / cmol(+).kg^{-1}$) e grau de saturação em bases ($V / \%$).

	$EG / \%$	$A / \%$	Classe de textura	$MO / \%$	$CaCO_3 / \%$	$pH (H_2O)$	$T / cmol(+).kg^{-1}$	$V / \%$
Ap1 (0.00 – 0.15)	7.1	52.5	argilosa	1.946	—	7.0	16.58	89.81
Ap2 (0.15 – 0.40)	6.1	52.4	argilosa	1.846	—	6.8	18.70	88.77
Bw1 (0.40 – 0.65)	8.1	59.3	argilosa	1.745	—	6.8	18.37	80.40
Bw2 (0.65 – 0.80)	17.4	62.7	argilosa	1.611	6.2	7.0	17.50	98.29
Bw/C (0.80 – 1.05)	33.6	81.9	argilosa	0.940	48.1	7.2	—	—
C (1.05 – 1.30)	15.9	73.1	argilosa	0.872	61.5	7.3	9.77	100.00

Quadro 2.2. - Teores de água à capacidade de campo ($\theta_{V(cc)} / m^3.m^{-3}$) e em equilíbrio com uma pressão de 15 bar ($\theta_{V(15bar)} / m^3.m^{-3}$), relativos à série A; altura equivalente à água utilizável pelas plantas $da_{(u)} / mm$.

parâmetro	Ap1 (0.00 – 0.15)	Ap2 (0.15 – 0.40)	Bw (0.40 – 0.80)	(0.00 – 0.80) / mm
$\theta_{V(cc)} / m^3.m^{-3}$	0.384	0.348	0.370	293
$\theta_{V(15bar)} / m^3.m^{-3}$	0.246	0.234	0.263	
$da_{(u)} / mm$	21	29	43	93

Quadro 2.3. - Dados analíticos físicos e químicos relativos à série B: teores de elementos grosseiros ($EG / \%$), de argila ($A / \%$), de matéria orgânica ($MO / \%$), de carbonatos livres ($CaCO_3 / \%$), $pH (H_2O)$, capacidade de troca catiónica ($T / cmol(+).kg^{-1}$) e grau de saturação em bases ($V / \%$).

	$EG / \%$	$A / \%$	Classe de textura	$MO / \%$	$CaCO_3 / \%$	$pH (H_2O)$	$T / cmol(+).kg^{-1}$	$V / \%$
Ap1 (0.00 – 0.15/0.20)	12.2	57.1	argilosa	2.349	6.7	7.0	18.57	100.11
Ap2 (0.15/0.20 – 0.40/0.45)	28.5	50.9	argilosa	1.879	3.3	7.2	16.60	98.19
Bw1 (0.40/0.45 – 0.60/0.65)	13.4	69.7	argilosa	1.258	41.8	7.1	10.48	92.37
Bw2 (0.60/0.65 – 0.75/0.80)	21.4	78.0	argilosa	0.777	59.4	7.2	8.69	100.00
Bw / C (0.75/0.80 – 1.10)	14.4	74.2	argilosa	0.473	64.0	7.4	—	
C (1.10 – 1.40)	24.0	64.0	argilosa	0.425	63.8	7.4	9.63	100.00

Quadro 2.4. - Teores de água à capacidade de campo ($\theta_{V(cc)} / \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) e em equilíbrio com uma pressão de 15 bar ($\theta_{V(15bar)} / \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), relativos à série B; altura equivalente à água utilizável pelas plantas $da_{(u)} / \text{mm}$.

	Ap1 (0.00 – 0.15/0.20)	Ap2 (0.15/0.20 – 0.40/0.45)	Bw (0.40/0.45 – 0.75/0.80)	(0.00 – 0.80) / mm
$\theta_{V(cc)} / \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	0.358	0.368	0.310	263
$\theta_{V(15bar)} / \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	0.238	0.210	0.249	
$da_{(u)} / \text{mm}$	21	40	21	82

1.4. Clima

1.4.1. Classificação climática e valores históricos dos elementos climáticos

O clima mediterrânico regional é, na classificação de Köpen, mesotérmico húmido com estação seca e quente no Verão (Csa) e, na classificação de Thomthwaite, 2º mesotérmico ou temperado (B'2), quanto à evapotranspiração potencial, de nula ou pequena eficácia térmica no Verão (a'), quanto ao índice hídrico, sub-húmido seco (C1), com superavit de água nulo ou pequeno no ano (d) e moderado (s) ou grande (s2) no Inverno (Reis e Gonçalves, 1987).

Para a caracterização climática recorreu-se aos valores observados na Estação de Beja do Instituto de Meteorologia. Esta Estação (latitude 38º 01' N, longitude 7º 52' W e altitude 246 m) está localizada a cerca de 10 km do local onde decorreu o ensaio de campo, em condições topográficas semelhantes.

A caracterização climática geral que se apresenta no Anexo B baseou-se no trabalho de Reis e Gonçalves (1987), que contém uma análise pormenorizada e orientada para a actividade agrícola do clima da região Alentejo. Os valores apresentados no Quadro B.1 são uma síntese da informação relativa à temperatura do ar e do solo, à precipitação e à evapotranspiração disponível na Estação de Beja. A evapotranspiração de referência foi estimada pela equação de Hargreaves (Allen e outros, 1998).

1.4.2. Caracterização climática do período de ensaios

A partir dos valores diários observados na Estação de Beja calcularam-se os valores médios e acumulados das principais variáveis climáticas, relativos ao período em que decorreu o ensaio de campo. A temperatura do solo foi estimada pela equação (Quadro B.2) obtida por análise de regressão linear simples utilizando os valores históricos da temperatura do solo e da temperatura média do ar. No Anexo B (Quadros B.3 e B.4) apresenta-se, para cada ano agrícola, informação relativa à temperatura do ar, à precipitação e à evapotranspiração de referência. O Quadro B.4 inclui também os valores da precipitação total em cada um dos anos civis.

As Figuras B.1., B.2., B.3., B.4. e B.5. contêm os gráficos de precipitação e temperatura do ano médio e de cada ano agrícola do período de ensaios.

Os Quadros 2.5.(a) e 2.5.(b) contêm, para cada ano agrícola, os valores da precipitação acumulada até à data média de ocorrência das diferentes fases do ciclo da cultura, contabilizada a partir de 1 de Setembro, os valores da precipitação acumulada entre duas fases consecutivas, os valores da evapotranspiração cultural entre duas fases consecutivas e os coeficientes culturais para o girassol. A evapotranspiração de referência (ET_0) foi estimada pela equação de Hargreaves (Allen e outros, 1998). Os coeficientes (K_c) e a evapotranspiração (ET_c) culturais foram calculados com base nas características do solo, do clima e da cultura relativas ao local e período de ensaios, utilizando a metodologia proposta por Allen e outros (1998). Na estimativa dos coeficientes culturais recorreu-se à aproximação do coeficiente cultural singular (Allen e outros, 1998).

Quadro 2.5.(a) - Precipitação (R / mm) acumulada desde 1 de Setembro do ano anterior e em cada uma das fases do ciclo cultural, coeficiente cultural (K_c) e evapotranspiração cultural (ET_c / mm) em cada uma das fases do ciclo e diferença entre a precipitação e a evapotranspiração cultural ($R - ET_c$ / mm): anos agrícolas de 1992-1993 e 1994-1995.

ano	data de sementeira	parâmetro	estado / fase do desenvolvimento				
			E0 sementeira	E1 emergência	E2 botão floral	E3 plena floração	E4 maturação fisiológica
			F0	F1	F2	F3	
1992-1993	D ₁	R / mm	301.0	349.9	464.5	510.5	510.6
		K_c	0.58	0.83	1.08	0.85	
		ET_c / mm	38.0	206.9	172.8	174.2	
		$R - ET_c$ / mm	0.0	10.9	-66.3	-208.2	-382.3
			10.9	-77.2	-141.9	-174.1	
	D ₂		-201 ⁽¹⁾ / -3 ⁽²⁾	53 / 20	118 / 37	104 / 46	
		R / mm	349.9	361.0	506.2	510.6	510.6
		K_c	0.30	0.69	1.08	0.84	
		ET_c / mm	30.6	115.5	230.4	197.8	
		$R - ET_c$ / mm	0.0	-19.5	10.2	-215.8	-413.6
1994-1995	D ₁		-19.5	29.7	-226.0	-197.8	
			75 ⁽³⁾ / 5 ⁽²⁾	-39 / -7	143 / 55	123 / 48	
		R / mm	198.2	227.2	273.4	274.6	282.0
		K_c	0.80	0.94	1.08	0.85	
		ET_c / mm	38.4	276.7	120.4	167.7	
	D ₂	$R - ET_c$ / mm	0.0	-9.4	-239.9	-359.1	-519.4
			-9.4	-230.5	-119.2	-160.3	
			173 / 2	159 / 44	99 / 23	96 / 31	
		R / mm	227.2	227.2	273.4	274.6	282.0
		K_c	0.62	0.85	1.08	0.84	
D ₂	ET_c / mm	32.4	252.6	134.3	175.4		
	$R - ET_c$ / mm	0.0	-32.3	-251.2	-384.4	-553.1	
		-32.3	-218.9	-133.2	-168.7		
		124 / 6	286 / 40	84 / 24	105 / 31		
	fase do desenvolvimento		F0	F1	F2	F3	

(1) percentagem relativamente à média do tratamento D1 no período 1993-1997, (2) percentagem relativamente ao valor acumulado durante o ciclo cultural, (3) percentagem relativamente à média do tratamento D2 no período 1993-1997.

Quadro 2.5.(b) - Precipitação (R / mm) acumulada desde 1 de Setembro do ano anterior e em cada uma das fases do ciclo cultural, coeficiente cultural (K_C) e evapotranspiração cultural (ET_C / mm) em cada uma das fases do ciclo e diferença entre a precipitação e a evapotranspiração cultural ($R - ET_C$ / mm): anos agrícolas de 1995-1996 e 1996-1997.

ano	data de sementeira	parâmetro	estado / fase do desenvolvimento						
			E0	E1	E2	E3	E4		
			sementeira	emergência	botão floral	plena floração	maturação fisiológica		
			F0	F1	F2	F3			
1995-1996	D ₁	R / mm	697.9	739.1	868.4	868.4	868.7		
		K_C	40.9	128.6	0.0	0.3			
		ET_C / mm	1.08	1.08	1.08	0.82			
		$R - ET_C$ / mm	37.7	304.5	228.6	177.4			
			0.0	3.2	-172.7	-401.3	-578.4		
			3.2	-175.9	-228.6	-177.1			
1996-1997	D ₁	R / mm	522.1	522.1	595.5	731.1	739.6		
		K_C	0.0	73.4	135.6	8.5			
		ET_C / mm	0.30	0.69	1.08	0.85			
		$R - ET_C$ / mm	26.4	171.2	127.0	165.5			
			0.0	-26.4	-124.2	-115.6	-272.6		
			-26.4	-97.8	8.6	-157.0			
1996-1997	D ₂	R / mm	584.2	586.4	731.1	739.6	739.6		
		K_C	2.2	144.7	8.5	0.0			
		ET_C / mm	0.46	0.77	1.08	0.89			
		$R - ET_C$ / mm	28.7	185.4	122.7	116.5			
			0.0	-26.5	-67.2	-181.4	-297.9		
			-26.5	-40.7	-114.2	-116.5			
fase do desenvolvimento			F0	F1	F2	F3			
			-59 ⁽¹⁾ / -1 ⁽²⁾	121 / 30	190 / 40	106 / 31			
			487 / 10	67 / 36	-7 / -3	94 / 58			
			102 ⁽³⁾ / 9 ⁽²⁾	53 / 14	72 / 38	72 / 39			

(1) percentagem relativamente à média do tratamento D1 no período 1993-1997, (2) percentagem relativamente ao valor acumulado durante o ciclo cultural, (3) percentagem relativamente à média do tratamento D2 no período 1993-1997.

Nos Quadros B.5.(a), B.5.(b), B.5.(c) e B.5.(d) apresenta-se a evolução da temperatura do ar, da temperatura do solo e da precipitação nos períodos pré-sementeira e sementeira-emergência da cultura, que se sintetiza no Quadro 2.6..

Quadro 2.6. – Temperatura média do ar (T_{med} / °C), média das temperaturas máximas (T_{max} / °C), média das temperaturas mínimas (T_{min} / °C), temperatura média do solo à profundidade de 0.10 m (T_{solo} / °C), evapotranspiração cultural (ET_c / mm) e precipitação (R / mm) no período sementeira–emergência, nos anos agrícola de 1992-1993, de 1994-1995, de 1995-1996 e de 1996-1997.

ano	data de sementeira	T / °C				R / mm	ET _c / mm	
		T _{min}	T _{max}	T _{med}	T _{solo} ⁽¹⁾			
1992-1993	D ₁	média / soma	5.5	16.1	10.8	10.6	48.9	38.0
		s / °C	2.6	2.0	2.2	2.7	—	—
		CV / %	47	12	21	26	—	—
	D ₂	média / soma	7.5	21.3	14.4	15.0	11.1	30.6
		s / °C	1.7	2.1	1.6	2.1	—	—
		CV / %	23	10	11	14	—	—
1994-95	D ₁	média / soma	6.4	17.2	11.8	11.8	29.0	38.4
		s / °C	2.4	2.5	2.4	3.0	—	—
		CV / %	38	15	20	25	—	—
	D ₂	média / soma	9.6	25.2	17.4	18.8	0.2	32.4
		s / °C	0.3	0.5	0.4	0.4	—	—
		CV / %	3	2	2	2	—	—
1995-96	D ₁	média / soma	6.4	15.0	10.7	10.4	40.9	37.7
		s / °C	2.0	1.0	1.4	1.7	—	—
		CV / %	32	7	13	17	—	—
1996-97	D ₁	média / soma	9.8	24.4	17.1	18.4	0.0	26.4
		s / °C	1.4	2.0	1.3	1.6	—	—
		CV / %	14.3	8.2	7.5	8.8	—	—
	D ₂	média / soma	10.9	24.0	17.4	18.8	2.2	28.7
		s / °C	3.2	3.7	3.4	4.3	—	—
		CV / %	29	16	20	23	—	—

(1) estimada pela equação do Quadro B.2.

A evolução dos principais elementos climáticos no período de ensaios caracterizou-se por:

- nos anos de 1993 e 1995 a precipitação total anual foi inferior ao valor médio histórico (596.6 mm no período 1901-1970), atingindo cerca de 90 % deste, enquanto que em 1996 e 1997 os valores excederam o valor histórico em cerca de 50 %;
- a distribuição da precipitação diferiu dos valores históricos apresentando em geral valores mais baixos nos meses de Fevereiro e Março e mais elevados nos meses de Abril e, principalmente, Maio; o ano de 1995, com valores mensais sempre inferiores, foi a única excepção;

- nos anos de 1993, 1996 e 1997 a precipitação acumulada desde 1 de Setembro até à sementeira da cultura foi superior à capacidade de armazenamento do *solum*, enquanto que no ano de 1995 foi significativamente inferior;
- embora variável com o ano e a data de sementeira a diferença $R - ET_c$ é de um modo geral negativa, em todas as fases do ciclo cultural;
- no tratamento D1, a diferença $R - ET_c$ atingiu os valores mais baixos (mais negativos) nos anos de 1995 e de 1996, durante a fase vegetativa (F1), e no ano de 1996, durante a floração (fase F2); em 1997, durante a floração (fase F2), a precipitação igualou praticamente a evapotranspiração; durante a fase F3 os valores da diferença $R - ET_c$ foram praticamente equivalentes nos quatro anos de ensaio;
- no tratamento D2, a diferença $R - ET_c$ atingiu os valores mais baixos no ano de 1995, durante a fase vegetativa (F1), e no ano de 1993, durante a floração (fase F2) e maturação (fase F3); no ano de 1997 observou-se, durante a fase F3, o valor mais elevado do período de ensaios;
- no período sementeira-emergência a precipitação foi, em geral, superior no tratamento D1, excepto em 1997 em que praticamente não ocorreu precipitação entre a sementeira e a emergência da cultura em nenhum dos tratamentos em causa;
- em 1997, no tratamento D1, e em 1995, no tratamento D2, os períodos de pré-sementeira e de sementeira-emergência decorreram sem precipitação efectiva;
- a precipitação acumulada no período de pré-sementeira (Quadros B.5.(a) a B.5.(d)) atingiu os valores mais elevados no ano de 1993, no tratamento D1, e nos anos de 1993 e de 1997, no tratamento D2.

2. Delineamento experimental, instalação e condução do ensaio de campo

2.1. Delineamento experimental

O ensaio de campo foi delineado por forma a estudar o efeito da mobilização do solo sobre o desenvolvimento da cultura do girassol. Os tratamentos que integram a componente experimental foram seleccionados de modo a incluir o sistema convencional, que na Região compreende a lavoura com charrua

de aivecas, e um conjunto suficientemente diversificado de possíveis alternativas, envolvendo sistemas de mobilização reduzida e de sementeira directa. A interacção da mobilização do solo com a data de sementeira foi outro efeito analisado.

Os tratamentos de mobilização do solo e de data de sementeira foram os seguintes:

- **ALQ**: mobilização convencional com charrua de aivecas;
- **ESC+**: mobilização reduzida com escarificador pesado, tipo "chisel";
- **ESC-**: mobilização reduzida com escarificador, após as primeiras chuvas do Outono de modo a potenciar a acção de controlo da flora infestante;
- **MOBP**: mobilização reduzida com escarificador, próxima da sementeira (fim do Inverno - início da Primavera);
- **SDF**: sementeira directa com semeador de fresas;
- **SDD**: sementeira directa com semeador de disco triplo;
- **SDM**: sementeira directa manual;

- **D1**: sementeira anterior à época habitual na região;
- **D2**: sementeira na época habitual na região.

Para estudar o efeito destes tratamentos foi instalado no campo experimental um ensaio bifactorial com quatro repetições, delineado em blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas. Os tratamentos de mobilização ocuparam os talhões principais e as datas de sementeira os talhões secundários. A afectação dos tratamentos às unidades experimentais foi mantida ao longo de todo o período de ensaios, de modo a permitir avaliar o efeito continuado da mobilização do solo.

Os quatro blocos foram dispostos em coluna simples (Rohrmoser, 1987). Na afectação dos tratamentos às unidades experimentais adoptaram-se as recomendações de Gomez e Gomez (1984). A disposição no campo do modelo experimental adoptado teve em consideração o gradiente de fertilidade do solo, que foi estimado com recurso a sondagens do terreno.

Os talhões principais tinham uma superfície total de 180 m² (15 m x 12 m). Os talhões secundários ocupavam metade desta área e tinham uma superfície útil de aproximadamente 50 m², não incluindo este valor as zonas possivelmente influenciadas pelo efeito de bordadura, nomeadamente a transição entre sistemas de mobilização ou a proximidade das ruas não mobilizadas. A área total ocupada pelo ensaio de campo foi aproximadamente 7560 m².

2.2. Instalação e condução do ensaio de campo

O ensaio de campo teve início no ano agrícola de 1992-1993 e terminou no ano agrícola de 1996-1997. O ensaio ocupou a folha B nos anos 1992-1993 e 1995-1996. Nos anos de 1993-1994, de 1994-1995 e de 1996-1997 o ensaio ocupou as folhas A₁ e A₂. Neste período de 5 anos a instalação e a condução do ensaio obedeceram no essencial ao delineamento previamente estabelecido, com algumas excepções que se descrevem em 2.2.4..

2.2.1. Mobilização do solo

Os equipamentos utilizados na mobilização primária e secundária do solo variaram de ano para ano, de acordo com as disponibilidades, tendo-se procurado sempre o equilíbrio entre as máquinas operadoras e as unidades motrizes de modo a alcançar os objectivos desta técnica cultural e a minimizar os impactos negativos sobre o solo.

A mobilização primária do solo foi efectuada com os equipamentos indicados para cada tratamento. A profundidade média de trabalho foi fixada em 0.30 a 0.35 m para a charrua de aivecas, 0.20 a 0.25 m para o escarificador pesado e 0.10 a 0.15 m para o escarificador, e foi controlada periodicamente de modo a manter a sua variação dentro destes limites.

As operações secundárias de mobilização do solo, para preparação da cama da semente, foram seleccionadas de modo a utilizar em todos os tratamentos o mesmo equipamento e a reduzir a intensidade de mobilização ao mínimo, sem comprometer a instalação da cultura. A máquina operadora usada foi o

vibrocultivador equipado com uma grade rolante, variando o número de passagens realizadas com as condições observadas em cada talhão experimental.

A data de realização das diferentes operações, condicionada pela evolução das condições meteorológicas, foi estabelecida de modo a proporcionar a melhor qualidade de trabalho possível.

2.2.2. Sementeira

Foi utilizada a variedade Florasol, produzida por Semillas Cargil. Trata-se híbrido simples de ciclo semi-precoce - ciclo médio até à floração e ciclo curto até à maturação - que foi escolhido por ser uma variedade bastante divulgada entre os agricultores e pela sua plasticidade que permite a sua utilização em condições fitotécnicas variáveis, nomeadamente no que diz respeito à data de sementeira.

As densidades de sementeira usadas foram 4 sementes.m⁻² em 1993, 5 sementes.m⁻², em 1994, em 1996 e em 1997 e 8 sementes.m⁻² (excepto SDM com 5 sementes.m⁻²) em 1995. A distância entre linhas foi igual a 0.75 m em todos os tratamentos. A profundidade média de sementeira foi regulada de modo a manter-se constante e próxima de 0.05 m.

Os tratamentos que incluem mobilização primária do solo foram semeados com um semeador de precisão, de 4 linhas. Para a sementeira directa utilizaram-se dois semeadores de precisão, de fresas e de disco triplo, de 4 linhas, da marca Gaspardo, cuja principal diferença consistia no tipo de peças activas destinadas à abertura do sulco de sementeira. Num dos casos, que designámos por tratamento SDF, o semeador dispunha de um pequeno elemento de fresa para mobilizar a zona da linha, enquanto o semeador utilizado no tratamento SDD efectuava essa operação com recurso a um disco frontal canelado, no alinhamento do qual trabalha um disco duplo em V. A sementeira directa no tratamento SDM foi efectuada manualmente. Os talhões foram rolados em 1995, em 1996 e em 1997.

2.2.3. Fertilização, controlo de infestantes e outras técnicas culturais

Não foram aplicados fertilizantes na cultura do girassol.

Para controlo da flora infestante aplicaram-se anualmente, em pré-sementeira, 3 l de Roundup (solução aquosa com 360 g.l⁻¹ de glifosato) por ha, em baixo volume, em todo o ensaio. Durante o ciclo cultural, quando considerado necessário, os talhões experimentais foram mondados manualmente.

Para protecção da cultura contra os ataques dos pássaros utilizaram-se redes apropriadas primeiro na fase F0 (sementeira – emergência) e no início da fase F1 (emergência – botão floral) e, posteriormente, na fase F3 (plena floração – maturação fisiológica) do ciclo cultural.

Dado que a palha dos cereais é enfardada e os resíduos são pastoreados o grau de cobertura do solo é inferior ao mínimo de 30 % estabelecido pela definição de mobilização de conservação (Allmaras e outros, 1991 e Mannering e outros, 1987, *cits.* Carter, 1994; Lal e outros, 1994), contribuindo para essa cobertura sobretudo as infestantes não incorporadas pela mobilização do solo.

2.2.4. Alterações ao protocolo de ensaio

Devido a causas diversas foram introduzidas, no protocolo de ensaio, as seguintes alterações:

- em 1993 foi necessário utilizar o semeador de sementeira directa de disco triplo em todos os tratamentos com mobilização do solo, embora regulado de forma a reduzir ao mínimo a intensidade da acção das peças activas sobre o solo;
- no ano de 1994 a emergência da cultura foi muito afectada, apresentando densidades populacionais próximas de zero na maior parte das unidades experimentais - efeito que se atribuiu à acção de um herbicida residual aplicado na cultura precedente - o que inviabilizou a quantificação de praticamente todas as variáveis estudadas;
- nem sempre foi possível reunir as condições previstas no tratamento ESC-, pelo que as unidades experimentais destinadas a este tratamento foram, nos anos de 1996 e de 1997, mobilizadas antes

da sementeira, em simultâneo e da mesma forma que os talhões afectos ao tratamento MOBP, não sendo possível distinguir os dois efeitos;

- a modalidade de sementeira directa manual (SDM) foi abandonada no ano agrícola de 1995-1996, por se ter verificado que a emergência das plantas era tão condicionada pela ocorrência de precipitação após a sementeira, que deixava de ter utilidade como tratamento testemunha para os tratamentos de sementeira directa;
- no ano agrícola de 1995-1996, uma avaria no semeador de sementeira directa de fresas, atrasou de tal forma a sementeira da data D2 que, comprometeu o sucesso da cultura nesta data; o mesmo sucedeu no ano agrícola de 1996-1997, embora neste ano tenha sido possível obter alguns dados no tratamento D2.

O programa de determinações inicialmente estabelecido para a caracterização das variáveis estudadas, com as alterações que foi necessário introduzir no decurso do ensaio, foi de um modo geral concretizado. Na análise preliminar dos dados obtidos experimentalmente identificaram-se os parâmetros mais relevantes para a apresentação e discussão do tema estudado, incluindo-se neste capítulo apenas a metodologia relativa à obtenção dos dados apresentados.

2.2.5. Cronologia das determinações de campo

O período do ano em que decorreram a maior parte das determinações de campo realizadas ao longo do ciclo cultural é indicado em anexo nos Quadros C1.(a), C.2.(a) e C.2.(b), incluindo os Quadros C.1.(b) e C.2.(c) as respectivas datas médias, expressas em dias após a emergência da cultura. Esta informação complementa a apresentada no capítulo dedicado à análise dos resultados, em que é indicada a fase de desenvolvimento da cultura aquando da determinação de cada parâmetro.

3. Desenvolvimento da cultura do girassol

3.1. Ciclo cultural

O ciclo cultural foi descrito recorrendo a uma adaptação do ciclo de desenvolvimento referido por Picq (1990). Consideraram-se quatro grandes fases (Quadro 2.7.) que foram definidas pela data de ocorrência dos estados fenológicos que as delimitam. Para maior facilidade de análise dos parâmetros determinados experimentalmente, sobretudo na comparação entre datas de sementeira ou entre anos, cada fase de desenvolvimento foi dividida em três períodos idênticos.

Os resultados incluem a data média (relativa a cerca de 50 % das plantas) de ocorrência de cada um dos estados fenológicos - dia do ano, número de dias após a sementeira e número de dias após a emergência da cultura - e a duração das quatro fases.

Quadro 2.7. – Principais fases de desenvolvimento da cultura do girassol e estados fenológicos que as delimitam.

fase	estado inicial		estado final		actividade fisiológica predominante
	simbolo	descrição	simbolo	descrição	
F0	E0	sementeira	E1	emergência	vegetativa
F1	E1	emergência	E2	botão floral	vegetativa
F2	E2	botão floral	E3	plena floração	vegetativa / reprodutiva
F3	E3	plena floração	E4	maturação fisiológica	reprodutiva

3.2. Análise do crescimento. Produção da cultura e componentes da produção

Para a caracterização do crescimento e da produção da cultura utilizou-se um conjunto de parâmetros, avaliados ao longo do ciclo cultural e no final deste:

- população emergida ($POPEM / plantas.m^{-2}$);
- população produtiva ($NCA / cap.m^{-2}$);
- relações adimensionais entre a população produtiva e a população emergida ($NCA/POPEM$) e entre a população emergida e a população potencial ($POPEM/POPP$);

- índice de área foliar ($IAF / m^2.m^{-2}$);
- duração da área foliar (DAF / dia);
- taxa de crescimento da cultura ($TCC / g.m^{-2}.dia^{-1}$);
- comprimento da raiz ($CRAIZ / m.m^{-3}$);
- matéria seca na raiz ($MSRAIZ / kg.m^{-3}$);
- relação entre o comprimento da raiz e o índice de área foliar ($CRAIZ/IAF / m.m^{-2}$);
- produção de grão ($PROD / g.m^{-2}$);
- teor de gordura no grão ($TG / \%$);
- peso de 1000 grãos ($P1000G / g$);
- número de grãos por unidade de área ($NGA / grãos.m^{-2}$);
- número de grãos por capítulo ($NGC / grãos.cap^{-1}$);
- relação entre a biomassa no capítulo e a biomassa nas folhas e nos caules ($MSCAP/MSF+C / kg.kg^{-1}$);
- índice de colheita ($IC / kg.kg^{-1}$);
- diâmetro dos capítulos ($DCAP / m$);
- altura das plantas (ALT / m).

A população emergida e a população produtiva foram obtidas, em cada unidade experimental, a primeira por contagem do número total de plantas em 3 linhas alternadas e a segunda por contagem do número total de plantas colhidas no fim do ciclo cultural.

Para a análise do crescimento recorreu-se, com algumas adaptações, à metodologia clássica, que envolve a realização de amostragens periódicas com a dimensão suficiente para a caracterização das variáveis em estudo (Hunt, 1978). A partir dos dados obtidos experimentalmente foram calculadas algumas das taxas e dos índices habitualmente utilizados para caracterizar o crescimento das plantas (Hunt, 1978; Teixeira e Ricardo, 1983; Gregory, 1988).

No ano de 1993 a análise incidiu sobre as duas datas de sementeira (tratamentos D1 e D2) enquanto que, nos anos seguintes, foi apenas avaliado o crescimento no tratamento D1. As datas de amostragem, que variaram de ano para ano, foram escolhidas de modo a caracterizar o período de crescimento activo e a floração, altura em que o crescimento atinge o seu máximo.

Em 1993 recorreu-se ao método não destrutivo e a análise incidiu sobre grupos de 10 plantas por talhão secundário que, no fim do ciclo, foram colhidas e avaliadas separadamente. A metodologia descrita foi modificada nos anos seguintes (1995 e 1996) de modo a incluir uma estimativa da biomassa acumulada pela cultura, que foi determinada nas plantas colhidas em duas (1996 - L1) ou quatro (1995 - L1 e L2; 1996 - L2) unidades de amostragem casualizadas dentro da área útil de cada talhão, totalizando uma superfície de 3 m².

O índice de área foliar foi avaliado de forma indirecta. No ano de 1993 foi calculado a partir da largura máxima das folhas, utilizando a relação estabelecida por Caixeirinho (1990) para a variedade Florasol,

$$AF = 2 \cdot (1 - AN) \cdot 1.814 \cdot L_{max}^{1.6997}$$

em que AF / cm^2 é a área de cada par de folhas, L_{max} / cm a largura máxima de uma das folhas de cada par e AN a percentagem necrosada da superfície total da folha. Nos anos seguintes este índice foi estimado a partir da matéria seca das folhas, recorrendo à relação estabelecida para a mesma variedade (Quadro 2.8.),

$$AF_t = 0.01968 + 0.01096 \cdot MSF$$

em que AF_t / m^2 é a área foliar total da planta e MSF / g a quantidade de matéria seca das folhas correspondente.

Quadro 2.8. - Relação entre a quantidade de matéria seca das folhas (MSF), variável independente, e a área foliar total da planta (AF_t), variável dependente: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).

n	parâmetros		t_b	$r^2 / \%$
	a	b		
16	0.01968	0.01096	19.34***	96.4

No ano de 1995, em simultâneo com a análise do crescimento da parte aérea, colheram-se amostras de solo para o estudo da raiz, desde a superfície até 30 cm de profundidade, em pontos localizados a

cerca de 0.19 m da linha (1/4 da distância entre linhas) e aproximadamente no centro do local de onde se retiraram as plantas, utilizando uma sonda cilíndrica (altura = 0.10 m e diâmetro = 0.074 m). As amostras foram conservadas pelo frio (cerca de -20° C) sendo gradualmente, de acordo com a capacidade do laboratório, submetidas a lavagem para separação das raízes e posterior determinação do seu comprimento e biomassa. Na análise preliminar dos dados verificou-se que, na primeira amostragem, a quantidade de raízes existente era insuficiente para permitir uma caracterização adequada desta variável, pelo que se utilizaram apenas os resultados obtidos na segunda amostragem.

A colheita da cultura foi efectuada manualmente, retirando a parte aérea de todas as plantas existentes dentro da área útil dos talhões experimentais. As diferentes partes da planta foram tratadas separadamente para quantificação dos parâmetros relativos à produção da cultura e suas componentes, que decorreu no campo e em laboratório. Os capítulos foram debulhados por uma ceifeira debulhadora de ensaios, tendo o grão sido posteriormente limpo numa tarara de laboratório. O teor de gordura no grão foi determinado utilizando a metodologia descrita na norma portuguesa NP – 856 de 1985 (DGQ, 1985).

Todos os resultados relativos à biomassa são apresentados sob a forma de peso seco. A secagem das plantas foi realizada a 75 °C tendo a duração do período de secagem, variável com o volume e o teor de humidade das amostras e o tipo de estufa, sido estabelecida de forma a que o processo decorra até peso constante. A precisão das balanças utilizadas, quer no campo quer no laboratório, foi de 0.1 g.

4. Propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo

4.1. Propriedades mecânicas do solo

4.1.1. Massa volúmica aparente

Na determinação da massa volúmica aparente do solo foi utilizada uma sonda nuclear fabricada pelo Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (LNETI), modelo Densolo, cuja caracterização pormenorizada se encontra no respectivo manual de operação (LNETI, s.d.). As medições são

efectuadas por transmissão de radiação gama sendo a fonte e o detector introduzidos no meio através de dois tubos de acesso, de alumínio, paralelos, previamente instalados.

Os valores obtidos com a sonda foram posteriormente corrigidos recorrendo à relação (Quadro 2.9.) entre as leituras com o equipamento usado na calibração (sonda A) e as leituras com o equipamento por nós utilizado (sonda B) (Carlos Arruda Pacheco, comunicação pessoal, 1993). Para o cálculo da massa volúmica aparente utilizaram-se as curvas de calibração (Quadro 2.9.) estabelecidas por Pacheco (1989). As contagens foram normalizadas (C_n) dividindo a média das leituras no meio (C) pela média das leituras no padrão (C_p). O meio padrão utilizado foi a água, tendo as leituras sido realizadas dentro de tubos de acesso de alumínio semelhantes aos utilizados no campo.

Quadro 2.9. - Relação entre contagens normalizadas obtidas com a sonda A e com a sonda B. Relação entre a massa volúmica aparente do solo húmido ($\rho_{ap(h)}$ / Mg.m⁻³) e a contagem normalizada (C_n).

	prof. / m	equação
relação entre contagens	—	$C_n(\text{sondaA}) = 0.0154 + 0.9342 C_n(\text{sondaB})$
curva de calibração	0.03 – 0.07	$\rho_{ap(h)} = 2.481 - 3.159 \cdot C_n$
	> 0.07	$\rho_{ap(h)} = 2.608 - 3.072 \cdot C_n$

A massa volúmica aparente do solo seco ($\rho_{ap(s)}$) foi calculada a partir massa volúmica aparente do solo húmido ($\rho_{ap(h)}$) e do teor de água em massa (θ_m) através da equação,

$$\rho_{ap(s)} = \frac{\rho_{ap(h)}}{1 + 1.1 \cdot \theta_m}$$

em que o factor de correcção 1.1 resulta do facto de a água apresentar uma secção eficaz para a dispersão dos fótons superior ao solo seco (Oliveira, 1987).

Na determinação da massa volúmica aparente do solo com a sonda gama de transmissão adoptou-se, no essencial, a metodologia recomendada por Pacheco (1987). A distância fonte-detector foi 0.30 m, permitindo maior sensibilidade da sonda e maior representatividade das medições. A resolução da sonda para esta geometria é da ordem dos 0.03 m.

Foram realizadas duas leituras, no ano de 1993, no tratamento D1, nas fases F1 e F2 do ciclo cultural. Em cada leitura foi caracterizado um perfil por unidade experimental, localizado na zona da entrelinha e dentro da área útil de cada talhão.

Antes do primeiro conjunto de determinações o solo foi humedecido artificialmente até à capacidade de campo, recorrendo à metodologia descrita em 1.3.. O segundo conjunto de determinações realizou-se em meados de Junho, encontrando-se o solo naturalmente humedecido pela precipitação ocorrida recentemente. Nestes solos expansíveis a presença de um teor de água elevado contribui para a eliminação de fendas, reduzindo o erro experimental, e para minimizar a influência das variações do volume total sobre o valor da massa volúmica aparente.

A medição de cada perfil envolveu a perfuração do solo para a instalação, à distância de 0.30 m, de dois tubos de alumínio (comprimento = 0.50 m; diâmetro externo = 0.03 m; espessura = 0.002 m), fechados na extremidade inferior, deslocando-se num deles a fonte e no outro o detector da sonda.

O solo húmido extraído dos dois orifícios foi colocado em caixas estanques de alumínio para posterior determinação do teor de água pelo método gravimétrico. As amostras foram colhidas por camadas de 0.05 m de espessura, desde a superfície até à profundidade de 0.45 m. Para garantir a correspondência entre o perfil de humidade e as leituras da sonda foi calculado o teor de água médio de duas camadas consecutivas sempre que a fonte e o detector da sonda não se encontravam centrados na camada de solo de onde proveio a amostra.

As medições com a sonda gama de transmissão foram efectuadas às profundidades de 0.03 m, 0.05 m, 0.10 m, 0.15 m, 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.35 m e 0.40 m, tendo-se efectuado pelo menos duas contagens em cada nível, com a duração de 60 s cada uma. A contagem média na água foi calculada a partir de conjuntos de 10 medições.

4.1.2. Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração foi avaliada utilizando dois penetrógrafos de ponta cónica.

Em 1993 utilizou-se o penetrometro registador Bush, cuja caracterização pormenorizada se encontra no respectivo manual de instruções elaborado por Richards (1987).

A profundidade máxima de leitura do aparelho é 0.52 m e as leituras são efectuadas com intervalos de 0.035 m. A precisão do sensor de força é de 4.90 N e o valor máximo registado 490 N. Utilizou-se um cone de 30° e de 0.01283 m de diâmetro. As leituras de força foram convertidas em unidades SI de pressão utilizando o factor 0.762, recomendado pela ASAE para o cone utilizado (Richards, 1987), e o factor de conversão $10^{-1} \text{ MPa}\cdot\text{bar}^{-1}$, através da equação,

$$CI = 0.0762 \cdot F$$

em que CI representa a resistência à penetração, em unidades de pressão (MPa), e F a força em kg registada pelo penetrógrafo.

Em 1996 e 1997 utilizou-se o penetrómetro registador Penetrologger da marca Eijkelkamp cuja caracterização pormenorizada se encontra no respectivo manual de instruções (Eijkelkamp, 1994).

A profundidade máxima de leitura do penetrómetro é 0.80 m e as leituras são efectuadas com intervalos de 0.01 m. A partir destas leituras calculou-se o valor médio por camada de 0.05 m de espessura, por forma a simplificar a análise do efeito do factor profundidade.

A precisão do sensor de força é de 1 N e o intervalo de medição 0 a 1000 N (ou 10 Mpa), encontrando-se o aparelho programado para fornecer as leituras em unidades SI de pressão (CI / MPa). Utilizou-se o cone de 60° e 0.0002 m^2 de área (0.01596 m de diâmetro), com excepção da primeira leitura realizada em 1997 à emergência da cultura. Nesta data a resistência do solo não permitiu a utilização deste cone que foi substituído por um cone mais pequeno de 60° e 0.0001 m^2 de área (0.01128 m de diâmetro).

Nos anos de 1993, 1996 e 1997 a resistência do solo à penetração foi avaliada no início do ciclo da cultura, próximo da emergência (3/3 F0 – 1/3 F1). No ano de 1997 foram também feitas medições desta variável durante a fase 2/3 F2, próximo do início da floração da cultura.

Em 1993 as medições foram efectuadas nos talhões ocupados pelo tratamento D1 em oito locais – quatro na zona da linha e quatro na zona da entrelinha – casualizados dentro da área útil do talhão.

Em 1996 e 1997 o delineamento da amostragem foi semelhante ao utilizado por Radcliffe e outros (1988) e Lamey e Kladvko (1989) sendo as medições feitas em pontos distanciados 0.375 m, em dois trajectos perpendiculares às linhas de sementeira da cultura, separados um do outro por uma distância de aproximadamente 7.5 m. Cada trajecto incluía cinco pontos escolhidos de modo a caracterizar a

variabilidade existente ao longo da largura de trabalho dos semeadores, convencional ou de sementeira directa, coincidindo a primeira medição com o centro da entrelinha (zona do rodado do tractor), a segunda com a linha de sementeira, a terceira com o centro da entrelinha, a quarta com a linha de sementeira e a quinta com o centro da entrelinha (zona do rodado do tractor).

Foi também quantificado o teor de água do solo pelo método gravimétrico (1993 e 1997 – L1) ou, quando os tubos de acesso da sonda já se encontravam instalados, pelo método neutrónico (1996 e 1997 – L2).

4.2. Propriedades hidrológicas do solo

4.2.1. Porosidade total, microporosidade e macroporosidade

Os valores da porosidade total (P) foram calculados a partir da relação entre esta variável, a massa volúmica aparente do solo seco ($\rho_{ap(s)}$) e a massa volúmica real (ρ_r), traduzida pela equação:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_{ap(s)}}{\rho_r} \right)$$

Considerou-se a massa volúmica real (ρ_r) igual ao valor médio 2.65 Mg.m^{-3} , referido por vários autores (Costa, 1975; Koorevaar e outros, 1983; Miller e Donahue, 1990; Brady e Weil, 1996; Hillel, 1998), que é normalmente utilizado quando esta característica não é medida laboratorialmente.

A distribuição da porosidade total por classes de dimensão foi analisada no ano de 1993, utilizando dos dados obtidos no primeiro conjunto de medições e recorrendo à divisão em microporosidade e macroporosidade proposta por Dojarenko em 1924. A microporosidade (m), que se pode considerar como a fracção da porosidade total responsável pela retenção da água do solo (Hénin, 1976; Hillel, 1998), foi quantificada através da medição *in situ* do volume ocupado pelo teor de água correspondente à capacidade máxima de retenção do solo ($\theta_{V(CC)}$). A macroporosidade (M) foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. As equações de cálculo destas variáveis são as seguintes:

$$M = P - m$$

$$m = \theta_{V(CC)} = \theta_{m(CC)} \cdot \rho_{ap(s)}$$

em que $\theta_m(CC)$ e $\theta_v(CC)$ representam, respectivamente, os teores de água em massa e em volume à capacidade de campo.

4.2.2. Condutividade hidráulica saturada

Na determinação *in situ* da condutividade hidráulica foi utilizado o permeâmetro de Guelph, marca Soilmoisture, modelo 2800 K1, cuja caracterização pormenorizada se encontra no respectivo manual de instruções (Soilmoisture, 1986).

Segundo Reynolds e Elrick (1986) o permeâmetro de Guelph permite medir, no equilíbrio, o caudal (Q) necessário para manter uma altura de água (H) constante, num furo cilíndrico de raio a , localizado acima do limite superior da toalha freática. A condutividade hidráulica saturada (K_{sc}) e o potencial mátrico (Φ_m) são depois calculados a partir de Q , H e a utilizando as análises de Richards, Laplace e Gardner.

O permeâmetro trabalha segundo o princípio do sifão de Mariotte, que possibilita a medição do caudal que se infiltra no solo a partir da taxa de variação do nível do líquido dentro do aparelho. O fluxo de água, que decresce com o tempo, atinge o equilíbrio num período que varia de 5 a 60 minutos (Reynolds e Elrick, 1986), o que conduz a tempos de medição, utilizando o equipamento de acordo com o método de medição padronizado, variáveis entre 60 e 90 minutos (Kanwar e outros, 1989).

A amplitude de medição para a condutividade hidráulica é 10^{-4} a 10^{-8} m.s⁻¹ e a altura de água no furo cilíndrico, aberto com uma broca de 0.060 m de diâmetro, pode variar entre 0.025 e 0.25 m (Soilmoisture, 1986).

Os valores da condutividade hidráulica saturada obtidos com este equipamento tendem a ser muito mais baixos que os determinados em laboratório (Kanwar e outros, 1989), representando cerca de metade do verdadeiro valor deste parâmetro (Reynolds e outros, 1983, cit. Marshall e outros, 1996). Apesar destas diferenças a medição desta variável *in situ* é frequentemente considerada mais adequada para os estudos da zona vadosa (Reynolds e outros, 1983, cit. Reynolds e Elrick, 1986), em que valores positivos de potencial não se mantêm durante um período de tempo suficientemente longo para que o ar retido se dissolva (Bouwer, 1978 e McWhorter e outros, 1973, cits. Reynolds e Elrick, 1986).

A condutividade hidráulica foi avaliada nos anos de 1995, de 1996 e de 1997, nos talhões secundários ocupados pelo tratamento D1, do primeiro e do segundo blocos. Foram realizadas duas medições por unidade experimental, na zona da entrelinha, nas camadas 0.00 – 0.10 m e 0.10 – 0.20 m, em 1995, e 0.00 – 0.10 m, 0.10 – 0.20 m e 0.20 – 0.30 m em 1996 e 1997. No ano de 1996 analisou-se também a variação horizontal deste parâmetro através de medições feitas no primeiro bloco, nos tratamentos ALQ e SDD, em pontos distanciados 0.375 m, em dois trajectos perpendiculares às linhas de sementeira da cultura separados um do outro por uma distância de aproximadamente 2.5 m. Cada trajecto incluía três pontos escolhidos de modo a caracterizar a variabilidade existente ao longo da largura de trabalho dos semeadores, convencional ou de sementeira directa, coincidindo a primeira medição com o centro da entrelinha (zona do rodado do tractor), a segunda com a linha de sementeira e a terceira com o centro da entrelinha.

Ao estabelecer a metodologia de medição da condutividade hidráulica atendeu-se à elevada variabilidade que esta propriedade apresenta em condições naturais (Warrick e Nielsen, 1980; Warrick, 1998), à considerável a morosidade desta determinação, mesmo quando se utiliza o permeâmetro de Guelph, e à vantagem de trabalhar em condições de solo friável. Utilizou-se o método de medição padronizado, descrito no manual de instruções do permeâmetro, tendo sido também determinados os teores inicial e final de água no solo. Procurou-se que as determinações relativas ao mesmo bloco ou à mesma camada fossem realizadas em momentos tão próximos quanto possível.

A condutividade hidráulica foi calculada a partir da leitura correspondente a 0.10 m de altura de água no furo, utilizando a análise de Laplace (Reynolds e Elrick, 1986),

$$Q = A \cdot \bar{R}$$

$$K_{sc} = \frac{C}{2 \cdot \pi \cdot H^2 \cdot \left[1 + \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{a}{H} \right)^2 \right]} \cdot Q$$

em que Q representa o caudal necessário para manter constante o valor da altura de água (H) no equilíbrio, A a área da secção transversal do reservatório ou combinação de reservatórios utilizados, \bar{R} a taxa média de variação do nível do líquido dentro do aparelho, no equilíbrio, e C uma constante de proporcionalidade obtida a partir da relação entre a altura de água (H) e o raio (a) do furo cilíndrico.

4.2.3. Taxa de infiltração

A taxa de infiltração foi determinada *in situ*, no ano de 1997, utilizando o permeâmetro de Guelph, marca Soilmoisture, modelo 2800 K1, equipado com o conjunto de acessórios, marca Soilmoisture, modelo 2825, que lhe permite funcionar como infiltrómetro de tensão. A caracterização pormenorizada deste equipamento encontra-se nos respectivos manuais de instruções (Soilmoisture, 1986; Soilmoisture, 1992).

A utilização deste tipo de infiltrómetro permite avaliar a contribuição potencial dos macroporos para a infiltração, por comparação de situações em que estes conduzem água com situações em que são impedidos de o fazer (Hillel, 1998). As medições da taxa de infiltração foram realizadas sob tensões múltiplas e crescentes - expressas através da altura da coluna de água equivalente à pressão - de - 0.150 m, -0.060 m, -0.030 m e 0.000 m. Nestas condições os macroporos através dos quais a água se movimenta têm um diâmetro nominal superior a 200 μm e representam a fracção da porosidade mais importante para o crescimento das raízes e para o movimento preferencial dos solutos (Ankeny e outros, 1990).

As determinações de campo foram efectuadas no tratamento D1, durante a fase F1, na entrelinha dos talhões correspondentes aos tratamentos ALQ, MOBP e SDD do primeiro e do segundo blocos. O disco de 0.20 m de diâmetro foi colocado no plano horizontal central das camadas 0.00 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 m e 0.20 - 0.30 m, sobre uma superfície previamente preparada para o efeito. Quando necessário utilizou-se uma fina camada de terra crivada e seca ao ar, do mesmo solo, para melhorar o contacto com o disco. Realizaram-se quatro medições por unidade de amostragem começando, após ter decorrido o tempo necessário para se atingir o caudal de equilíbrio, pelo valor de tensão mais baixo. Foram também determinados os teores inicial e final de água no solo correspondentes a cada conjunto de medições. A taxa de infiltração, que pode ser directamente utilizada para comparar os tratamentos (Ankeny e outros, 1990), foi posteriormente calculada a partir do valor médio, no equilíbrio, da taxa de variação do nível do líquido dentro do permeâmetro.

4.3. Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados

A estabilidade dos agregados foi avaliada através da simulação, em laboratório, das forças a que poderão estar submetidos no solo (Burke e outros, 1986, cit. Hillel, 1998). Utilizou-se para o efeito um agitador mecânico e um conjunto de cinco crivos de malhas 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm e 0.25 mm.

A crivagem mecânica foi realizada em duas etapas. Na primeira utilizaram-se amostras de solo no estado seco (solo seco ao ar, com teor de água médio de 0.05 kg.kg^{-1}). O material retido em cada crivo foi depois humedecido por capilaridade e a crivagem foi repetida com o conjunto de crivos cheio de água, seguindo uma metodologia semelhante ao método de crivagem por via húmida, desenvolvido por Tiulin e posteriormente modificado por Yoder e outros (Marshall e outros, 1996; Hillel, 1998). A agitação foi realizada durante 30 minutos com a intensidade máxima e durante 5 minutos com a intensidade mínima, na primeira e segunda etapas do processo, respectivamente.

Os resultados foram corrigidos deduzindo a massa de elementos grosseiros ou de areia retida em cada crivo (Kemper, 1965, cit. Hillel, 1998). Para o efeito utilizou-se um agente dispersante (solução de hexametáfosfato de sódio 0.5 % v/v) e recorreu-se à agitação mecânica do material retido em cada crivo, num agitador de vai-e-vem, durante 45 minutos.

O parâmetro utilizado para caracterizar a distribuição dos agregados por classes de dimensão foi o diâmetro médio ponderado (Van Bavel, 1949 e Youker e McGuinness, 1956 cit. Hillel, 1998; Marshall e outros, 1996), que permite descrever o comportamento desta variável com recurso a um único valor. O diâmetro médio ponderado (X) calcula-se utilizando a expressão,

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

em que x_i é o diâmetro médio dos agregados de cada um dos lotes separados pela crivagem, e w_i é a razão entre o peso seco dos agregados desse lote e o peso seco total da amostra (Hillel, 1998). O valor de x_i obteve-se calculando a média geométrica dos valores do maior e menor orifícios dos crivos que foram utilizados na separação de cada lote (Marshall e outros, 1996).

O índice de estabilidade utilizado foi a diferença ($X_s - X_h$) entre os valores do diâmetro médio ponderado obtidos, para cada unidade experimental, na primeira, via seca (X_s), e segunda, via húmida (X_h), etapas do processo de crivagem (DeLeenheer e DeBoodt, 1954, cit. Hillel, 1998).

As amostras para quantificação dos parâmetros relativos à agregação foram colhidas, com o cuidado de não alterar significativamente as condições naturais do material, em 1997, na entrelinha, nas camadas 0.00 – 0.10 m, 0.10 – 0.20 m e 0.20 – 0.30 m, após a sementeira da cultura.

No laboratório as amostras foram colocadas em tabuleiros para secarem ao ar e concluído o período de secagem foram crivadas utilizando um crivo de 8 mm. Do material crivado foi retirada uma sub-amostra homogénea, com cerca de 0.200 kg, que foi submetida às duas etapas do processo de crivagem mecânica. Os valores da massa de solo seco, retida em cada um dos crivos e total, utilizados no cálculo dos parâmetros anteriormente referidos foram obtidos por pesagem precedida de secagem em estufa a 105 °C até peso constante.

4.4. Teor e potencial de água no solo

O teor de água no solo foi determinado de forma directa, recorrendo ao método gravimétrico, e indirecta utilizando uma sonda nuclear CPN, modelo 503.

Recorreu-se à medição directa do teor de água quando não foi possível utilizar a sonda de neutrões para a quantificação desta variável - por os tubos de acesso ainda não terem sido instalados ou, como sucedeu em 1995, por este equipamento não estar disponível - ou quando se pretendia maior resolução espacial na avaliação desta característica do solo. Foi também este o método que serviu de referência para calibrar a sonda de neutrões.

A determinação directa, pelo método gravimétrico, foi realizada em amostras de solo representativas de camadas com 0.10 m de espessura - excepto na caracterização da massa volúmica aparente, em que as camadas amostradas tinham 0.05 m de espessura - colhidas desde a superfície até uma profundidade que variou entre 0.30 m e 1.00 m, com uma sonda metálica de meia cana e temporariamente armazenadas em caixas estanques de alumínio. Posteriormente, no laboratório, determinou-se o peso da amostra de solo no estado húmido e depois de submetida a secagem em estufa, a cerca de 105 °C, até peso constante. O teor de água, expresso através da relação entre a massa de água e a massa de solo seco, foi calculado a partir dos valores destas pesagens.

Para tornar mais simples a comparação entre leituras e / ou entre anos, o teor em massa foi nalguns casos convertido em teor em volume, utilizando o valor médio do perfil de massa volúmica aparente correspondente a cada um dos tratamentos de mobilização do solo e considerando que a massa volú-

mica da água não é influenciada pela adsorção pelo solo (Marshall e outros, 1996), sendo idêntica à da água livre, cerca de 1 Mg.m^{-3} .

As medições com a sonda CPN são efectuadas por moderação de neutrões, sendo a fonte e o detector de neutrões lentos introduzidos no meio através de um tubo de acesso de PVC, previamente instalado. A densidade da nuvem de neutrões lentos é praticamente proporcional à concentração de hidrogénio na vizinhança da sonda e, deste modo, ao teor de água em volume do solo (Jury e outros, 1991; Marshall e outros 1996; Hillel, 1998).

A relação entre as leituras da sonda e o teor de água do solo foi estabelecida no campo experimental como sugerem Marshall e outros (1996) e Hillel (1998). As curvas de calibração (Quadro 2.10.) foram estimadas por análise de regressão linear simples a partir dos valores da contagem de neutrões normalizada (C_n), variável independente, e do teor de água em volume (θ_V), variável dependente.

Os pares de valores (C_n , θ_V) foram obtidos nos anos de 1993, 1994 e 1996, em pontos localizados em solo mobilizado e não mobilizado em condições representativas da variação natural do perfil de humidade do solo. Procurou-se deste modo controlar o efeito da variação da massa volúmica aparente sobre a taxa de contagem (Marshall, 1996) e o efeito da expansibilidade do solo sobre a relação entre a massa volúmica e o teor de água (Jury e outros, 1991). As leituras com a sonda (C) foram efectuadas entre 0.15 m e 0.80 m, sendo os valores de θ_V obtidos a partir de determinações realizadas desde a superfície até 1.00 m de profundidade.

Para cada leitura da sonda calculou-se o valor da contagem normalizada, dividindo o valor medido no solo (C) pela média das leituras no padrão (C_p). O meio padrão utilizado foi a água, tendo as leituras sido realizadas dentro de tubos de acesso de PVC semelhantes aos utilizados no campo, fechados na extremidade inferior.

O teor de água foi determinado pelo método gravimétrico em amostras provenientes de camadas com 0.10 m de espessura, colhidas na proximidade do tubo de acesso, desde a superfície até 1.00 m de profundidade. Para a conversão em teor de água em volume (θ_V) utilizaram-se os valores da massa volúmica aparente determinada com a sonda Densolo, no ano de 1993, e pelo método dos cilindros (altura = 0.085m e diâmetro = 0.063 m), nos anos de 1994 e 1996.

A análise de regressão foi posteriormente aplicada a estes dados tendo havido o cuidado de, na escolha dos pares de valores, estabelecer a correspondência entre o perfil de humidade e as leituras da sonda.

O Quadro 2.10. inclui as equações das curvas de calibração da sonda obtidas com a metodologia anteriormente descrita, apresentando-se no Quadro 2.11. os parâmetros relativos às análises de regressão que conduziram ao estabelecimento destas equações.

Quadro 2.10. - Relação entre o teor de água em volume do solo ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) e a contagem normalizada (C_n).

prof. / m	equação
0.15	$\theta_V = 0.04872 + 0.53235 \cdot C_n$
≥ 0.20	$\theta_V = -0.02897 + 0.52896 \cdot C_n$

Quadro 2.11. - Curvas de calibração da sonda de neutrões: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).

prof. / m	n	parâmetros		t_b	$r^2 / \%$
		a	b		
0.15	7	0.04872	0.53235	5.81**	87.1
≥ 0.20	60	-0.02897	0.52896	14.86****	79.2

A sonda de neutrões foi utilizada para caracterizar a evolução do perfil hídrico do solo nos anos de 1993, de 1996 e de 1997. Esta caracterização foi realizada em todos os talhões secundários de duas repetições, em 1993, e nos talhões secundários ocupados pelo tratamento D1, em 1996 e 1997.

Em cada ano, após a emergência da cultura, foi instalado em cada unidade experimental, na zona da entrelinha, um tubo de acesso em PVC (comprimento = 1.00 m; diâmetro externo = 0.06 m; espessura = 0.001 m), aberto na extremidade inferior. A perfuração do solo foi realizada por duas brocas, a primeira accionada por um motor térmico e a segunda, para acabamento do furo, manualmente.

As leituras com a sonda foram realizadas periodicamente, desde 0.15 m até à profundidade máxima permitida pelas condições de instalação de cada tubo, que variou em média entre 0.60 m e 0.80 m. A densidade da nuvem de neutrões lentos na vizinhança da sonda atinge rapidamente - em cerca de 1 s - o equilíbrio (Hillel, 1998) o que permite que o tempo de contagem - 16 s neste equipamento - seja menor que o da sonda gama de transmissão. No solo foi realizada uma medição, com a duração de 16

s, em cada posição da sonda. Na água efectuaram-se 10 medições a partir das quais foi calculado o valor médio.

Os resultados apresentados incluem, em cada ano, apenas os valores comuns a todos os níveis dos factores analisados. As profundidades analisadas - 0.20 m, 0.40 m, 0.60 m e 0.80 m - foram escolhidas de modo a trabalhar, na generalidade das situações, com medições independentes. Considerou-se que a medição a 0.20 m caracteriza a camada 0.00 – 0.30 m.

O potencial de água foi calculado recorrendo à curva(s) de tensão de humidade correspondente(s) à camada de solo influenciada por cada leitura da sonda.

4.5. Propriedades químicas do solo

Para caracterizar a distribuição espacial dos nutrientes e da matéria orgânica e o pH colheram-se amostras de solo nos anos de 1993 e de 1995, que foram posteriormente analisadas no laboratório.

A amostragem foi realizada nos talhões ocupados pelo tratamento D1, no início da fase F1 do ciclo cultural. As camadas amostradas foram 0.00 – 0.10 m, 0.10 – 0.20 m, 0.20 – 0.30 m e as amostras foram colhidas com uma sonda de meia cana em 5 pontos casualizados ao longo dos talhões experimentais, na zona da entrelinha. Os parâmetros estudados foram determinados na amostra média obtida a partir destas amostras parciais. Os teores de fósforo e potássio extraíveis e o pH foram determinados em todas as unidades experimentais. O teor de carbono orgânico foi determinado nas amostras provenientes dos tratamentos de mobilização do solo ALQ e MOBP e do conjunto dos tratamentos SDD e SDF, em 1993, e em todas as unidades experimentais, em 1995.

A quantidade total de matéria orgânica foi calculada multiplicando o teor de carbono orgânico pelo factor 1.724, que resulta do pressuposto de que aquela tem 58 % de carbono. O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkley e Black (oxidação por via húmida) e os resultados são apresentados sob a forma de percentagem em massa.

Os teores de fósforo e potássio extraíveis foram obtidos pelo método de Egner-Riehm (método do lactato de amónio). O fósforo e o potássio foram posteriormente determinados por espectrofotometria, sendo o fósforo determinado por colorimetria e o potássio por fotometria de chama. Os resultados são expressos pela razão entre a massa do nutriente e a massa da fase sólida do solo (mg.kg^{-1}).

O pH foi determinado por potenciometria, numa suspensão de terra em água destilada numa relação de massas de 1:2.5.

5. Métodos estatísticos utilizados na análise dos dados

5.1. Métodos comuns a todas as variáveis estudadas

O modelo geral de análise de variância baseou-se no delineamento experimental adoptado: blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas (*split-plot*), em que os tratamentos de mobilização ocuparam os talhões principais e as datas de sementeira os talhões secundários.

Para permitir a aplicação da metodologia de análise de variância da forma usual os dados em falta foram estimados pelo processo iterativo, sempre que as causas não podiam ser atribuídas ao efeito dos tratamentos, ou substituídos por zeros, nos casos em que a ausência de dados pode estar relacionada com este efeito (Gomez e Gomez, 1984). O número de graus de liberdade do erro foi diminuído do número de unidades equivalente aos dados em falta.

Antes da análise de variância elaborou-se, para cada uma das variáveis estudadas, o diagrama de dispersão das médias e das variâncias, para avaliar o interesse em efectuar a transformação da variável. Nestes casos a análise de variância e os testes de comparação de médias foram realizados com os valores da nova variável; os valores médios são apresentados na escala original e foram calculados a partir dos dados obtidos experimentalmente.

Embora outras transformações tenham sido consideradas e testadas foi essencialmente a transformação logarítmica a escolhida. Na prática (Dagnelie, 1973b) os valores da variável transformada são geralmente calculados através da relação,

$$y = \log_{10} x$$

em que y representa a variável transformada e x a variável original. Nos casos em que a média dos valores medidos se aproximava de zero (Dagnelie, 1973b; Gomez e Gomez, 1984) e / ou quando alguns dos valores observados eram nulos (Dagnelie, 1973b; Glasbey e O'Sullivan, 1988) foi adicionada uma unidade aos dados antes da transformação, como mostra a relação,

$$y = \log_{10}(x + 1)$$

em que y e x têm o significado anteriormente referido.

Para incluir na mesma análise de variância observações repetidas no tempo foi integrado no modelo o factor leitura, como uma subdivisão (*split-plot*) da unidade experimental mais pequena (Gomez e Gomez, 1984). Seguindo a metodologia descrita por estes autores, aplicou-se primeiro a análise de variância aos valores de cada leitura. Testou-se seguidamente a homogeneidade de variâncias entre leituras, aplicando o teste de F ou o teste do Qui-quadrado aos quadrados médios do erro das análises parciais. Realizou-se por último a análise de variância global com os dados de todas as leituras que, quando se verificou existir heterogeneidade das variâncias, foi antecedida de uma transformação da variável.

As diferenças entre os valores médios dos factores e da sua interacção foram consideradas significativas para os níveis de significância $\alpha = 0.05$ (*), $\alpha = 0.01$ (**) e $\alpha = 0.001$ (***) e não significativas para os níveis de significância $\alpha > 0.05$ (ns). Quando os factores não actuam de forma independente consideraram-se as interacções importantes e não importantes (Neter e outros, 1985) no momento da interpretação dos resultados. Nas análises que envolvem a subdivisão de unidades experimentais procurou-se também atender ao significado prático das diferenças estatisticamente significativas (Petersen, 1985).

Os quadros da análise de variância, apresentados em anexo (Anexo E), incluem a origem da variação, o número de graus de liberdade, a soma do quadrado dos desvios, o quadrado médio, o resultado do teste de F, o coeficiente de variação e, no caso das variáveis não transformadas, o erro padrão da média ($s_{\bar{y}}$). No texto incluem-se os quadros resumo da análise de variância obtidos a partir dos anteriores.

Nos casos em que a análise de variância revelou a existência de um efeito significativo dos factores analisados ou da sua interacção utilizou-se o teste de Duncan, para um nível de significância $\alpha = 0.05$, na localização das diferenças entre os valores médios respectivos. Quando a interacção entre factores foi considerada significativa o teste de Duncan foi aplicado às médias de um dos factores para níveis fixos dos outros factores (Montgomery, 1991). Os resultados são apresentados utilizando a notação alfabética, em que os valores médios seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes.

Recorreu-se à análise de correlação linear simples para avaliar o grau de associação entre variáveis. Sempre que os valores do coeficiente de correlação linear são médios ou baixos utilizou-se a representação gráfica das duas variáveis para estudar a hipótese da relação entre elas ser não linear. Os modelos que traduzem a relação entre as variáveis melhor correlacionadas foram posteriormente obtidos através da análise de regressão, linear e não linear, simples. Para além das estimativas dos parâmetros do modelo apresenta-se também o resultado dos testes de t ou de F à significância da regressão e o coeficiente de determinação.

5.2. Métodos específicos do desenvolvimento da cultura

O ano, quando incluído na análise de variância, foi considerado um factor fixo. Nas análises que envolvem o efeito deste factor a metodologia de análise de variância foi aplicada de duas formas diferentes porque, devido às causas referidas em 2.2.4., não foi possível dispor em todos os anos de informação completa relativa aos sete tratamentos de mobilização do solo e às duas datas de sementeira. Uma das análises incluiu os factores mobilização do solo e data de sementeira - anos de 1993 e de 1995 - enquanto a outra - anos de 1993, de 1995 e de 1996 - foi realizada só com os valores obtidos no tratamento D1, nos sistemas de mobilização comuns aos três anos.

No ano de 1997 o desenvolvimento da cultura foi muito afectado, com resultados praticamente iguais a zero nos tratamentos de sementeira directa e uma grande irregularidade nos outros sistemas de mobilização, não permitindo a aplicação da metodologia de análise de variância de modo idêntico aos anos de 1993, 1995 e 1996. Optou-se, em sua substituição, por apresentar apenas os valores médios e respectivos coeficientes de variação. A interpretação dos resultados deste ano é apresentada em conjunto com os restantes tendo-se procurado, sempre que possível, integrar estes dados nas análises de correlação e de regressão realizadas.

No estudo da relação entre a produção e a população recorreu-se à análise de regressão não linear simples, utilizando um modelo quadrático. Esta análise foi aplicada aos valores da população produtiva e da produção de grão, variável dependente, obtidos em cada unidade experimental.

A comparação entre grupos de sistemas com (ALQ, ESC+, ESC- e MOBP) e sem mobilização do solo (SDF, SDD e SDM) foi realizada a partir do modelo obtido por análise de regressão linear simples entre os valores da produção real das unidades experimentais em sementeira directa, variável independente, e os valores da produção potencial, variável dependente, correspondentes. O critério utilizado nesta comparação foi a aproximação, avaliada pelo teste t , do modelo obtido à relação 1:1 ($a = 0$, $b = 1$).

A produção potencial da sementeira directa corresponde à produção obtida, com uma dada densidade populacional, recorrendo à mobilização do solo. O seu valor foi calculado a partir da população de cada unidade experimental utilizando a equação que melhor traduz a relação entre população e produção nos sistemas com mobilização do solo.

5.3. Métodos específicos das propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo

É usual considerar que as propriedades físicas do solo têm uma distribuição de probabilidade normal ou log-normal (Warrick e Nielsen, 1980). Para a maior parte das propriedades do solo, os valores obtidos por medição *in situ*, seguem igualmente uma destas distribuições (Jury e outros, 1991).

A transformação logarítmica da variável pode contribuir para melhorar a aproximação à normal (Glasbey e O'Sullivan, 1988; Warrick, 1998) e, ao mesmo tempo, para estabilizar as variâncias. No caso da resistência do solo à penetração, em que o aumento dos valores desta variável com a profundidade pode ser muito superior ao efeito dos tratamentos, a transformação pode ser ainda necessária para homogeneizar as variâncias entre profundidades (O'Sullivan e outros, 1987). A selecção da transformação a adoptar teve por base estas razões teóricas, para além da escolha empírica mencionada em 5.1.

O factor profundidade, quando incluído na análise de variância, foi considerado uma subdivisão (*split-plot*) dos tratamentos de mobilização do solo (Cassel e outros, 1978, cit. O'Sullivan e outros, 1987; Hill, 1990), excepto para os dados relativos às medições efectuadas ao longo de trajectos.

Na análise dos dados obtidos através de medições efectuadas ao longo de trajectos (resistência do solo à penetração e condutividade hidráulica saturada) utilizou-se um modelo de análise de variância diferente, introduzindo um factor de restrição e utilizando como erro a interacção deste com os outros factores (Petersen, 1985). O factor em causa foi a posição ao longo do trajecto, tendo-se utilizado

como erro, para testar qualquer efeito que inclua o factor posição, a interacção desse efeito com o bloco (Cassel e Nelson, 1985 cit. Larney e Kladvko, 1989). O modelo de análise de variância é semelhante ao utilizado por Radcliffe e outros (1988), com dois factores perpendiculares (*strip-plot*), em que o tratamento de mobilização do solo é o factor horizontal e a posição ao longo do trajecto o factor vertical. Os locais analisados foram ER (centro da entrelinha na zona de passagem dos rodados do tractor), L (linha de sementeira) e E (entrelinha sem tráfego à sementeira), todos com o mesmo número de repetições. O factor profundidade foi considerado como uma subdivisão da intersecção dos factores horizontal e vertical.

As medições da resistência do solo à penetração realizadas em 1993 foram tratadas como medições independentes (O'Sullivan e outros, 1987) e a análise estatística incidiu sobre os perfis médios (Pidgeon e Soane, 1977; Vepraskas e Wagger, 1989; Hill, 1990; Pikul e outros, 1993), obtidos a partir de medições na linha e na entrelinha ou considerando apenas as medições realizadas nas linhas de sementeira. Utilizou-se o mesmo critério em 1996 e 1997 para a análise que incluiu apenas os perfis na linha de sementeira.

Embora a sua expressão não seja muito significativa foram considerados na análise da resistência mecânica os perfis incompletos, como recomendam Glasbey e O' Sullivan (1988), que resultam da impossibilidade de ultrapassar a resistência oferecida pelos elementos grosseiros presentes no solo. O método para estimar os valores em falta foi a substituição destes pelo máximo valor medido nesse perfil.

Na análise do efeito da variação do potencial de água sobre a taxa de infiltração seguiu-se uma metodologia idêntica à utilizada por Ankeny e outros (1990), que incluiu o estudo da relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ), variável independente, e o logaritmo natural da taxa de infiltração (T), variável dependente, obtida para cada tratamento de mobilização por análise de regressão linear simples.

6. Correção da profundidade

A correção da profundidade permite a comparação entre camadas de solo equivalentes em vez de profundidades iguais e pode contribuir para explicar alguns dos efeitos dos tratamentos de mobilização do solo como, por exemplo, efeitos inesperados dos tratamentos sobre a resistência do solo à penetração (Pidgeon e Soane, 1977; Anderson e outros, 1980). A importância desta correção é determinada pelo gradiente de variação da característica medida com a profundidade, não sendo necessária quando as diferenças entre massas volúmicas aparentes são pequenas (Pidgeon e Soane, 1977), e pode ser feita de diversas formas (Pidgeon e Soane, 1977; O'Sullivan e outros, 1987; Larney e Kladvko, 1989). Neste trabalho foi estimada tendo por base os valores da massa volúmica aparente obtidos em 1993, no primeiro conjunto de medições (L1), utilizando uma metodologia de cálculo semelhante à referida por Pidgeon e Soane (1977). Os limites das camadas equivalentes foram determinados, para cada sistema, tomando como referência o tratamento SDM e admitindo que as diferenças nos valores da massa volúmica aparente resultam unicamente de variações no volume ocupado pela mesma massa. Considerou-se ainda que, encontrando-se o perfil humedecido artificialmente até à capacidade de campo e não sendo esta significativamente influenciada pelos sistemas de mobilização, as variações de volume podem ser maioritariamente atribuídas ao efeito da técnica cultural utilizada.

A posição do ponto médio de cada camada e a relação entre profundidades nos sistemas de mobilização estudados, obtida por análise de regressão, integram o Anexo D. A homogeneidade dos k coeficientes de regressão foi testada através do teste de F , seguindo a metodologia descrita por Gomez e Gomez (1984).

De um modo geral optou-se por comparar valores correspondentes à mesma profundidade em vez de efectuar sistematicamente esta correção. Só os resultados expressos em relação à massa da fase sólida do solo - teores de matéria orgânica, de fósforo e de potássio - foram ajustados para compensar a influência dos sistemas de mobilização sobre a massa volúmica aparente.

III. RESULTADOS E SUA ANÁLISE

De um modo geral, sempre que aplicáveis, seguiram-se na apresentação dos resultados as orientações constantes no trabalho de Almeida (1988).

1. Efeito dos sistemas de mobilização do solo sobre o desenvolvimento da cultura do girassol

1.1. Ciclo cultural

O efeito dos tratamentos de mobilização do solo traduziu-se por pequenas diferenças na data de ocorrência dos diferentes estados fenológicos, sem uma tendência evidente e sem significado prático, pelo que não se analisam pormenorizadamente.

A antecipação da data de sementeira (tratamento D1) aumentou a duração média de cada fase (Quadro 3.1), principalmente no período predominantemente vegetativo, com maior efeito sobre a fase F1. A duração das fases F0 (sementeira - emergência) e F2 (botão floral – plena floração) apresentou a maior variação entre anos, sobretudo quando a cultura foi semeada na época habitual para a região (tratamento D2).

O tratamento D1 aumentou duração do período de crescimento e permitiu que as fases predominantemente reprodutivas (F2 e F3) decorressem em condições climáticas mais favoráveis (Quadros 2.5.(a) e 2.5.(b)) seguindo a cultura um percurso de crescimento semelhante ao observado por outros autores (v.g. Fereres e outros, 1986; Carvalho e outros, 1991; Barros, 2000) em condições de sequeiro mediterrâneo. As maiores variações do valor da diferença $R - ET_c$, entre datas de sementeira, ocorreram em 1993 e 1997 na fase F2. Se utilizarmos a distribuição do valor anual desta diferença (Quadros 2.5.(a) e 2.5.(b)) para avaliar a aproximação ao *percurso ideal de crescimento* (Picq, 1990) os resultados indicam que os maiores afastamentos ocorrem no tratamento D2 - principalmente no ano de 1993 e, de forma menos acentuada, em 1997 - em que a um período favorável ao crescimento vegetativo (fase F1) se seguem limitações hídricas severas durante as fases F2 e F3.

Quadro 3.1. - Data média de ocorrência dos principais estados fenológicos (data, número de dias após a sementeira e número de dias após a emergência) e duração média das principais fases de desenvolvimento da cultura do girassol.

ano	data de sementeira	parâmetro	estado / fase de desenvolvimento					
			E0 sementeira	E1 emergência	E2 botão floral	E3 plena floração	E4 maturação fisiológica	
			F0	F1	F2	F3		
1993	D1	data / dd-MM-aaaa e dia	15-02-1993 0 —	17-03-1993 30 0	24-05-1993 98 68	23-06-1993 128 98	23-07-1993 158 128	
		duração / dia	30	68	30	30		
		D2	22-03-1993 0 —	19-04-1993 28 0	01-06-1993 71 43	07-07-1993 107 79	09-08-1993 140 112	
		duração / dia	28	43	36	33		
	1995	D1	data / dd-MM-aaaa e dia	22-02-1995 0 —	15-03-1995 21 0	21-05-1995 88 67	09-06-1995 107 86	12-07-1995 140 119
			duração / dia	21	67	19	33	
D2			23-03-1995 0 —	05-04-1995 13 0	03-06-1995 72 59	23-06-1995 92 79	26-07-1995 125 112	
		duração / dia	13	59	20	33		
1996		D1	data / dd-MM-aaaa e dia	28-02-1996 0 —	15-03-1996 16 0	28-05-1996 90 74	26-06-1996 119 103	31-07-1996 154 138
			duração / dia	16	74	29	35	
	1997		D1	data / dd-MM-aaaa e dia	26-02-1997 0 —	24-03-1997 26 0	21-05-1997 84 58	16-06-1997 110 84
duração / dia		26		58	26	34		
D2		29-04-1997 0 —		12-05-1997 13 0	30-06-1997 62 49	20-07-1997 82 69	10-08-1997 103 90	
		duração / dia	13	49	20	21		
1993-1997		D1	duração / dia	23 / 26 ⁽¹⁾	67 / 10	26 / 19	33 / 7	
		D2	duração / dia	18 / 48	50 / 16	25 / 36	29 / 24	
	média		21	58	26	31		
fase de desenvolvimento			F0	F1	F2	F3		

(1) média / coeficiente de variação (CV / %)

1.2. Produção da cultura e componentes da produção

1.2.1. Análise de variância

As análises de variância relativas à produção da cultura e suas componentes (Quadro 3.2) indicam que, de um modo geral, os efeitos do ano e data de sementeira se sobrepõem ao efeito da mobilização do solo. O efeito dos sistemas de mobilização - quando se consideram em conjunto os valores relativos às duas datas de sementeira - é significativo para a maior parte das variáveis analisadas, constituindo o número de grãos por capítulo (*NGC*) e o peso de mil grãos (*P1000G*) as únicas excepções. Quando na análise se incluem apenas os valores obtidos no tratamento D1, que corresponde à antecipação da data de sementeira, a única variável em que se observaram efeitos significativos do factor mobilização do solo foi o número de capítulos por unidade de área (*NCA*). Para quase todas as variáveis estudadas são significativas as interacções entre os factores principais, o que indica que a resposta à mobilização do solo é influenciada pelos factores ano e data de sementeira.

Quadro 3.2. - Produção de grão (*PROD*), teor de gordura no grão (*TG*), número de grãos por unidade de área (*NGA*), peso de mil grãos (*P1000G*), número de capítulos por unidade de área (*NCA*) e número de grãos por capítulo (*NGC*). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	blocos	anos	mobilizações	datas de sementeira		
<i>PROD</i>	1993 e 1995		anos	21.68***	ns	14.34***	
			mobilizações		3.35**	ns	
			datas de sementeira			78.12***	
			anos x mobilizações			2.52***	
	1993, 1995 e 1996		anos	27.75***	ns		
			mobilizações		ns		
	<i>TG</i>	1995	ns	mobilizações		3.97*	ns
				datas de sementeira			ns
1995 e 1996			anos	100.57***	ns		
			mobilizações		ns		
<i>NGA</i>		1993 e 1995		anos	10.10**	ns	ns
				mobilizações		4.17**	ns
				datas de sementeira			37.64**
				anos x mobilizações			4.42**
	1993, 1995 e 1996		anos	5.69*	ns		
			mobilizações		ns		
	<i>P1000G</i>	1993 e 1995		anos	13.73**	4.11**	9.78**
				mobilizações		ns	ns
datas de sementeira						ns	
anos x mobilizações						4.45**	
1993, 1995 e 1996			anos	37.72***	3.28**		
			mobilizações		ns		
<i>NCA</i>		1993 e 1995		anos	29.50***	9.54***	50.91***
				mobilizações		14.57***	5.84***
	datas de sementeira					128.84***	
	anos x mobilizações					2.63*	
	1993, 1995 e 1996		anos	42.85***	ns		
			mobilizações		2.81*		
	<i>NGC</i>	1993 e 1995		anos	286.45***	2.80*	9.49**
				mobilizações		ns	2.88*
datas de sementeira						14.66***	
anos x mobilizações						3.86**	
1993, 1995 e 1996			anos	406.60***	8.11***		
			mobilizações		ns		

1.2.2. Produção da cultura

Nos Quadros 3.2.(a) e 3.2.(b) incluem-se os valores médios dos parâmetros que caracterizam a produção da cultura do girassol: produção de grão (*PROD*) e teor de gordura no grão (*TG*).

Quadro 3.2.(a) – Produção da cultura: produção de grão (*PROD* / g.m⁻²) e teor de gordura no grão (*TG* / %). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e da interacção anos x mobilizações x datas.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo						média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
<i>PROD</i> / g.m ⁻²	1993	D1	95.3 a	81.7 ab	83.4 ab	74.8 b	78.2 ab	71.3 b	89.1 ab	82.0
		D2	70.1 a	61.7 ab	65.8 ab	54.0 abc	47.9 bc	40.1 c	41.5 c	54.4
		média	82.7	71.7	74.6	64.4	63.1	55.7	65.3	68.2
	1995	D1	55.0 a	57.3 a	63.3 a	57.5 a	63.9 a	37.2 b	56.4 a ⁽¹⁾	55.8
		D2	56.9 a	47.3 ab	55.0 ab	38.2 b	37.7 b	15.8 c ⁽¹⁾	62.5 a ⁽¹⁾	44.8
		média	55.9	52.3	59.1	47.8	50.8	26.5	59.5	50.3
	1996	D1	57.5	40.8	—	44.3	55.4	48.4	—	49.3
	1997 ⁽²⁾	D1	51.5	60.7	—	71.5	11.9 ⁽³⁾	—	—	48.9
		D2	85	35	—	48	—	—	—	—
			53.3	41.5	—	28.9	—	—	—	41.2
			16	44	—	68	—	—	—	—
		média	52.4	51.1	—	50.2	—	—	—	45.1
	1993 a 1997	D1	64.8	60.1	73.4	62.0	52.4	52.3	72.8	62.5
		D2	60.1	50.2	60.4	40.4	42.8	28.0	52.0	47.7
		média	62.5	55.1	66.9	51.2	47.6	40.1	62.4	55.1
<i>TG</i> / %	1995	D1	45.4	44.3	46.8	44.3	42.6	43.6	45.9 ⁽¹⁾	44.7
		D2	41.5	42.3	43.5	43.4	41.5	39.4 ⁽¹⁾	45.9 ⁽¹⁾	42.5
		média	43.5 abc	43.3 bc	45.2 ab	43.9 abc	42.1 c	41.5 c	45.9 a	43.6
	1996	D1	48.0	49.0	—	46.6	48.5	48.0	—	48.0
	1997 ⁽²⁾	D1	39.7	43.7	—	44.7	42.3 ⁽³⁾	—	—	42.6
		D2	17	3	—	8	—	—	—	—
			43.5	42.0	—	44.2	—	—	—	43.2
6			7	—	5	—	—	—	—	
média	41.6	42.9	—	44.5	—	—	—	42.9		

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta, (2) em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), (3) resultados de uma única unidade experimental

Quadro 3.2.(b) – Produção da cultura: produção de grão (*PROD*) e teor de gordura no grão (*TG*), expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
<i>PROD</i>	1993 a 1997	D1	100	95	101	100	98	76	98	95
		D2	100	83	95	66	67	42	85	77
		média	100	89	98	83	83	59	91	86
<i>TG</i>	1995 e 1997	D1	100	103	—	102	100	98	—	101
		D2	100	99	—	103	—	—	—	101
		média	100	102	—	104	—	—	—	102

No período de ensaios a produção média da cultura (*PROD*) foi 68.2 g.m⁻², em 1993, 50.3 g.m⁻², em 1995, 49.3 g.m⁻² em 1996 e 45.1 g.m⁻² em 1997. Neste último ano a produção nos tratamentos de sementeira directa foi praticamente nula. Os valores máximo e mínimo observados foram 95.3 g.m⁻² (ALQ, 1993, D1) e 11.9 g.m⁻² (SDF, 1997, D1).

A produção é sempre superior no tratamento D1 - com as maiores diferenças entre D1 e D2 em 1993 e em 1997, se neste último ano não se considerar a produção do tratamento SDF – e, em geral, decresce com a redução da intensidade de mobilização do solo, principalmente quando a cultura é semeada dentro da época habitual para a região (tratamento D2). As produções mais elevadas, excepto em 1995-D1 e em 1997-D1, estão quase sempre associadas ao tratamento ALQ, que representa o sistema convencional, e as mais baixas, excepto em 1996, à sementeira directa com semeador de discos (tratamento SDD). Aos restantes tratamentos correspondem valores de produção intermédios, por vezes sem uma relação evidente com a intensidade da acção sobre o solo.

Quando se comparam os resultados obtidos no tratamento D1, a utilização do teste de Duncan permite distinguir do sistema convencional, o tratamento SDD, sempre com menor produção. A mesma metodologia aplicada aos resultados do tratamento D2 leva agora à diferenciação de todos os tratamentos de sementeira directa (SDF, SDD e SDM), com produções consideravelmente inferiores ao tratamento ALQ. De entre os sistemas de mobilização reduzida, que em geral conduziram também a reduções da produção, destaca-se negativamente o tratamento MOBP que, em 1993-D1 e em 1995-D2, se distingue estatisticamente do sistema convencional.

O teor médio de gordura do grão (*TG*) foi de 43.6 %, em 1995, 48.0 %, em 1996, e 42.9 %, em 1997; os valores máximo e mínimo observados foram 49.0 % (ESC+, 1996, D1) e 39.7 % (ALQ, 1997, D1). Este parâmetro foi, em geral, pouco influenciado pelos factores mobilização do solo e data de sementeira, não se distinguindo estatisticamente, do sistema convencional, nenhum dos tratamentos estudados. Os valores do Quadro 3.2.(b) mostram que a resposta da cultura é praticamente a mesma, quer seja expressa sob a forma de quantidade de matéria seca, quer sob a forma de quantidade de gordura produzidas.

1.2.3. Componentes da produção: número de grãos por unidade de área e peso de 1000 grãos

Nos Quadros 3.3.(a) e 3.3.(b) apresentam-se os valores médios dos principais componentes da produção: número de grãos por unidade de área (*NGA*) e peso de 1000 grãos (*P1000G*).

O número de grãos por unidade de área (*NGA*) apresentou, no período de ensaios, um comportamento semelhante ao da produção. Os valores de *NGA* são mais elevados no tratamento D1, excepto em 1997, e, de um modo geral, decrescem com a redução da intensidade da acção das máquinas sobre o solo, embora alguns tratamentos apresentem valores superiores ao do sistema convencional.

Os grupos homogéneos resultantes da aplicação do teste de Duncan incluem sistemas de mobilização com características muito diferentes. Só alguns tratamentos de sementeira directa - SDD e SDM em 1993-D2, SDD em 1995-D1, SDF e SDD em 1995-D2 – diferem estatisticamente do sistema convencional, sempre com valores inferiores a este.

Quando os valores do número de grãos por unidade de área são expressos em percentagem dos obtidos com o sistema convencional (ALQ) é evidente o efeito que a redução da intensidade do trabalho do solo tem sobre esta variável, principalmente no tratamento D2. Tendo apenas em consideração o seu efeito sobre a variável *NGA* as alternativas mais interessantes são a antecipação da data de sementeira associada aos tratamentos ESC+, ESC-, MOBP e SDF. No tratamento D2 o único sistema de mobilização que não implicou uma redução do número de grãos por unidade de área foi ESC-.

Quadro 3.3.(a) – Componentes da produção: número de grãos por unidade de área (NGA / grãos.m⁻²) e peso de 1000 grãos (P1000G / g). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações e anos x mobilizações x datas.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM		
NGA / grãos.m ⁻²	1993	D1	1858 a	1591 a	1626 a	1510 a	1796 a	1467 a	1884 a	1676	
		D2	1666 a	1465 a	1631 a	1251 ab	1265 ab	746 c	817 bc	1263	
		média	1762	1528	1628	1380	1530	1106	1351	1469	
	1995	D1	1384 ab	1449 ab	1619 a	1475 ab	1461 ab	908 c	1041 bc ⁽¹⁾	1334	
		D2	1291 ab	1186 abc	1381 a	861 bc	798 c	291 d ⁽¹⁾	1492 a ⁽¹⁾	1043	
		média	1338	1318	1500	1168	1129	600	1267	1188	
	1996	D1	1489	1158	—	1212	1340	1227	—	1285	
	1997 ⁽²⁾	D1		823	1013	—	1119	241 ⁽³⁾	—	—	799
				92	36	—	47	—	—	—	—
		D2		1408	1061	—	743	—	—	—	1071
				21	42	—	75	—	—	—	—
		média		1116	1037	—	931	—	—	—	935
P1000G / g	1993	D1	51.4 a	51.6 a	51.6 a	49.7 a	44.2 a	48.7 a	47.2 a	49.2	
		D2	43.3 bc	42.5 bc	40.4 c	44.2 bc	38.5 c	52.1 a	48.9 ab	44.3	
		média	47.4	47.0	46.0	46.9	41.3	50.4	48.1	46.7	
	1995	D1	39.8 b	39.2 b	38.9 b	39.4 b	46.1 ab	42.1 b	52.3 a ⁽¹⁾	42.5	
		D2	45.7 abc	39.3 c	39.4 c	48.4 ab	50.7 a	41.9 bc ⁽¹⁾	40.0 c ⁽¹⁾	43.6	
		média	42.7	39.2	39.1	43.9	48.4	42.0	46.2	43.1	
	1996	D1	38.6 ab	35.1 b	—	36.4 ab	40.9 a	39.4 ab	—	38.1	
	1997 ⁽²⁾	D1		69.2	60.2	—	64.7	49.3 ⁽³⁾	—	—	60.9
				14	8	—	0 ⁽⁴⁾	—	—	—	—
		D2		38.5	38.9	—	42.5	—	—	—	40.0
				16	2	—	4	—	—	—	—
		média		53.9	49.6	—	53.6	—	—	—	50.5

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta, (2) em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), (3) resultados de uma única unidade experimental, (4) os valores iguais a zero são devidos a arredondamento

Quadro 3.3.(b) – Componentes da produção: número de grãos por unidade de área (NGA) e peso de 1000 grãos (P1000G), expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
NGA	1993 a 1997	D1	100	98	102	101	97	76	88	95
		D2	100	85	102	65	69	34	82	77
		média	100	91	102	83	83	55	85	86
P1000G	1993 a 1997	D1	100	94	99	96	103	101	112	100
		D2	100	95	90	106	100	106	100	100
		média	100	95	94	101	101	103	106	100

Os valores do peso de mil grãos (*P1000G*) tendem a ser superiores no tratamento D1 - embora em 1995 a posição relativa de D1 e D2, com valores muito próximos, se tenha alterado, provavelmente devido à competição resultante da maior densidade populacional dos tratamentos com mobilização do solo - e nos tratamentos de sementeira directa. Em 1997-D1 os valores desta variável, que foram os mais elevados do período de ensaios, reflectem as condições de crescimento originadas pela muito baixa densidade populacional.

Também no caso do peso de mil grãos o teste de Duncan não revela uma tendência evidente no efeito dos sistemas de mobilização. Só os tratamentos SDD, em 1993-D2, e SDM, em 1995-D1, se distinguem do sistema convencional, apresentando ambos valores mais elevados que este.

Os valores do Quadro 3.3.(b) mostram que a mobilização do solo influenciou mais o número de grãos do que o peso de cada um deles. Os valores da variável *P1000G* apresentam pequenas variações em torno do valor de referência (tratamento ALQ), geralmente com valores inferiores nos tratamentos de mobilização reduzida e superiores nos tratamentos de sementeira directa. As alternativas menos interessantes são agora ESC+ e, para o tratamento D2, ESC-.

1.2.4. Relação entre a produção e suas componentes

No Quadro 3.4. apresentam-se os valores dos coeficientes de correlação, obtidos por análise de correlação linear simples entre os valores médios da variável *PROD* e os valores médios das variáveis *NGA* e *P1000G*.

Os resultados mostram que o número de grãos por unidade de área (*NGA*) é a componente que apresenta maior grau de associação com a produção de grão (*PROD*), com valores do coeficiente de correlação, em geral, altos, positivos e mais elevados no tratamento D2.

Quadro 3.4. - Coeficientes de correlação (*r*) calculados por análise de correlação linear simples entre os valores da variável produção de grão (*PROD*) e os valores das variáveis número de grãos por unidade de área (*NGA*) e peso de 1000 grãos (*P1000G*).

ano	data	<i>r</i>		<i>n</i>
		<i>NGA</i>	<i>P1000G</i>	
1993	D1	0.814	0.280	7
	D2	0.965	-0.612	7
1995	D1	0.850	0.028	7
	D2	0.991	-0.282	7
1996	D1	0.935	0.815	5
1997	D1	0.978	-0.460	3
	D2	0.999	-0.916	3

1.2.5. Análise das componentes que determinam o número de grãos por unidade de área: número de capítulos por unidade de área e número de grãos por capítulo

Nos Quadros 3.5.(a) e 3.5.(b) incluem-se os valores médios das componentes que determinam o número de grãos por unidade de área (*NGA*): número de capítulos por unidade de área (*NCA*) e número de grãos por capítulo (*NGC*).

A análise do número de capítulos por unidade de área (*NCA*) mostra que à redução da intensidade de mobilização do solo esteve quase sempre associada uma menor população produtiva. Este efeito é mais importante nos tratamentos SDD e SDM, principalmente quando semeados na época habitual (tratamento D2), e pode comprometer totalmente a produção. O teste de Duncan indica que são significativas as diferenças entre o sistema convencional, sempre com valores mais elevados, e os tratamentos SDD e SDM, em 1993-D2, SDF, SDD e SDM em 1995-D1 e em 1995-D2, e SDD em 1996.

Quadro 3.5.(a) – Componentes da produção: número de capítulos por unidade de área ($NCA / \text{cap.m}^{-2}$) e número de grãos por capítulo ($NGC / \text{grãos.cap}^{-1}$). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações, anos x mobilizações x datas e mobilizações x datas.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM		
$NCA / \text{cap.m}^{-2}$	1993	D1	1.8 a	1.6 a	1.3 a	1.5 a	2.4 a	1.7 a	2.3 a	1.8	
		D2	1.5 a	1.6 a	2.0 a	1.5 a	1.9 a	0.6 b	0.7 b	1.4	
		média	1.7	1.6	1.7	1.5	2.2	1.2	1.5	1.6	
	1995	D1	6.1 a	6.4 a	6.2 a	5.9 a	4.6 b	4.0 b	1.0 c	4.9	
		D2	2.6 ab	3.3 a	3.4 a	1.7 bc	1.6 c	0.1 d	0.0 d	1.8	
		média	4.4	4.9	4.8	3.8	3.1	2.1	0.5	3.4	
	1996	D1	4.6 a	4.2 a	—	3.5 ab	3.0 ab	2.7 b	—	3.6	
	1997 ⁽²⁾	D1		0.7	1.0	—	0.6	0.1	0.0	—	0.5
				86	30	—	100	200	0 ⁽³⁾	—	
		D2		2.6	2.1	—	1.9	—	0.0	—	1.4
				19	76	—	95	—	0 ⁽³⁾	—	
		média		1.7	1.6	—	1.3	0.1	0.0	—	1.0
	$NGC / \text{grãos.cap}^{-1}$	1993	D1	1033 ab	1013 ab	1229 a	1051 ab	764 c	883 bc	859 bc	976
			D2	1200 a	929 bc	814 c	936 bc	768 c	1200 a	1144 ab	999
			média	1117	971	1022	994	766	1042	1002	987
1995		D1	228 a	230 a	264 a	245 a	372 a	225 a	295 a ⁽¹⁾	266	
		D2	530 ab	373 bc	427 abc	645 a	602 ab	482 abc ⁽¹⁾	256 c ⁽¹⁾	474	
		média	379	302	346	445	487	354	276	370	
1996		D1	322 b	274 b	—	352 ab	455 a	452 a	—	371	
1997 ⁽²⁾		D1		1138	986	—	925	679	—	—	932
				15	17	—	20	—	—	—	
		D2		549	367	—	509	—	—	—	475
				15	9	—	22	—	—	—	
		média		844	677	—	717	—	—	—	704

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta, (2) em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), (3) os valores iguais a zero são devidos a arredondamento

Quadro 3.5.(b) – Componentes da produção: número de capítulos por unidade de área (*NCA*) e número de grãos por capítulo (*NGC*), expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
<i>NCA</i>	1993 a 1997	D1	100	107	87	85	72	55	72	83
		D2	100	105	132	79	94	15	23	78
		média	100	106	109	82	83	35	48	80
<i>NGC</i>	1993 a 1997	D1	100	93	117	100	110	108	106	105
		D2	100	72	74	97	89	95	72	86
		média	100	82	96	99	99	102	89	95

O número de grãos por capítulo (*NGC*) reflecte, aparentemente, a compensação possível, mas muitas vezes insuficiente para garantir a estabilidade da produção face à variação da população produtiva. De um modo geral os sistemas com mobilização do solo, com destaque para os tratamentos ALQ e ESC- que se mantiveram sempre acima da média, permitiram que o equilíbrio entre as duas variáveis (*NCA* e *NGC*) se estabelecesse a um nível mais elevado, enquanto os tratamentos de sementeira directa, dos quais se destaca positivamente o tratamento SDF, se caracterizaram por uma considerável variabilidade entre o máximo e o mínimo observados. Os valores de *NGC* são frequentemente mais elevados no tratamento D2, distinguindo-se estatisticamente do sistema convencional os tratamentos SDF, em 1993-D1, ESC+, ESC-, MOBP e SDF, em 1993-D2, SDM, em 1995-D2, embora neste caso se trate de um valor obtido por estimativa, e SDF e SDD, em 1996. Apenas os dois últimos tratamentos apresentam valores superiores ao tratamento ALQ.

No Quadro 3.6. apresentam-se os valores dos coeficientes de correlação, obtidos por análise de correlação linear simples entre os valores médios da variável *NGA* e os valores médios das variáveis *NCA* e *NGC*. A variável *NCA* é a que apresenta maior grau de associação com o número de grãos por unidade de área (*NGA*), apresentando valores do coeficiente de correlação que, exceptuando 1995-D2, 1996 e 1997-D1, são médios a altos, positivos e mais elevados no tratamento D2.

Quadro 3.6. - Coeficientes de correlação (r) calculados por análise de correlação linear simples entre os valores da variável número de grãos por unidade de área (NGA) e os valores das variáveis número de capítulos por unidade de área (NCA) e número de grãos por capítulo (NGC).

ano	data	r		n
		NCA	NGC	
1993	D1	0.697	-0.309	7
	D2	0.853	-0.424	7
1995	D1	0.668	0.357	7
	D2	0.425	-0.539	7
1996	D1	0.367	0.086	5
1997	D1	-0.080	-0.997	3
	D2	0.976	0.234	3

1.2.6. Conclusões gerais

A influência da data de sementeira e do sistema de mobilização sobre a produção é semelhante à descrita por outros autores (v. g. Carvalho e outros, 1991; Carvalho, 1997; Basch e outros, 1998; Barros, 2000). Em média a antecipação da data de sementeira conduziu a um aumento de produção de cerca de 30 %. A substituição da mobilização convencional pela mobilização reduzida originou, nos tratamentos D1 e D2, uma quebra de produção de 0 % e de 20 %, enquanto que a substituição da mobilização convencional pela sementeira directa reduziu a produção em 10 % e 40 %, nos tratamentos D1 e D2.

Também a resposta dos componentes da produção está, de um modo geral, de acordo com as variações observadas por outros autores (v. g. Fereres e outros, 1986; Blanchet e outros, 1990; Merrien e Grandin, 1990; Carvalho e outros, 1991; Barros, 2000).

O componente melhor correlacionado com a produção da cultura foi o número de grãos por unidade de área, que apresentou maior plasticidade que o peso de mil grãos. A influência da data de sementeira é muito significativa, contribuindo a antecipação da sementeira para um aumento do valor do número de grãos por unidade de área que a maior densidade populacional não explica totalmente. Esta tendência é semelhante à observada por Carvalho e outros (1991) e Barros (2000).

A comparação dos valores dos componentes da produção (*NGA* e *P1000G*) observados com a amplitude de variação referida por Arnau (1988, cit., Barros, 2000) indica que potencialmente a compensação entre ambos pode ocorrer a níveis superiores aos obtidos ao longo do período de ensaios.

Os resultados relativos ao tratamento D1 ilustram a influência das condições de crescimento, que determinam o nível de equilíbrio entre as duas variáveis. Neste tratamento em 1995 e 1996, anos em que se verificou um défice hídrico intenso durante a fase F1, o valor do número de grãos por unidade de área foi consideravelmente mais baixo que o observado em 1993 ainda que a densidade populacional tenha sido significativamente superior em 1995 e em 1996. Apesar da sua menor plasticidade o peso de mil grãos apresenta em 1997, ano com uma densidade populacional muito baixa no tratamento D1 mas em que as condições foram mais favoráveis durante a floração (fase F2), valores consideravelmente mais elevados que os observados em anos em que a compensação entre componentes foi provavelmente mais condicionada pelo défice hídrico.

O efeito da mobilização do solo traduziu-se por uma redução no número de grãos por unidade de área e um aumento no peso de mil grãos quando a intensidade da acção das máquinas sobre o solo decresceu. Os valores do número de capítulos por unidade de área indicam que estas diferenças são essencialmente a consequência de variações da densidade populacional entre tratamentos que a disponibilidade de água no período reprodutivo não permite compensar totalmente através do aumento do peso de mil grãos.

O comportamento do número de capítulos por unidade de área e do número de grãos por capítulo reflecte, como refere Barros (2000) a existência de compensações entre ambos quando ocorrem reduções da densidade populacional.

1.3. Densidade populacional da cultura

1.3.1. Análise de variância

No Quadro 3.7. apresenta-se uma síntese dos resultados das análises de variância relativas aos valores da densidade populacional da cultura. O efeito da data de sementeira é agora mais importante do que os efeitos dos factores ano e mobilização do solo, embora a tendência geral seja idêntica à observada na análise da produção e suas componentes.

Quadro 3.7. - População emergida (POPEM) e relações entre a população emergida e a população potencial (POPEM/POPP) e entre a população produtiva e a população emergida (NCA/POPEM). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	anos	mobilizações	datas de sementeira	
POPEM	1993 e 1995	anos	47.02****	8.76****	24.66****
		mobilizações		12.79****	17.02****
		datas de sementeira			138.02****
		anos x mobilizações			4.1**
	1993, 1995 e 1996	anos	27.39****	3.30**	
		mobilizações		ns	
POPEM/POPP	1993 e 1995	anos	ns	4.33**	11.80****
		mobilizações		6.26****	11.61****
		datas de sementeira			113.20****
		anos x mobilizações			2.69*
	1993, 1995 e 1996	anos	7.48*	4.73****	
		mobilizações		ns	
NCA/POPEM	1993 e 1995	anos	5.00*	2.83*	13.36****
		mobilizações		ns	2.64*
		datas de sementeira			ns
		anos x mobilizações			ns
	1993, 1995 e 1996	anos	ns	4.90****	
		mobilizações		5.67****	

1.3.2. Evolução da densidade populacional entre a sementeira e a colheita

A análise da evolução da densidade populacional ao longo do ciclo cultural (Quadros 3.8.(a) e 3.8.(b)) mostra que é, principalmente, durante o período sementeira – emergência (fase F0) que se define a população produtiva.

As variações observadas no período que decorre entre a emergência e a colheita (variável *NCA/POPEM*) são principalmente consequência da heterogeneidade da emergência, efeito que é comum a todos os sistemas de mobilização, sobretudo nos anos de menor precipitação na proximidade da sementeira. As perdas de população devidas a causas diversas têm uma menor expressão e são frequentes os tratamentos em que a população praticamente não variou neste período. O único tratamento que o teste de Duncan permitiu distinguir do sistema convencional foi SDD, em 1993 e em 1995.

As maiores reduções na população potencial ocorreram entre a sementeira e a emergência (variável *POPEM/POPP*). Embora nalguns casos a população emergida praticamente iguale a potencial, a redução do potencial produtivo da cultura observada durante esta fase (F0), foi quase sempre muito elevada, em média 50 %, sendo mais importante quando a cultura é semeada na época habitual (tratamento D2), em que os valores da relação *POPEM/POPP* correspondem, em média, a metade dos obtidos no tratamento D1.

A distribuição da precipitação no período pós-sementeira é aparentemente um factor determinante para o sucesso da emergência, embora os resultados obtidos em 1995-D1 e 1996, que neste período apresentam distribuições da precipitação semelhantes, sugiram a interferência de outros factores. A influência da mobilização do solo é mais marcada quando as condições são mais desfavoráveis. Nessas situações a mobilização convencional e a mobilização reduzida conduziram, quase sempre, a melhores resultados que a sementeira directa, sobretudo quando realizada com o semeador de discos. Os valores relativos a 1997-D1 ilustram a maior dependência da precipitação pós-sementeira observada nos tratamentos de sementeira directa, que levou praticamente ao insucesso da cultura, enquanto que nos sistemas com mobilização foi possível garantir níveis de população suficientes para obter alguma produção. Relativamente à variável *POPEM/POPP* distinguem-se estatisticamente do sistema convencio-

nal os tratamentos SDD e SDM, em 1993-D2, SDD e SDM, em 1995-D1 e em 1995-D2 e MOBP, SDF e SDD, em 1996. Só o valor de SDD, em 1995-D1, foi superior ao observado no sistema convencional.

Quadro 3.8.(a) - Relações entre a população produtiva e a população emergida (*NCA/POPEM*) e entre a população emergida e a população potencial (*POPEM/POPP*). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios das interações anos x mobilizações, mobilizações x datas de sementeira e anos x mobilizações x datas de sementeira.

parâmetro	ano	data	tratamento de mobilização do solo						média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
<i>NCA/POPEM</i>	1993	D1	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	0.9	0.9	1.0
		D2	1.1	1.0	1.3	1.4	1.2	2.4	1.2	1.4
		média	1.1 b	1.0 b	1.1 ab	1.2 ab	1.2 ab	1.7 a	1.1 b	1.2
	1995	D1	1.5	1.2	1.3	1.8	0.8	0.6	1.4	1.2
		D2	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	1.0	0.9
		média	1.2 a	1.0 ab	1.1 ab	1.3 a	0.9 ab	0.8 b	1.2 ab	1.1
	1996	D1	0.9 a	1.0 a	—	1.0 a	1.0 a	1.0 a	—	1.0
		D1	0.8	0.8	—	0.9	1.3	1.0	—	1.0
	1997 ⁽¹⁾	D1	25	25	—	11	38	0 ⁽²⁾	—	
		D2	0.7	0.6	—	0.9	—	0.0	—	0.5
		média	14	67	—	11	—	0 ⁽²⁾	—	
	<i>POPEM/POPP</i>	1993	D1	0.5 abc	0.4 bc	0.4 bc	0.4 c	0.6 ab	0.5 abc	0.6 a
D2			0.4 ab	0.4 ab	0.4 ab	0.3 bc	0.5 a	0.1 d	0.2 cd	0.3
média			0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3	0.4	0.4
1995		D1	0.5 bc	0.7 ab	0.6 abc	0.5 c	0.6 abc	0.8 a	0.2 d	0.6
		D2	0.4 ab	0.5 a	0.5 a	0.3 b	0.2 b	0.0 c	0.0 c	0.3
		média	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.1	0.5
1996		D1	1.0 a	0.9 ab	—	0.7 bc	0.6 c	0.5 c	—	0.7
		D1	0.1	0.2	—	0.1	0.0	0.0	—	0.1
1997 ⁽¹⁾		D1	100	0 ⁽²⁾	—	100	0 ⁽²⁾	0 ⁽²⁾	—	
		D2	0.8	0.5	—	0.4	—	0.1	—	0.4
		média	25	80	—	100	—	100	—	
			média	0.5	0.4	—	0.3	0.0	0.1	—

⁽¹⁾ em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), ⁽²⁾ os valores iguais a zero são devidos a arredondamento

Quadro 3.8.(b) - Relações entre a população produtiva e a população emergida (*NCA/POPEM*) e entre a população emergida e a população potencial (*POPEM/POPP*) expressas em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
<i>NCA/POPEM</i>	1993 a 1997	D1	100	98	88	111	109	92	92	98
		D2	100	92	109	114	111	110	117	108
		média	100	95	99	113	110	101	104	103
<i>POPEM/POPP</i>	1993 a 1997	D1	100	128	100	88	75	78	80	93
		D2	100	96	113	67	88	13	25	71
		média	100	112	106	77	81	45	53	82

1.3.3. População emergida

No período de ensaios (Quadro 3.9.(a)) os valores médios da população emergida (*POPEM*) foram 1.6 plantas.m⁻², em 1993, 3.5 plantas.m⁻², em 1995, 3.8 plantas.m⁻² em 1996 e 1.5 plantas.m⁻², em 1997. Os valores máximo e mínimo observados foram 6.6 plantas.m⁻² (SDD, 1995, D1) e 0.0 plantas.m⁻² (SDM, 1995, D2; SDF e SDD, 1997, D1), respectivamente.

A população emergida (*POPEM*) apresentou um comportamento semelhante ao da variável *POPEM/POPP*, agora com maior variação entre anos consequência das diferenças na densidade de sementeira. Em 1993-D1, em 1993-D2, em 1995-D1 e em 1997-D1 observaram-se, praticamente em todos os sistemas de mobilização, variações mais ou menos importantes da densidade populacional relativamente ao valor de referência - que se pretendia próximo de 4 a 5 plantas.m⁻² - enquanto que, em 1995-D2, 1996 e 1997-D2 alguns sistemas conduziram as variações da densidade populacional mais acentuadas que outros, apresentando os tratamentos de sementeira directa quase sempre maiores reduções na população emergida. Dois tratamentos - MOBP e SDF - ocuparam geralmente uma posição intermédia entre o grupo dos tratamentos com e sem mobilização do solo. O teste de Duncan permite distinguir do sistema convencional os tratamentos SDD e SDM, em 1993-D2, SDD e SDM, em 1995-D1, SDF, SDD e SDM, em 1995-D2 e SDF e SDD em 1996.

Quadro 3.9.(a) – População emergida (POPEM / plantas.m⁻²). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e da interação mobilizações x datas de sementeira.

parâmetro	ano	data	tratamento de mobilização do solo							média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM		
POPEM / plantas.m ⁻²	1993	D1	1.8 ab	1.6 ab	1.5 ab	1.4 b	2.2 ab	1.8 ab	2.4 a	1.8	
		D2	1.4 a	1.6 a	1.7 a	1.2 ab	1.9 a	0.4 c	0.7 bc	1.3	
		média	1.6	1.6	1.6	1.3	2.1	1.1	1.6	1.6	
	1995	D1	4.4 bc	5.9 ab	5.2 abc	4.2 c	5.5 abc	6.6 a	1.1 d	4.7	
		D2	3.0 ab	4.2 a	4.1 a	2.4 bc	1.8 c	0.1 d	0.0 d	2.2	
		média	3.7	5.1	4.7	3.3	3.7	3.4	0.6	3.5	
	1996	D1	4.9 a	4.4 ab	—	3.5 abc	3.1 bc	2.9 c	—	3.8	
		1997 ⁽¹⁾	D1	0.8	1.3	—	0.7	0.0	0.0	—	0.6
			D2	4.0	2.9	—	2.3	—	0.7	—	2.4
	1993 a 1997	D1	3.0	3.3	3.4	2.5	2.7	2.8	1.8	2.8	
		D2	2.8	2.9	2.9	2.0	1.9	0.4	0.4	1.9	
		média	2.9	3.1	3.1	2.2	2.3	1.6	1.1	2.3	

⁽¹⁾ em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), ⁽²⁾ os valores iguais a zero são devidos a arredondamento

Quadro 3.9.(b) – População emergida (POPEM) expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
POPEM	1993 a 1997	D1	100	119	101	83	78	77	79	91
		D2	100	109	129	74	98	16	25	79
		média	100	114	115	79	88	47	52	85

1.3.4. Relações entre a população e a produção

No Quadro 3.10. apresentam-se os parâmetros correspondentes às equações que relacionam os valores da população produtiva (NCA) e os valores da produção de grão (PROD), variável dependente, obtidos por análise de regressão não linear simples, utilizando um modelo quadrático. No tratamento D1 a metodologia de análise de regressão foi aplicada separadamente aos anos em que a distribuição da precipitação (Quadros B.5.(a) a (d)) pode condicionar a emergência da cultura (1993 e 1997), por o solo se encontrar excessivamente humedecido na altura da sementeira ou pelo défice hídrico provo-

cado pela ausência de precipitação, e aos anos em que esta distribuição é mais favorável (1995 e 1996).

Quadro 3.10. - Relações entre os valores da população produtiva (*NCA*) e os valores da produção de grão (*PROD*), variável dependente, obtidas por análise de regressão não linear simples: dimensão da amostra (*n*), coeficientes da regressão (*a*, *b*₁ e *b*₂), coeficiente de determinação ajustado (*R*_a²) e teste de *F* à significância da regressão.

ano	data de sementeira	sistema	n	parâmetros			<i>R</i> _a ² %	<i>F</i>
				<i>a</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂		
1993 e 1997	D1	todos	52	-0.265	80.202	-17.312	89.3	213.58***
1995 e 1996	D1	todos	48	12.727	12.731	-0.785	38.5	15.70***
1993, 1995 e 1997	D2	todos	80	8.038	33.481	-5.196	60.1	60.54***
1993 e 1997	D1	ALQ, ESC+, ESC-, MOBP	32	-0.236	78.887	-15.742	90.8	153.31***
		SDF, SDD, SDM	20	-1.336	98.740	-28.968	91.5	102.73***
1995 e 1996	D1	ALQ, ESC+, ESC-, MOBP	28	58.227	-8.493	1.368	29.3	6.61**
		SDF, SDD, SDM	20	3.444	22.360	-2.049	50.7	10.77***
1993, 1995 e 1997	D2	ALQ, ESC+, ESC-, MOBP	48	22.930	21.335	-3.072	26.2	9.34***
		SDF, SDD, SDM	31	0.191	48.054	-9.738	86.3	95.7***

Os resultados mostram que, quando as condições ambientais condicionam o estabelecimento da cultura, a importância da densidade populacional como factor limitante do potencial produtivo é maior no tratamento D1. Este efeito é quase independente do sistema de mobilização explicando a população, nos anos de 1993 e 1997, 90.8 % e 91.5 % da variabilidade da produção dos sistemas com e sem mobilização do solo.

Nos anos de 1995 e 1996, em que a densidade populacional atinge valores mais elevados, sobretudo nos sistemas com mobilização do solo, os valores obtidos indicam que na formação do rendimento da cultura intervêm outros factores com uma importância igual ou superior à da população.

Idêntica tendência evidenciam, no tratamento D2, os parâmetros relativos aos sistemas com mobilização do solo enquanto que, nos tratamentos de sementeira directa - os mais afectados pela perda de população quando a sementeira é realizada na época habitual para a região - a densidade populacional surge igualmente como o principal factor limitante do rendimento.

Quadro 3.11. – Relação entre a produção real (*PROD*) nas unidades experimentais com sementeira directa, variável independente, e a produção potencial (*PROD_p*), variável dependente, obtida por análise de regressão linear simples: dimensão da amostra (*n*), ordenada na origem (*a*), declive (*b*), coeficiente de determinação (*r*²), teste de *F* à significância da regressão e testes de *t* (*t_{a0}*, *t_{b1}*) à aproximação do modelo à relação 1:1.

ano	data de sementeira	<i>n</i>	parâmetro		<i>r</i> ² %	<i>F</i>	<i>t_{a0}</i>	<i>t_{b1}</i>
			<i>a</i>	<i>b</i>				
1993 e 1997	D1	20	5.878	0.978	87.8	129.16***	1.09ns	0.40ns
1993, 1995 e 1997	D2	32	4.250	1.481	85.8	181.51***	1.19ns	4.38***

Quando a produção apresenta maior dependência da densidade populacional - tratamento D1, em 1993 e 1997, e tratamento D2 - a produção real da sementeira directa e a produção potencial da mesma população quando colocada em solo mobilizado estão estreitamente relacionadas (Quadro 3.11.).

A principal diferença reside na importância relativa da mobilização do solo. No tratamento D1 a aproximação à relação 1:1 é quase perfeita (Figura 3.1.) indicando que a menor produção da sementeira directa resulta sobretudo da baixa densidade populacional não sendo previsível, com excepção do possível impacto sobre o estabelecimento da cultura, a obtenção de acréscimos de produção com a mobilização do solo.

Pelo contrário, quando a sementeira é realizada dentro da época habitual (tratamento D2) a mesma densidade populacional permite obter, recorrendo à mobilização do solo, acréscimos de produção até cerca de 50 % superiores à conseguida com a sementeira directa (Figura 3.2.). Este valor é suficientemente elevado para, mesmo admitindo que a utilização de uma relação estabelecida com os valores do tratamento D1 possa ter influenciado em parte os resultados, sustentar a hipótese de o crescimento em solo mobilizado representar uma vantagem competitiva importante face às limitações impostas pelas condições climáticas, que são mais severas no tratamento D2.

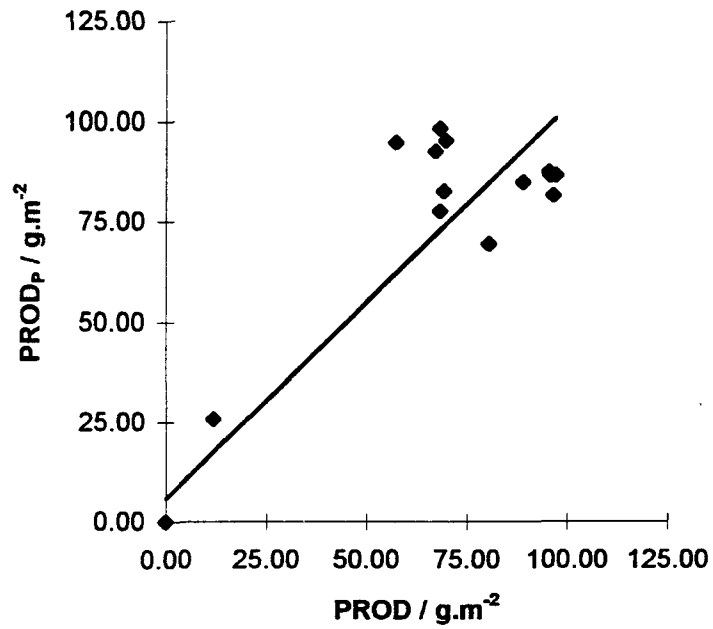


Figura 3.1. - Relação entre a produção real (*PROD*) nas unidades experimentais com sementeira directa e a produção potencial (*PROD_p*), no tratamento D1, nos anos de 1993 e 1997.

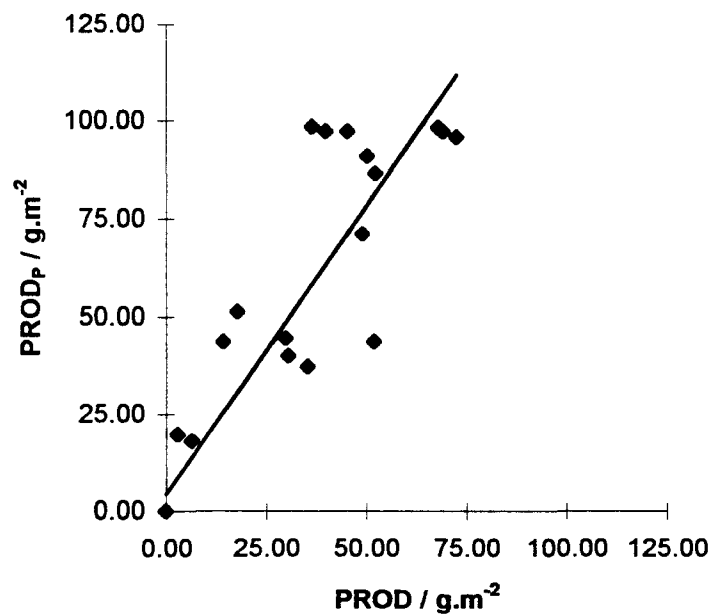


Figura 3.2. - Relação entre a produção real (*PROD*) nas unidades experimentais com sementeira directa e a produção potencial (*PROD_p*), no tratamento D2, nos anos de 1993, 1995 e 1997.

1.3.5. Conclusões gerais

A população produtiva terá sido frequentemente um factor limitante da produção durante o período de ensaios. No tratamento D2 o seu valor foi significativamente inferior ao valor de referência de 3.2 plantas.m⁻² (Barros, 2000), o mesmo sucedendo no tratamento D1 em 1993 e 1997.

A análise dos valores associados aos diferentes sistemas de mobilização permite distinguir duas tendências. Por um lado, no grupo dos sistemas com mobilização do solo, a população foi por vezes (1995 e 1996) superior ao valor de referência, ultrapassando o limite superior indicado por Jones (1984, cit. Barros, 2000) para condições de défice hídrico, o que pode ter agravado o impacto negativo deste défice sobre a produção. Para este grupo de sistemas a população terá sido um factor limitante da produção em 1993-D1, 1993-D2, 1997-D1 e 1997-D2 devido ao número insuficiente de plantas, e em 1995-D1 e 1996-D1 devido ao excesso de população. A evolução dos valores do número de grãos por unidade de área e do peso de mil grãos em 1995-D1 e 1996-D1 – em que o défice hídrico intenso durante a fase F1 (Blanchet e outros, 1990) terá agravado o efeito da maior densidade populacional - parece sustentar a hipótese de nestes anos a população ter ultrapassado o nível óptimo.

Pelo contrário na sementeira directa a população foi quase sempre inferior ao valor de referência, mais elevado neste sistema (Barros, 2000), que possivelmente terá sido ultrapassado apenas em 1995-D1. Perante estes resultados seria de admitir que, quando as diferenças de população são elevadas, o valor do peso de mil grãos fosse significativamente superior ao observado nos tratamentos com mobilização do solo, consequência como referem Merrien e Grandin (1990) de uma maior compensação entre componentes quando o número de grãos é muito afectado. No entanto a variação do peso de mil grãos com o sistema de mobilização é pequena sugerindo que, apesar da menor competição entre plantas resultante da menor densidade populacional, as condições durante o enchimento do grão pouco diferem entre sistemas de mobilização.

Deste modo, na sementeira directa, o potencial produtivo da cultura está mais dependente do número de grãos por unidade de área que é função da densidade populacional e, sobretudo quando a cultura é semeada na época habitual (tratamento D2), da disponibilidade de água nas fases que mais influenciam este componente do rendimento (v. g. Blanchet e outros, 1990; Merrien e Grandin, 1990) - F1 e F2.

A densidade populacional, que é o resultado da interacção da tecnologia de sementeira com as condições ambientais, deverá ser superior (Barros, 2000) ou pelo menos idêntica à observada nos sistemas com mobilização do solo. De entre os factores ambientais a água tem uma importância decisiva originando o défice hídrico populações menores e mais heterogéneas, com reduzido potencial produtivo (Picq, 1990). Ambos os efeitos foram observados ao longo do período de ensaios, sendo de admitir que o segundo poderá justificar em parte a falta de resposta da cultura.

No entanto a quebra de população assume uma importância muito superior, principalmente nos tratamentos de sementeira directa, para os quais se revelou decisiva a ocorrência de precipitação após a sementeira, como se pode constatar através da análise conjunta das populações relativas a 1995-D2, 1997-D1 e 1997-D2 e dos valores dos principais elementos climáticos (Quadros B.5.(b) a (d)). Nestes solos (Vertisols) o aumento do teor em água contribui para melhorar as condições físicas durante a germinação e emergência (v. g. Ferraris, 1992) efeito que é decisivo para o sucesso da sementeira directa.

A importância da tecnologia de sementeira é comprovada pelos resultados obtidos com o semeador de fresas (tratamento SDF) que são normalmente superiores aos alcançados com o semeador de disco triplo (tratamento SDD). Este efeito parece ser independente do teor de humidade do solo no momento da sementeira dado que o comportamento dos dois semeadores é semelhante quando a sementeira é realizada em condições de solo húmido, como em 1993-D2, ou em condições de solo seco, como em 1995-D2. As diferenças observadas estão relacionadas com o tipo de peças activas, que influencia a forma do sulco e a natureza do material de cobertura da semente, tema pormenorizadamente analisado por Choudhary e Baker (1994). Ao primeiro tipo de semeador, que cria um sulco em forma de U, está associado um risco de perda de população inferior (Choudhary e Baker, 1994) ao do segundo, que cria um sulco em forma de V, tendência que os dados obtidos experimentalmente verificam. No entanto a tecnologia de sementeira terá de ser avaliada e modificada de modo a reduzir ainda mais este risco, melhorando o estabelecimento da cultura, que nos anos mais desfavoráveis é insuficiente em qualquer dos tratamentos de sementeira directa estudados.

1.4. Crescimento da cultura e repartição da biomassa

1.4.1. Análise do crescimento da cultura

Os resultados do ano de 1993 associam o efeito dos factores data de sementeira (tratamentos D1 e D2) e mobilização do solo enquanto que os resultados de 1995 e 1996 expressam o efeito do factor mobilização do solo.

1.4.1.1. Análise de variância

Em 1993 (Quadro 3.12) o efeito da data de sementeira sobrepõe-se ao efeito da mobilização do solo, que é significativo para as duas variáveis (*IAF* e *DAF*) analisadas. No ano de 1995 a análise de variância revela um efeito significativo do factor mobilização do solo sobre as variáveis *DCAP* e *CRAIZ*, enquanto que, em 1996, este efeito é significativo para todas as variáveis analisadas, com excepção do diâmetro do capítulo (*DCAP*).

1.4.1.2. Efeito dos factores mobilização do solo e data de sementeira sobre o crescimento da parte aérea em 1993

A análise do crescimento da cultura (Quadros 3.13.(a) e 3.13.(b)) confirma as vantagens associadas à antecipação da data de sementeira, que se traduziram em 1993 numa diferença de produção em média de cerca de 30 g.m⁻². Ao tratamento D1 correspondem quase sempre os valores mais elevados do índice de área foliar, acentuando-se a diferença entre D1 e D2 na leitura realizada à floração. A duração da área foliar (*DAF*) é também superior no tratamento D1, quase o dobro do valor observado no tratamento D2, observando-se as maiores diferenças nos tratamentos de sementeira directa.

Quadro 3.12. - Índice de área foliar (IAF), duração da área foliar (DAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), diâmetro dos capítulos (DCAP), altura das plantas (ALT), relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (MSCAP/MSF+C), comprimento da raiz (CRAIZ), e matéria seca na raiz (MSRAIZ). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro	data	blocos		mobilizações	datas de sementeira	leituras/ profundidades
IAF	1993	ns	mobilizações	3.02*	5.26**	ns
			datas de sementeira		34.61****	5.74*
			leituras			93.79****
			mobilizações x datas			ns
	1995	ns	mobilizações	ns		ns
			leituras			5.73*
	1996	ns	mobilizações	5.59**		ns
			leituras			487.36****
DAF	1993	ns	mobilizações	2.87*	6.23****	
			datas de sementeira		80.32****	
	1995	ns	mobilizações	ns		
	1996	ns	mobilizações	5.12*		
TCC	1995	**	mobilizações	ns		
	1996	ns	mobilizações	9.43**		
DCAP	1995	ns	mobilizações	6.34**		
	1996	ns	mobilizações	ns		
ALT	1995	ns	mobilizações	4.31**		ns
			leituras			124.51****
	1996	*	mobilizações	15.24****		5.63**
			leituras			2248.23****
MSCAP/MSF+C	1995	***	mobilizações	ns		
	1996	*	mobilizações	9.65****		
CRAIZ	1995	ns	mobilizações	3.39*		ns
			profundidades			28.77****
MSRAIZ	1995	ns	mobilizações	ns		ns
			profundidades			38.53****

Quadro 3.13.(a) - Valores médios do índice de área foliar ($IAF / m^2.m^{-2}$) e da duração da área foliar (DAF / dia), no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x datas.

parâmetro	estado / fase	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM		
$IAF / m^2.m^{-2}$	E2	D1	1.570	0.993	0.990	0.905	1.383	0.932	1.543	1.188	
		D2	1.288	0.980	1.362	0.870	1.120	0.415	0.535	0.939	
		média	1.429	0.987	1.176	0.888	1.252	0.674	1.039	1.069	
	E3	D1	1.065	0.835	0.897	0.765	1.040	0.827	1.060	0.927	
		D2	0.725	0.567	0.820	0.573	0.672	0.340	0.425	0.589	
		média	0.895	0.701	0.859	0.669	0.856	0.584	0.743	0.758	
	média	D1	1.318 a	0.914 bc	0.944 bc	0.835 c	1.212 ab	0.880 bc	1.302 a	1.058	
		D2	1.007 ab	0.774 b	1.091 a	0.722 bc	0.896 ab	0.378 d	0.480 cd	0.764	
		média	1.162	0.844	1.017	0.779	1.054	0.629	0.891	0.911	
	DAF / dia	F2	D1	29.9 a	21.4 b	22.0 b	19.6 b	33.5 a	23.5 b	30.7 a	25.8
			D2	20.6 ab	16.0 abc	22.3 a	15.1 bc	18.3 ab	8.2 d	10.1 cd	15.8
			média	25.3	18.7	22.1	17.3	25.9	15.9	20.4	20.8

Quadro 3.13.(b) - Valores médios do índice de área foliar (IAF), da área foliar de cada planta (AF) e da duração da área foliar (DAF), no ano de 1993, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
IAF	D1	100	71	74	65	93	69	99	81
	D2	100	77	109	73	90	40	50	77
	média	100	74	92	69	91	54	74	79
AF	D1	100	78	99	76	69	71	77	81
	D2	100	72	81	72	70	94	102	84
	média	100	75	90	74	70	82	90	83
DAF	D1	100	72	74	66	112	79	103	86
	D2	100	78	108	73	89	40	49	77
	média	100	75	91	69	100	59	76	81

É igualmente significativa a influência dos sistemas de mobilização, embora não se possa estabelecer uma relação directa entre a intensidade da acção sobre o solo e o crescimento da cultura. Nalguns tratamentos de sementeira directa (SDF e SDM, em D1 e SDF, em D2) o crescimento é quase equivalente ao observado no sistema convencional, sendo explicado pela maior densidade populacional que compensa os menores crescimentos individuais das plantas. Já noutros (SDD e SDM, em D2) as plan-

tas apresentavam um crescimento individual equivalente ao obtido com o sistema convencional, ainda que insuficiente para compensar a grande redução da densidade populacional.

De um modo geral existe um paralelismo entre o crescimento da população e a produção da cultura, constituindo o tratamento SDF uma excepção que resulta, como sugerem os valores do peso de mil grãos, da maior dificuldade de adaptação ao défice hídrico intenso a que estiveram submetidas as plantas no período reprodutivo, principalmente no tratamento D2.

Para ambas as variáveis (*IAF* e *DAF*) o teste de Duncan permite distinguir do sistema convencional, sempre com valores inferiores, os tratamentos ESC+, ESC-, MOBP e SDD, no tratamento D1, e os tratamentos SDD e SDM, no tratamento D2.

1.4.1.3. **Efeito do factor mobilização do solo sobre o crescimento da parte aérea e da raiz em 1995**

No ano de 1995 (tratamento D1) são menos evidentes os efeitos da mobilização do solo sobre o crescimento da parte aérea da cultura (Quadros 3.14.(a), 3.14.(b)). Apenas diferem estatisticamente do sistema convencional (ALQ) os tratamentos SDF e SDM, com valores superiores do diâmetro do capítulo (*DCAP*), e os tratamentos SDD e SDM, com valores inferiores da altura das plantas (*ALT*).

Nos tratamentos de sementeira directa, principalmente em SDD e em SDM, as plantas apresentam menores crescimentos na primeira leitura que, excepto no tratamento SDF, se mantêm na segunda leitura. Neste a maior taxa de crescimento conduz praticamente à anulação da diferença inicial.

São frequentes os tratamentos em que os valores dos parâmetros analisados são superiores aos observados no sistema convencional, existindo de um modo geral correspondência entre o crescimento e a produção da cultura.

Quadro 3.14.(a) – Valores médios do índice de área foliar ($IAF / m^2.m^{-2}$), da duração da área foliar (DAF / dia), da taxa de crescimento da cultura ($TCC / g.m^{-2}.dia^{-1}$), do diâmetro dos capítulos ($DCAP / m$), da altura das plantas (ALT / m) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule ($MSCAP/MSF+C / kg.kg^{-1}$), no tratamento D1, em 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo.

parâmetro	estado / fase	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
$IAF / m^2.m^{-2}$	3/3 F1	0.580	0.635	0.634	0.677	0.527	0.446	0.220	0.531
	2/3 F3	0.346	0.330	0.287	0.423	0.478	0.338	0.471 ⁽¹⁾	0.382
	média	0.463	0.483	0.461	0.550	0.503	0.392	0.346	0.457
DAF / dia	3/3 F1 - 2/3 F3	20.7	21.7	20.6	24.8	22.4	17.5	19.1 ⁽¹⁾	21.0
$TCC / g.m^{-2}.dia^{-1}$	3/3 F1 - 2/3 F3	4.6	3.8	3.8	5.0	5.6	4.3	6.1 ⁽¹⁾	4.7
$DCAP / m$	2/3 F3	0.081 c	0.083 c	0.086 bc	0.090 bc	0.104 ab	0.076 c	0.121 a ⁽¹⁾	0.092
ALT / m	3/3 F1	0.478	0.506	0.515	0.473	0.393	0.345	0.239	0.421
	2/3 F3	0.814	0.800	0.809	0.829	0.781	0.664	0.784 ⁽¹⁾	0.783
	média	0.646 a	0.653 a	0.662 a	0.651 a	0.587 ab	0.505 b	0.512 b	0.602
$MSCAP/MSF+C / kg.kg^{-1}$	2/3 F3	0.816	0.884	0.896	0.786	0.907	0.875	0.929 ⁽¹⁾	0.870

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta

Quadro 3.14.(b) – Valores médios do índice de área foliar (IAF), da duração da área foliar (DAF), da taxa de crescimento da cultura (TCC), do diâmetro dos capítulos ($DCAP$), da altura das plantas (ALT) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule ($MSCAP/MSF+C$), no tratamento D1, em 1995, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
IAF	100	104	100	119	109	85	75	99
DAF	100	105	100	120	108	85	92	101
TCC	100	83	83	109	122	93	133	103
$DCAP$	100	102	106	111	128	94	149	113
ALT	100	101	102	101	91	78	79	93
$MSCAP/MSF+C$	100	108	110	96	111	107	114	107

O crescimento das raízes apresenta uma grande heterogeneidade não existindo uma relação evidente entre a sua distribuição em profundidade e a intensidade da acção das máquinas sobre o solo. Apesar das diferenças não terem significado estatístico os resultados (Quadros 3.15.(a), 3.15.(b)) sugerem que

a distribuição das raízes é mais homogênea em profundidade no tratamento ALQ, sendo mais heterogênea nos tratamentos ESC+, ESC- e MOBP, com os tratamentos SDF e SDD a ocuparem uma posição intermédia. A relação $CRAIZ/IAF$, variável que caracteriza a relação entre a absorção e a transpiração, também não permite identificar uma tendência clara no efeito dos sistemas de mobilização.

Quadro 3.15.(a) – Valores médios do comprimento da raiz ($CRAIZ / m.m^{-3}$), da relação entre o comprimento da raiz e o índice de área foliar ($CRAIZ/IAF / m.m^{-2}$) e da matéria seca na raiz ($MSRAIZ / kg.m^{-3}$), durante o período correspondente a 2/3 F3, no tratamento D1, no ano de 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo.

parâmetro	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
$CRAIZ / m.m^{-3}$	0.00 - 0.10	6932	12338	14052	14459	9010	9213	6106 ⁽¹⁾	10301
	0.10 - 0.20	5885	5115	5973	5798	5595	6016	5680 ⁽¹⁾	5723
	0.20 - 0.30	4825	4723	4214	4592	3589	3502	4720 ⁽¹⁾	4309
	média	5881 a	7392 a	8080 a	8283 a	6065 a	6244 a	5502 b	6778
$CRAIZ/IAF / m.m^{-2}$		16997	22400	28153	19582	12688	18473	11682 ⁽¹⁾	18568
	0.00 - 0.10	0.017	0.027	0.029	0.039	0.027	0.030	0.017 ⁽¹⁾	0.027
	0.10 - 0.20	0.012	0.012	0.012	0.015	0.013	0.017	0.018 ⁽¹⁾	0.014
	0.20 - 0.30	0.012	0.010	0.010	0.012	0.008	0.013	0.012 ⁽¹⁾	0.011
média	0.014	0.016	0.017	0.022	0.016	0.020	0.016	0.017	

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta

Quadro 3.15.(b) – Valores médios do comprimento da raiz ($CRAIZ$), da relação entre o comprimento da raiz na camada 0.00 – 0.10 m e o índice de área foliar ($CRAIZ/IAF$) e da matéria seca na raiz ($MSRAIZ$), durante o período correspondente a 2/3 F3, no tratamento D1, no ano de 1995, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
$CRAIZ$	100	126	137	141	103	106	94	115
$CRAIZ/IAF$	100	198	241	178	100	159	35	144
$MSRAIZ$	100	114	121	157	114	143	114	123

1.4.1.4. Efeito do factor mobilização do solo sobre o crescimento da parte aérea em 1996

No ano de 1996 (tratamento D1) a mobilização do solo influencia praticamente todos dos parâmetros analisados, que apresentam no sistema convencional valores sempre superiores aos observados nos restantes tratamentos (Quadros 3.16.(a) e 3.16.(b)). Para estas diferenças, que se estabeleceram praticamente desde o início, contribuem os maiores crescimentos de cada planta e a maior densidade populacional. No entanto, a produção nem sempre acompanha o crescimento tendo aparentemente beneficiado, nos tratamentos SDF e SDD, da menor competição entre plantas, que terá conferido maior capacidade de resposta ao défice hídrico muito intenso que se estabeleceu desde o início.

Diferem estatisticamente do sistema convencional os tratamentos ESC+, MOBP, SDF e SDD, relativamente às variáveis *IAF*, *DAF*, *TCC*, e *ALT*, e os tratamentos MOBP, SDF e SDD, relativamente à variável *MSCAP/MSF+C*.

Quadro 3.16.(a) – Valores médios do índice de área foliar (*IAF* / m².m⁻²), da duração da área foliar (*DAF* / dia), da taxa de crescimento da cultura (*TCC* / g.m⁻².dia⁻¹), do diâmetro dos capítulos (*DCAP* / m), da altura das plantas (*ALT* / m) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (*MSCAP/MSF+C* / kg.kg⁻¹), no tratamento D1, em 1996. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e da interacção mobilizações x leituras.

parâmetro	estado / fase	tratamento de mobilização do solo					média
		ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
<i>IAF</i> / m ² .m ⁻²	2/3 F1	0.170	0.092	0.049	0.040	0.067	0.084
	2-3/3 F2	0.733	0.492	0.477	0.638	0.455	0.559
	média	0.452 a	0.292 b	0.263 b	0.339 b	0.261 b	0.322
<i>DAF</i> / dia	2/3 F1 - 2-3/3 F2	23.4 a	15.2 b	13.7 b	17.6 b	13.6 b	16.7
<i>TCC</i> / g.m ⁻² .dia ⁻¹	2/3 F1 - 2-3/3 F2	8.1 a	5.2 b	4.1 b	5.3 b	3.9 b	5.3
<i>DCAP</i> / m	2-3/3 F2	0.114	0.091	0.112	0.085	0.074	0.095
<i>ALT</i> / m	2/3 F1	0.195 a	0.148 b	0.100 cd	0.089 d	0.115 c	0.129
	2-3/3 F2	1.228 a	0.937 b	0.939 b	0.984 b	0.930 b	1.003
	média	0.712	0.543	0.520	0.537	0.523	0.566
<i>MSCAP/MSF+C</i> / kg.kg ⁻¹	2-3/3 F2	0.275 a	0.271 a	0.193 b	0.201 b	0.218 b	0.232

Quadro 3.16.(b) – Valores médios do índice de área foliar (*IAF*), da duração da área foliar (*DAF*), da taxa de crescimento da cultura (*TCC*), do diâmetro dos capítulos (*DCAP*) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule (*MSCAP/MSF+C*), no tratamento D1, em 1996, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	tratamento de mobilização do solo					média
	ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
<i>IAF</i>	100	65	58	75	58	71
<i>DAF</i>	100	65	59	75	58	71
<i>TCC</i>	100	64	51	65	48	66
<i>DCAP</i>	100	80	98	75	65	84
<i>ALT</i>	100	76	73	75	73	79
<i>MSCAP/MSF+C</i>	100	99	70	73	79	84

1.4.2. Repartição da biomassa e crescimento da planta no fim do ciclo cultural

1.4.2.1. Repartição da biomassa

A análise de variância (Quadro 3.17.) revela, em geral, um efeito significativo dos factores ano, mobilização do solo e data de sementeira, ou da sua interacção, sobre as variáveis *IC* e *MSCAP/MSF+C*. O efeito do ano e, principalmente, da data de sementeira é mais importante que o da mobilização do solo.

Os valores do índice de colheita (*IC*) e da relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule (*MSCAP/MSF+C*) (Quadros 3.18.(a) e 3.18.(b)) reflectem essencialmente as condições de crescimento, nomeadamente a disponibilidade de água, nas diferentes fases do ciclo cultural, principalmente nos períodos de crescimento activo (fase F1) e de floração (fase F2).

De um modo geral a antecipação da data de sementeira conduziu a valores mais baixos de *IC* e *MSCAP/MSF+C*, provavelmente devido ao maior impacto do défice hídrico que ocorreu durante a floração, sobre uma população mais numerosa, sobretudo nos tratamentos com mobilização do solo, e constituída por plantas mais desenvolvidas. Este efeito é mais evidente em 1995, ano em que se observaram as densidades mais elevadas. Aos tratamentos de sementeira directa correspondem quase sempre os valores mais elevados das duas variáveis, embora as diferenças entre sistemas nem sempre sejam significativas.

Relativamente à variável *IC* o teste de Duncan permite distinguir do sistema convencional, em geral com valores superiores a este, os tratamentos ESC-, MOBP, SDD, em 1993-D1, SDF e SDD, em 1993-D2, SDF e SDM, em 1995-D1 e SDF e SDD, em 1996. Quanto à variável *MSCAP/MSF+C* diferenciam-se, da mobilização convencional, os tratamentos SDD, em 1993-D1, SDM, em 1995-D1 e SDD e SDM, em 1995-D2, os dois últimos com valores inferiores ao observado no tratamento ALQ.

Quadro 3.17. – Índice de colheita (*IC*) e relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule (*MSCAP/MSF+C*). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	blocos	anos	mobilizações	datas de sementeira
<i>IC</i>	1993, 1995 e 1996	anos	36.03***	3.33**	
		mobilizações		6.41***	
	1993 e 1995	anos	6.64*	4.41**	ns
		mobilizações		2.63*	ns
		datas de sementeira			26.10***
		anos x mobilizações			4.49**
	1993, 1995 e 1996	anos	5.22*	2.53*	
		mobilizações		4.94**	
<i>MSCAP / MSF+C</i>	1993, 1995 e 1996	anos	ns	5.52***	ns
		mobilizações		ns	ns
	1993 e 1995	datas de sementeira			19.84***
		anos x mobilizações			4.35**

Quadro 3.18.(a) – Índice de colheita ($IC / \text{kg.kg}^{-1}$) e relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule ($MSCAP/MSF+C / \text{kg.kg}^{-1}$). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações e anos x mobilizações x datas.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM		
$IC / \text{kg.kg}^{-1}$	1993	D1	0.27 b	0.32 ab	0.34 a	0.35 a	0.29 b	0.35 a	0.30 b	0.32	
		D2	0.33 bc	0.32 cd	0.33 bc	0.36 abc	0.28 d	0.38 a	0.38 ab	0.34	
		média	0.30	0.32	0.34	0.35	0.28	0.37	0.34	0.33	
	1995	D1	0.25 c	0.24 c	0.25 c	0.25 c	0.32 b	0.27 c	0.38 a ⁽¹⁾	0.28	
		D2	0.34 abcd	0.30 cd	0.29 d	0.34 abc	0.38 a	0.35 ab ⁽¹⁾	0.31 bcd ⁽¹⁾	0.33	
		média	0.29	0.27	0.27	0.29	0.35	0.31	0.35	0.30	
	1996	D1	0.19 b	0.19 b	—	0.23 ab	0.27 a	0.25 a	—	0.23	
	1997 ⁽²⁾	D1	0.33	0.35	—	0.34	0.28 ⁽³⁾	—	—	0.33	
			21	6	—	3	—	—	—	—	
		D2	0.26	0.23	—	0.28	—	—	—	0.26	
			19	17	—	7	—	—	—	—	
		média	0.30	0.29	—	0.31	—	—	—	0.30	
	$MSCAP/MSF+C / \text{kg.kg}^{-1}$	1993	D1	1.075 b	1.282 ab	1.589 ab	1.533 ab	1.193 b	1.785 a	1.237 ab	1.385
			D2	1.419 ab	1.525 ab	1.634 ab	1.773 a	1.181 b	1.869 a	1.884 a	1.612
			média	1.247	1.404	1.612	1.653	1.187	1.827	1.561	1.499
1995		D1	1.163 b	1.171 b	1.110 b	1.114 b	1.643 ab	1.324 b	1.985 a ⁽¹⁾	1.359	
		D2	1.896 ab	1.961 ab	1.475 bc	1.926 ab	2.277 a	1.221 c ⁽¹⁾	1.247 c ⁽¹⁾	1.715	
		média	1.530	1.566	1.293	1.520	1.960	1.273	1.616	1.537	
1996		D1	0.854 a	0.969 a	—	1.093 a	1.242 a	1.145 a	—	1.061	
1997 ⁽²⁾		D1	1.735	1.615	—	1.518	1.120 ⁽³⁾	—	—	1.497	
			23	13	—	10	—	—	—	—	
		D2	1.480	1.427	—	1.511	—	—	—	1.473	
			11	12	—	16	—	—	—	—	
		média	1.608	1.521	—	1.515	—	—	—	1.485	

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta, (2) em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), (3) resultados de uma única unidade experimental

Quadro 3.18.(b) – Índice de colheita (*IC* / %) e relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e caule (*MSCAP/MSF+C* / %) expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
<i>IC</i> / %	1993 a 1997	D1	100	105	113	113	126	123	132	116
		D2	100	91	93	106	98	109	103	100
		média	100	98	103	110	112	116	117	108
<i>MSCAP/MSF+C</i> / %	1993 a 1997	D1	100	107	122	113	133	138	143	122
		D2	100	102	96	110	102	98	99	101
		média	100	105	109	112	117	118	121	112

1.4.2.2. Altura das plantas e diâmetro do capítulo

O Quadro 3.19. inclui uma síntese dos resultados das análises de variância relativas aos parâmetros utilizados para caracterizar o crescimento das plantas no fim do ciclo cultural: altura das plantas (*ALT*) e diâmetro do capítulo (*DCAP*). A análise de variância revela, em geral, um efeito significativo dos factores ano, mobilização do solo e data de sementeira, ou da sua interacção, sobre as variáveis *ALT* e *DCAP*. O efeito do ano, principalmente no caso da variável *ALT*, sobrepõem-se ao efeito da mobilização do solo e da data de sementeira.

O efeito dos tratamentos (Quadros 3.20.(a) e 3.20.(b)) sobre a altura das plantas (*ALT*) traduziu-se em geral por um impacto negativo, mas pouco significativo, da antecipação da data de sementeira e da redução da intensidade da acção sobre o solo. O diâmetro dos capítulos (*DCAP*) apresentou maiores diferenças, que acompanham praticamente as variações na população produtiva, com os valores mais elevados associados às densidades menores e, deste modo, ao tratamento D2 e aos sistemas com sementeira directa.

Relativamente à variável *ALT* o teste de Duncan permite distinguir, do sistema convencional e sempre com valores inferiores a este, os tratamentos ESC-, MOBP, SDD, em 1993, SDD, em 1995, ESC-, MOBP, SDD e SDF, em 1996. Quanto à variável *DCAP* diferenciam-se da mobilização convencional os tratamentos SDM, em 1995-D1 e SDF e SDM, em 1995-D2, apenas o último com valores inferiores ao observado no tratamento ALQ.

Quadro 3.19. – Altura das plantas (*ALT*) e diâmetro dos capítulos (*DCAP*). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F estatisticamente significativos e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	blocos	anos	mobilizações	datas de sementeira
<i>ALT</i>	1993, 1995 e 1996	anos	246.74***	2.93*	
		mobilizações		11.72***	
	1993 e 1995	anos	1465.75***	2.43*	ns
		mobilizações		3.86**	ns
		datas de sementeira			6.15*
		anos x mobilizações			ns
<i>DCAP</i>	1993, 1995 e 1996	anos	185.03***	ns	
		mobilizações		ns	
	1993 e 1995	anos	490.67***	2.84*	ns
		mobilizações		ns	3.26*
		datas de sementeira			33.20***
		anos x mobilizações			6.54***

Quadro 3.20.(a) – Altura das plantas (ALT / m) e diâmetro dos capítulos (DCAP / m). Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e das interações anos x mobilizações e anos x mobilizações x datas.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo						média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
ALT / m	1993	D1	1.185	1.164	1.116	1.091	1.171	1.109	1.145	1.140
		D2	1.196	1.168	1.162	1.147	1.213	1.136	1.160	1.169
		média	1.190 a	1.166 ab	1.139 b	1.119 b	1.192 a	1.123 b	1.152 ab	1.154
	1995	D1	0.856	0.817	0.841	0.848	0.827	0.726	0.805 ⁽¹⁾	0.817
		D2	0.856	0.797	0.842	0.853	0.816	0.832 ⁽¹⁾	0.856 ⁽¹⁾	0.836
		média	0.856 a	0.807 ab	0.842 a	0.850 a	0.822 ab	0.779 b	0.831 a	0.827
	1996	D1	1.116 a	0.976 b	—	0.986 b	1.003 b	0.976 b	—	1.011
		D1	1.144	1.084	—	1.080	1.170 ⁽³⁾	—	—	1.120
		3	3	—	5	—	—	—	—	—
	1997 ⁽²⁾	D2	1.115	1.050	—	1.070	—	—	—	1.078
		7	6	—	5	—	—	—	—	—
		média	1.130	1.067	—	1.075	—	—	—	1.099
DCAP / m	1993	D1	0.195 ab	0.192 ab	0.215 a	0.181 b	0.178 b	0.189 b	0.187 b	0.191
		D2	0.210 ab	0.192 b	0.201 b	0.202 b	0.197 b	0.229 a	0.232 a	0.209
		média	0.203	0.192	0.208	0.192	0.188	0.209	0.210	0.200
	1995	D1	0.098 bc	0.092 c	0.103 bc	0.102 bc	0.120 ab	0.103 bc	0.139 a ⁽¹⁾	0.108
		D2	0.125 bc	0.109 cd	0.112 cd	0.139 ab	0.152 a	0.124 bc ⁽¹⁾	0.100 d ⁽¹⁾	0.123
		média	0.112	0.100	0.108	0.121	0.136	0.114	0.120	0.116
	1996	D1	0.118	0.111	—	0.123	0.136	0.128	—	0.123
		D1	0.227	0.199	—	0.191	0.165 ⁽³⁾	—	—	0.196
		12	10	—	6	—	—	—	—	—
	1997 ⁽²⁾	D2	0.150	0.125	—	0.140	—	—	—	0.138
		19	9	—	7	—	—	—	—	—
		média	0.189	0.162	—	0.166	—	—	—	0.167

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta, (2) em 1997, em D1 e D2, média e coeficiente de variação (CV / %), (3) resultados de uma única unidade experimental

Quadro 3.20.(b) – Altura das plantas (*ALT* / %) e diâmetro dos capítulos (*DCAP* / %) expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	data de sementeira	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
<i>ALT</i> / %	1993 a 1997	D1	100	94	96	93	95	89	95	95
		D2	100	95	98	97	98	96	98	98
		média	100	94	97	95	97	92	97	96
<i>DCAP</i> / %	1993 a 1997	D1	100	94	108	96	110	103	119	104
		D2	100	87	93	100	108	104	95	98
		média	100	90	100	98	109	104	107	95

1.4.3. Conclusões gerais

Na análise do crescimento apenas a primeira leitura de 1993-D1 e 1993-D2 corresponde a condições que se pode admitir serem não limitantes ou de stress hídrico moderado. Neste ano a resposta da cultura reflecte a maior disponibilidade de água, ultrapassando o índice de área foliar, apesar das baixas densidades populacionais, o limite máximo de 1.0 observado por Bremner e outros (1986) em condições de défice prolongado. Nos anos de 1995 e 1996 a situação inverte-se e os valores são sempre inferiores a 1.0.

O efeito da data de sementeira, analisado em 1993, está de acordo com os resultados obtidos por Barros (2000) tendo a sua antecipação contribuído para o aumento da duração da área foliar entre o aparecimento do botão floral e a floração, parâmetro que está relacionado com a disponibilidade de água (Merrien e Grandin, 1990).

Em todas as amostragens, mesmo em 1993 (dados não apresentados) e neste ano sobretudo no tratamento D2, observaram-se menores crescimentos individuais na sementeira directa, consequência do atraso inicial da cultura também referido por outros autores (v. g. Thomas e outros, 1990; Thorburn, 1992; Basch e outros, 1998). Em 1996 este efeito foi observado também nos sistemas de mobilização reduzida.

No entanto, nem sempre este atraso inicial comprometeu a produção dos tratamentos de sementeira directa. Os tratamentos ALQ e SDF em 1996 são exemplo de dois trajectos diferentes que, num ano em que a diferença $R - ET_C$ apresentou valores elevados durante as fases F1 e F2, conduzem a pro-

duções quase idênticas. Esta observação e a evolução dos elementos climáticos típica do clima mediterrâneo em que é frequente a ocorrência de um déficit hídrico severo durante a fase reprodutiva (Ferreris e outros, 1986) sugere a hipótese de o maior crescimento associado ao sistema convencional nem sempre constituir uma garantia de melhores resultados, como os observados em 1993.

Os resultados relativos ao crescimento das raízes não explicam as diferenças de crescimento observadas na parte aérea nem as suas relações com a produção. Por exemplo, os tratamentos de sementeira directa SDF e SDD, que apresentam em 1995-D1 crescimentos e sobretudo produções diferentes têm uma distribuição das raízes muito semelhante. Entre as causas desta ausência de resposta pode estar a pouca influência do déficit hídrico sobre o crescimento da raiz do girassol (Morizet e Merrien, 1990) e a grande capacidade de absorção das raízes desta planta, mesmo quando a sua densidade e / ou distribuição são afectadas (Bremner e outros, 1986).

A tendência para a repartição da biomassa no sentido da inflorescência ser favorecida pela sementeira na época habitual (tratamento D2) e pelos tratamentos de sementeira directa é concordante com a evolução do déficit hídrico entre datas. Esta observação sugere uma melhor adaptação das plantas do tratamento D2 em que o déficit se estabelece mais cedo (v. g. Blanchet e outros, 1990; Morizet e Merrien, 1990; Piquemal e outros, 1990). Aparentemente quando as condições favorecem o crescimento vegetativo, o que sucede com maior frequência no tratamento D1, as consequências de um *stress* hídrico abrupto são mais negativas. Os resultados sugerem também maiores limitações à absorção de água na sementeira directa relativamente ao desenvolvimento em solo mobilizado. A explicação para a falta de correspondência entre os maiores crescimentos observados nos tratamentos com mobilização do solo, nomeadamente o sistema convencional, e a produção pode encontrar-se também na pior adaptação ao déficit hídrico.

2. Efeito dos sistemas de mobilização sobre as propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo

2.1. Propriedades mecânicas do solo

2.1.1. Análise de variância

No Quadro 3.21. apresenta-se uma síntese dos resultados das análises de variância relativas à massa volúmica aparente do solo e à resistência do solo à penetração.

O efeito da mobilização do solo é significativo para todas as variáveis analisadas embora, em geral, os efeitos da profundidade e, em 1997, da profundidade e da leitura sejam dominantes. A interacção mobilizações x profundidades é igualmente significativa reflectindo as diferenças na intensidade da acção de cada sistema sobre o solo.

2.1.2. Massa volúmica aparente

Nos Quadros 3.22.(a) e 3.22.(b) apresentam-se os valores médios da massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap}). O Quadro F.1. inclui os valores do teor de água no solo no momento da determinação da massa volúmica aparente.

Os valores da massa volúmica aparente (ρ_{ap}) são em geral mais baixos nos sistemas em que a intensidade da acção sobre o solo é maior, em particular no tratamento ALQ, aumentam em profundidade e, de forma menos acentuada, com o tempo. Os valores do teor de água no momento da determinação (Quadro F.1) mostram que não é provável que as diferenças observadas sejam originadas por variações do volume aparente resultantes do efeito dos tratamentos sobre a distribuição da água no solo.

As diferenças entre tratamentos são maiores próximo da superfície e decrescem com o aumento da profundidade, não permitindo o teste de Duncan distinguir os tratamentos de mobilização do solo a partir da medição com a sonda a 0.25 m.

Quadro 3.21. – Massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap}) e resistência do solo à penetração (Cf). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	blocos		mobilizações	datas / posições	profundidades	leituras
ρ_{ap}	1993	**	mobilizações	6.12***		3.80***	4.41***
			profundidades			106.26***	4.02***
			leituras				18.71***
			mobilizações x profundidades				ns
	1993	ns	mobilizações	5.97***		4.58***	
			profundidades			499.94***	
	1993 (L) ⁽¹⁾	ns	mobilizações	22.08***		6.60***	
			profundidades			312.99***	
	1996	ns	mobilizações	14.52***	2.39*	8.90***	
			posições		ns	7.57***	
			profundidades			106.86***	
			mobilizações x posições			ns	
1996 (L)	*	mobilizações	18.55**		6.04***		
		profundidades			44.73***		
Cf			mobilizações	16.60***	4.42**	24.03***	46.94***
			posições		14.03**	4.23***	22.23***
			profundidades			99.51***	11.68***
			leituras				1853.62***
	1997	ns	mobilizações x posições			1.55*	3.72***
			mobilizações x profundidades				2.62***
			posições x profundidades				ns
			mobilizações x posições x profundidades				ns
	1997 (L)	ns	mobilizações	35.78***		6.41***	29.39***
			profundidades			35.19***	21.23***
			leituras				1653.62***
			mobilizações x profundidades				5.17***

(1) L = perfil na linha de sementeira

Quadro 3.22.(a) – Massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap} / Mg.m⁻³) no tratamento D1, no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios das interações mobilizações x profundidades, mobilizações x leituras e profundidades x leituras.

estado / fase	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1/3 F1	0.03	1.120	1.165	1.147	1.092	1.306	1.417	1.408	1.236 c
	0.05	1.100	1.201	1.177	1.194	1.362	1.403	1.428	1.266 c
	0.10	1.309	1.405	1.515	1.560	1.529	1.573	1.575	1.495 b
	0.15	1.347	1.443	1.608	1.614	1.592	1.579	1.612	1.542 ab
	0.20	1.353	1.501	1.626	1.611	1.599	1.562	1.614	1.552 ab
	0.25	1.380	1.546	1.618	1.612	1.600	1.547	1.605	1.558 a
	0.30	1.497	1.551 ⁽¹⁾	1.607	1.592	1.581	1.523	1.582	1.562 a
	0.35	1.538	1.580 ⁽¹⁾	1.595	1.597	1.571	1.556	1.598	1.576 a
	0.40	1.572	1.577 ⁽¹⁾	1.606	1.599	1.625	1.612	1.622	1.602 a
média		1.357 d	1.441 c	1.500 b	1.497 b	1.529 ab	1.530 ab	1.560 a	1.488
2/3 F2	0.03	1.092	1.305	1.357	1.217	1.380	1.325	1.382	1.294 c
	0.05	1.182	1.382	1.463	1.426	1.461	1.379	1.458	1.393 b
	0.10	1.438	1.462	1.648	1.619	1.600	1.585	1.639	1.570 a
	0.15	1.366	1.534	1.651	1.643	1.622	1.615	1.649	1.583 a
	0.20	1.365	1.661	1.649	1.631	1.604	1.598	1.634	1.592 a
	0.25	1.415	1.675	1.640	1.616	1.571	1.588	1.604	1.587 a
	0.30	1.523	1.644	1.609	1.578	1.545	1.535	1.543	1.568 a
	0.35	1.599	1.650	1.584	1.549	1.547	1.493	1.505	1.561 a
	0.40	1.622	1.669	1.560	1.535	1.558	1.553	1.497	1.571 a
média		1.400 c	1.554 ab	1.573 a	1.535 ab	1.543 ab	1.519 b	1.546 ab	1.524
média	0.03	1.107 c	1.235 b	1.252 b	1.155 c	1.343 a	1.371 a	1.395 a	1.292
	0.05	1.141 c	1.291 b	1.320 b	1.310 b	1.412 a	1.391 a	1.443 a	1.330
	0.10	1.373 b	1.433 b	1.581 a	1.590 a	1.564 a	1.579 a	1.607 a	1.532
	0.15	1.356 c	1.488 b	1.629 a	1.629 a	1.607 a	1.597 a	1.631 a	1.562
	0.20	1.359 b	1.581 a	1.638 a	1.621 a	1.602 a	1.580 a	1.624 a	1.572
	0.25	1.398 b	1.610 a	1.629 a	1.614 a	1.586 a	1.567 a	1.604 a	1.573
	0.30	1.510 b	1.597 ab	1.608 a	1.585 ab	1.563 ab	1.529 ab	1.562 ab	1.565
	0.35	1.568 a	1.615 a	1.590 a	1.573 a	1.559 a	1.525 a	1.551 a	1.569
	0.40	1.597 a	1.623 a	1.583 a	1.567 a	1.591 a	1.582 a	1.560 a	1.586
média		1.413	1.497	1.537	1.516	1.536	1.525	1.553	1.509

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta

Quadro 3.22.(b) – Valores médios da massa volúmica aparente do solo (ρ_{ap}) no tratamento D1, no ano de 1993, expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

estado / fase	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1/3 F1	100	106	111	110	113	113	115	110
2/3 F2	100	111	112	110	110	109	110	109
média	100	109	111	110	111	111	113	109

2.1.3. Resistência do solo à penetração

2.1.3.1. Resistência do solo à penetração nas unidades experimentais

Nos Quadros 3.23., 3.24.(a), 3.24.(b), 3.25.(a), 3.25.(b), 3.25.(c), 3.25.(d), 3.25.(e) apresentam-se os valores médios da resistência do solo à penetração. Os Quadros F.2., F.3., F.4.(a) e F.4.(b) incluem os valores do teor de água no solo no momento da determinação da resistência à penetração.

A distribuição em profundidade dos valores da resistência do solo à penetração apresenta uma tendência semelhante à descrita para a variável ρ_{ap} , o que está de acordo com a tendência observada por outros autores (Blackwell e outros, 1986 e Douglas e outros, 1986, cit. Guérif, 1994). Identificam-se facilmente as camadas influenciadas por cada um dos sistemas de mobilização e o teste de Duncan permite, em geral, localizar estes efeitos. Os valores do teor de água no momento da determinação (Quadros F.2., F.3., F.4.(a) e F.4.(b)) mostram que não é provável que as diferenças observadas na resistência mecânica sejam originadas pelo efeito dos tratamentos sobre a distribuição da água no solo. Apenas no tratamento SDD, na primeira leitura de 1997, é de admitir que o perfil hídrico explique em parte os elevados valores registados a profundidades superiores a 0.10 m.

Quadro 3.23. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C/ MPa), no período 3/3 F0, no tratamento D1, no ano de 1993. Perfis médios obtidos a partir de medições nas zonas da linha e da entrelinha da cultura. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interação mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
0.020	0.03 a	0.04 a	0.04 a	0.02 a	0.09 a	0.07 a	0.14 a	0.06
0.055	0.20 d	0.30 cd	0.36 bc	0.32 bc	0.52 b	0.73 a	0.87 a	0.47
0.090	0.51 d	0.63 cd	0.76 bc	0.73 bc	0.83 b	1.03 a	1.15 a	0.81
0.125	0.67 b	0.79 b	1.19 a	1.23 a	1.23 a	1.32 a	1.39 a	1.12
0.160	0.77 b	0.94 b	1.60 a	1.42 a	1.53 a	1.49 a	1.55 a	1.33
0.195	0.84 c	1.24 b	1.80 a	1.57 a	1.73 a	1.55 a	1.69 a	1.49
0.230	1.03 c	1.54 b	1.88 a	1.62 ab	1.71 ab	1.60 ab	1.84 a	1.60
0.265	1.07 c	1.58 b	1.91 a	1.60 b	1.68 ab	1.68 ab	1.84 ab	1.63
0.300	1.17 b	1.68 a	1.78 a	1.66 a	1.83 a	1.66 a	1.87 a	1.67
0.335	1.35 b	1.66 a	1.79 a	1.61 a	1.79 a	1.72 a	1.79 a	1.68
0.370	1.50 b	1.83 a	1.69 ab	1.60 ab	1.68 ab	1.66 ab	1.74 ab	1.67
0.405	1.68 a	1.86 a	1.70 a	1.73 a	1.64 a	1.71 a	1.77 a	1.73
0.440	1.88 ab	2.10 a	1.75 ab	1.72 b	1.76 ab	1.93 ab	1.77 ab	1.84
média	0.98	1.24	1.40	1.29	1.39	1.40	1.49	1.31
	100 ⁽¹⁾	127	143	132	142	143	152	—

⁽¹⁾ percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.24.(a) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C / MPa), no estado E1, no tratamento D1, no ano de 1996. Perfis médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L), nos tratamentos com mobilização do solo. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo											
	ALQ				ESC+				MOBP			
	ER	L	E	média	ER	L	E	média	ER	L	E	média
0.00 – 0.05	0.76	0.23	0.27	0.42 d ⁽¹⁾	0.82	0.42	0.36	0.53 c	0.71	0.48	0.36	0.52 c
0.05 – 0.10	0.76	0.44	0.41	0.54 c	0.70	0.57	0.50	0.59 c	0.83	0.81	0.61	0.75 b
0.10 – 0.15	0.68	0.46	0.47	0.54 c	0.67	0.61	0.57	0.62 c	0.97	0.96	0.88	0.94 b
0.15 – 0.20	0.61	0.51	0.53	0.55 c	0.83	0.76	0.65	0.74 b	1.12	1.09	1.05	1.09 a
0.20 – 0.25	0.63	0.49	0.65	0.59 c	1.09	1.05	0.96	1.03 b	1.23	1.17	1.23	1.21 a
0.25 – 0.30	0.67	0.52	0.70	0.63 b	1.24	1.25	1.26	1.25 a	1.20	1.16	1.29	1.22 a
0.30 – 0.35	0.89	0.56	0.67	0.70 c	1.33	1.29	1.25	1.29 a	1.14	1.16	1.18	1.16 b
0.35 – 0.40	0.93	0.66	0.67	0.75 c	1.43	1.34	1.29	1.35 a	1.16	1.19	1.17	1.17 b
média	0.74	0.48	0.54	0.59	1.01	0.91	0.85	0.93	1.04	1.00	0.97	1.01
	100 ⁽²⁾	100	100	100	136	190	157	158	141	208	180	171

⁽¹⁾ a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.24.(a) e (b), ⁽²⁾ percentagem do valor médio do tratamento ALQ

A resistência mecânica apresenta também anisotropia horizontal, encontrando-se a maior variação nas camadas mais superficiais dos tratamentos com mobilização do solo (ALQ, ESC+, MOBP). Nestes casos os valores são mais elevados na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER). Na sementeira directa os perfis são quase idênticos, com excepção da zona da linha, na camada influenciada pelas peças activas do semeador.

A variação sazonal do teor de água afecta de forma muito significativa a resistência mecânica do solo, como mostram os resultados relativos a 1997, tendo contribuído, sobretudo na sementeira directa, para uma redução importante das limitações impostas ao crescimento das raízes.

Quadro 3.24.(b) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_i / MPa), no estado E1, no tratamento D1, no ano de 1996. Perfis médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L), nos tratamentos de sementeira directa. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo								média
	SDF				SDD				
	ER	L	E	média	ER	L	E	média	
0.00 – 0.05	1.19	0.60	1.09	0.96 b ⁽¹⁾	1.20	0.90	1.19	1.10 a	0.71
0.05 – 0.10	1.08	0.96	1.13	1.06 a	1.20	1.10	1.17	1.16 a	0.82
0.10 – 0.15	1.04	1.14	1.14	1.10 a	1.20	1.08	1.27	1.18 a	0.88
0.15 – 0.20	1.18	1.22	1.13	1.18 a	1.17	1.19	1.29	1.22 a	0.96
0.20 – 0.25	1.26	1.34	1.25	1.28 a	1.10	1.27	1.49	1.28 a	1.08
0.25 – 0.30	1.32	1.34	1.29	1.31 a	1.08	1.30	1.61	1.33 a	1.15
0.30 – 0.35	1.26	1.39	1.29	1.31 a	1.21	1.30	1.63	1.38 a	1.17
0.35 – 0.40	1.35	1.41	1.26	1.34 a	1.34	1.46	1.59	1.46 a	1.21
média	1.21	1.18	1.20	1.19	1.19	1.20	1.40	1.26	1.00
	164 ⁽²⁾	246	222	202	161	250	259	214	—

(1) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.24.(a) e (b), (2) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.25.(a) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_i / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento ALQ. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.

prof. / m	L1				L2			
	ER	L	E	média	ER	L	E	média
0.00 – 0.05	1.10	0.90	0.65	0.88 c ⁽¹⁾	0.40	0.31	0.34	0.35 b ⁽²⁾
0.05 – 0.10	1.55	1.38	1.17	1.37 c	0.71	0.53	0.52	0.59 b
0.10 – 0.15	1.47	1.29	1.00	1.25 c	0.78	0.67	0.54	0.67 c
0.15 – 0.20	1.38	1.23	0.98	1.19 c	0.86	0.65	0.59	0.70 b
0.20 – 0.25	1.21	1.29	0.94	1.14 d	0.85	0.68	0.69	0.74 b
0.25 – 0.30	1.35	1.31	0.93	1.20 d	0.91	0.72	0.65	0.76 b
0.30 – 0.35	1.73	1.49	1.07	1.43 d	0.92	0.85	0.73	0.83 b
0.35 – 0.40	2.18	1.70	1.18	1.69 d	0.92	0.99	0.74	0.89 c
média	1.50	1.32	0.99	1.27	0.79	0.68	0.60	0.69
	100 ⁽³⁾	100	100	100	100	100	100	100

(1) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L1, (2) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L2, (3) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.25.(b) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_i / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento ESC+. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.

prof. / m	L1				L2			
	ER	L	E	média	ER	L	E	média
0.00 – 0.05	1.54	0.77	0.66	0.99 c	0.55	0.47	0.38	0.46 b
0.05 – 0.10	2.11	1.39	1.18	1.56 c	0.78	0.71	0.58	0.69 b
0.10 – 0.15	1.88	1.33	1.11	1.44 c	0.72	0.74	0.69	0.71 c
0.15 – 0.20	1.66	1.26	1.25	1.39 c	0.71	0.72	0.76	0.73 b
0.20 – 0.25	1.86	1.20	1.49	1.51 c	0.81	0.83	0.95	0.86 b
0.25 – 0.30	1.90	1.60	1.73	1.74 c	1.09	1.04	1.16	1.10 a
0.30 – 0.35	2.05	1.57	1.85	1.82 bc	1.41	1.11	1.28	1.26 a
0.35 – 0.40	2.36	1.72	2.01	2.03 bc	1.47	1.37	1.46	1.43 a
média	1.92	1.36	1.41	1.56	0.94	0.87	0.91	0.91
	128 ⁽³⁾	103	142	123	119	128	152	132

(1) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L1, (2) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L2, (3) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.25.(c) – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_i / MPa), no estado E1 (L1) e período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento MOBP. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.

prof. / m	L1				L2			
	ER	L	E	média	ER	L	E	média
0.00 – 0.05	1.03	0.39	0.56	0.66 d	0.49	0.40	0.29	0.40 b
0.05 – 0.10	2.24	1.31	1.47	1.67 c	0.79	0.64	0.69	0.71 b
0.10 – 0.15	2.04	1.56	1.95	1.85 b	0.89	0.88	1.05	0.94 b
0.15 – 0.20	1.85	1.74	2.17	1.92 b	1.02	1.09	1.29	1.13 a
0.20 – 0.25	1.94	1.75	2.03	1.91 b	1.21	1.23	1.53	1.32 a
0.25 – 0.30	1.93	1.73	2.02	1.89 bc	1.21	1.30	1.58	1.36 a
0.30 – 0.35	1.97	1.55	1.84	1.79 c	1.34	1.36	1.54	1.41 a
0.35 – 0.40	1.88	1.80	1.88	1.86 cd	1.54	1.39	1.69	1.54 a
média	1.86	1.48	1.74	1.69	1.06	1.04	1.21	1.10
	124 ⁽³⁾	112	176	133	134	153	202	159

(1) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L1, (2) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L2, (3) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.25.(d) – Valores médios da resistência do solo à penetração (Ct / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento SDF. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.

prof. / m	L1				L2			
	ER	L	E	média	ER	L	E	média
0.00 – 0.05	3.50	1.46	2.53	2.50 b	0.89	0.53	0.87	0.76 a
0.05 – 0.10	3.69	2.37	3.26	3.11 b	1.32	1.09	1.14	1.18 a
0.10 – 0.15	2.88	1.87	2.41	2.38 a	1.27	1.21	1.15	1.21 a
0.15 – 0.20	2.77	1.77	2.13	2.22 b	1.24	1.18	1.24	1.22 a
0.20 – 0.25	2.59	1.90	2.00	2.16 b	1.20	1.28	1.28	1.25 a
0.25 – 0.30	2.71	1.86	1.83	2.13 ab	1.17	1.25	1.22	1.22 a
0.30 – 0.35	2.70	1.81	1.88	2.13 b	1.12	1.15	1.27	1.18 a
0.35 – 0.40	2.67	2.24	2.21	2.37 b	1.18	1.05	1.25	1.16 b
média	2.94	1.91	2.28	2.38	1.17	1.09	1.18	1.15
	196 ⁽³⁾	145	230	187	148	160	197	167

(1) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L1, (2) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L2, (3) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.25.(e) – Valores médios da resistência do solo à penetração (Ct / MPa), no estado E1 (L1) e no período 2/3 F2 (L2), no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios na entrelinha, nas zonas de passagem dos rodados do tractor (ER) e sem tráfego (E), e na linha (L) no tratamento SDD. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.

prof. / m	L1				L2				média	
	ER	L	E	média	ER	L	E	média	L1	L2
0.00 – 0.05	4.09	3.29	3.79	3.72 a	1.13	0.61	0.98	0.90 a	1.75	0.58
0.05 – 0.10	3.66	3.64	3.89	3.73 a	1.29	1.18	1.24	1.24 a	2.29	0.88
0.10 – 0.15	2.58	2.59	2.80	2.66 a	1.21	1.22	1.26	1.23 a	1.92	0.95
0.15 – 0.20	2.70	2.29	2.91	2.63 a	1.25	1.23	1.17	1.22 a	1.87	1.00
0.20 – 0.25	2.65	2.36	2.58	2.53 a	1.17	1.26	1.28	1.24 a	1.85	1.08
0.25 – 0.30	2.54	2.17	2.51	2.41 a	1.13	1.19	1.20	1.17 a	1.87	1.12
0.30 – 0.35	2.52	2.23	2.71	2.49 a	1.19	1.28	1.16	1.21 a	1.93	1.18
0.35 – 0.40	3.08	2.72	3.12	2.97 a	1.43	1.47	1.16	1.35 ab	2.18	1.27
média	2.98	2.66	3.04	2.89	1.23	1.18	1.18	1.20	1.96	1.01
	199 ⁽³⁾	202	307	228	156	174	197	174	—	—

(1) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L1, (2) a notação alfabética refere-se às comparações dentro da mesma linha dos Quadros 3.25.(a) a (e), na leitura L2, (3) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

2.1.3.2. Resistência do solo à penetração na zona da linha

Os valores relativos à zona da linha (Quadros 3.26, 3.27 e 3.28) mostram que as peças activas dos semeadores de sementeira directa influenciam uma espessura aproximada de 0.10 m no tratamento SDF e de 0.05 m no tratamento SDD. Nesta faixa mobilizada a sementeira directa apresenta valores mais baixos que os observados no solo não mobilizado – o tratamento SDD em 1997 constitui a única excepção - não contribuindo a utilização deste tipo de semeador para o aumento da resistência mecânica na zona da linha. No entanto os valores são sempre superiores aos obtidos com o sistema convencional, sendo maiores as diferenças entre os tratamentos ALQ e SDD.

Os resultados de 1997, ano em que a camada superficial apresenta um teor de água muito baixo, evidenciam as vantagens competitivas associadas à mobilização do solo que impede que a resistência mecânica atinja, na zona em que é colocada a semente, valores muito superiores aos tolerados pelas plantas.

Quadro 3.26. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_l / MPa), no período 3/3 F0, no tratamento D1, no ano de 1993. Perfis médios obtidos a partir de medições na zona da linha da cultura. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo				média
	ALQ	SDF	SDD	SDM	
0.020	0.03 ab	0.03 ab	0.01 b	0.14 a	0.05
0.055	0.17 c	0.22 c	0.38 b	0.87 a	0.41
0.090	0.55 b	0.65 b	0.95 a	1.15 a	0.82
0.125	0.68 b	1.19 a	1.29 a	1.39 a	1.14
0.160	0.71 b	1.47 a	1.45 a	1.55 a	1.30
0.195	0.84 b	1.67 a	1.53 a	1.69 a	1.43
média	0.50	0.87	0.94	1.13	0.86
	100 ⁽¹⁾	174	188	226	—

⁽¹⁾ percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.27. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_i / MPa), no estado E1, no tratamento D1, no ano de 1996. Perfis médios obtidos a partir de medições na zona da linha e perfil médio (Emed) na entrelinha sem tráfego dos tratamentos de sementeira directa. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo			média	Emed
	ALQ	SDF	SDD		
0.00 – 0.05	0.25 d	0.58 c	1.00 b	0.61	1.14 a
0.05 – 0.10	0.46 c	0.97 b	1.14 a	0.86	1.15 a
0.10 – 0.15	0.47 b	1.11 a	1.16 a	0.91	1.20 a
0.15 – 0.20	0.53 b	1.14 a	1.22 a	0.96	1.21 a
média	0.43	0.95	1.13	0.84	1.18
	100 ⁽¹⁾	221	263	—	274

(1) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

Quadro 3.28. – Valores médios da resistência do solo à penetração (C_i / MPa) no tratamento D1, no ano de 1997. Perfis médios obtidos a partir de medições na zona da linha e perfil médio (Emed) na entrelinha sem tráfego dos tratamentos de sementeira directa. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção mobilizações x profundidades x leituras.

estado / fase	prof. / m	tratamento de mobilização do solo			média	Emed
		ALQ	SDF	SDD		
E1	0.00 - 0.05	0.89 c	1.30 b	3.36 a	1.85	3.16 a
	0.05 - 0.10	1.35 c	2.52 b	3.38 a	2.41	3.57 a
	0.10 - 0.15	1.31 c	2.05 b	2.55 a	1.97	2.61 a
	0.15 - 0.20	1.28 c	1.92 b	2.38 a	1.86	2.52 a
	média	1.21	1.95	2.91	2.02	2.96
		100 ⁽¹⁾	161	240	—	245
2/3 F2	0.00 - 0.05	0.30 c	0.53 b	0.64 b	0.49	0.93 a
	0.05 - 0.10	0.50 b	1.08 a	1.19 a	0.92	1.19 a
	0.10 - 0.15	0.60 b	1.12 a	1.18 a	0.97	1.20 a
	0.15 - 0.20	0.58 b	1.09 a	1.17 a	0.95	1.21 a
	média	0.49	0.95	1.05	0.83	1.13
		100	194	214	—	231
média	0.00 - 0.05	0.60	0.92	2.00	1.17	2.05
	0.05 - 0.10	0.93	1.80	2.29	1.67	2.38
	0.10 - 0.15	0.96	1.59	1.87	1.47	1.91
	0.15 - 0.20	0.93	1.51	1.78	1.41	1.87
	média	0.85	1.45	1.98	1.43	2.05
		100	171	233	—	241

(1) percentagem do valor médio do tratamento ALQ

2.1.4. Conclusões gerais

A influência dos sistemas de mobilização sobre a resistência mecânica do solo está de acordo com a tendência geral descrita na bibliografia (v.g. Mielke e outros, 1984; Radcliffe e outros, 1988; Hill, 1990; Hill e Meza-Montalvo, 1990; Logsdon e outros, 1990; Thorburn, 1992; Comia e outros, 1994; Riley e outros, 1994; Vyn e outros, 1994; Carvalho e Basch, 1995; Unger e Jones, 1998). A ausência de mobilização tende a aumentar a massa volúmica aparente, estando frequentemente associado a este efeito o atraso e a redução no crescimento das raízes, embora nem sempre as produções sejam afectadas sobretudo, como refere Rydberg (1992, cit. Håkansson e Lipiec, 2000), em solos com teor elevado de argila.

A comparação entre os valores observados e alguns valores limite referidos na bibliografia (v.g. Veihmeyer e Hendrickson, 1948; Bowen, 1981; Ehlers e outros, 1983; Boone e Veen, 1994; Brussaard e van Faassen, 1994; Wronski e Murphy, 1994; Basch e outros, 1998) indica a existência, relativamente próximo da superfície – a partir de 0.10 m - de possíveis limitações mecânicas ao crescimento das raízes nalguns sistemas de mobilização do solo. De um modo geral a resistência mecânica acompanha a variação da intensidade da acção das máquinas sobre o solo sendo as condições mais limitantes na sementeira directa e mais favoráveis no sistema convencional.

Dois factores podem no entanto contribuir para minorar as consequências deste aumento da resistência mecânica: a presença de um teor de água elevado (Radcliffe e outros, 1988) e a quantidade e continuidade dos macroporos de maiores dimensões (Boone e Veen, 1994) que está frequentemente associada à ausência de mobilização do solo (v.g. Douglas e outros, 1981; Tippkotter, 1983; Edwards e Norton, 1986; Douglas e Goss, 1987; Logsdon e outros, 1990; Comia e outros, 1994; Lipiec e Stepniewski, 1995).

Os resultados observados na zona da linha não indicam a existência de compactação das paredes (Baker e Mai, 1982, cit. Choudhary e Baker, 1994) ou do fundo (Choudhary e Baker, 1994) do sulco que por vezes está associada aos dois semeadores de sementeira directa utilizados e que, principalmente no sulco em V, dificulta o desenvolvimento da raiz embrionária.

2.2. Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados

No Quadro 3.29, apresenta-se uma síntese dos resultados das análises de variância relativas aos parâmetros que caracterizam a distribuição por classes de dimensão e a estabilidade dos agregados.

Quadro 3.29. – Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados: diâmetro médio ponderado obtido por via seca (X_s) e por via húmida (X_h) e diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado ($X_s - X_h$). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro	blocos		mobilizações	profundidades
X_s	ns	mobilizações	8.45**	ns
		profundidades		ns
X_h	**	mobilizações	3.39*	ns
		profundidades		ns
$X_s - X_h$	***	mobilizações	ns	ns
		profundidades		ns

A mobilização do solo influenciou significativamente a distribuição dos agregados por classes de dimensão, apresentando os tratamentos de sementeira directa valores de diâmetro médio ponderado superiores aos obtidos no sistema convencional (Quadros 3.30.(a) e 3.30.(b)). A diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado obtidos por via seca e por via húmida ($X_s - X_h$), apesar de não ser estatisticamente significativa, reforça a hipótese de que a sementeira directa melhora a agregação, contribuindo para uma maior estabilidade dos agregados, efeito frequentemente associado à mobilização de conservação (v. g. Comia e outros, 1994; Karlen e outros, 1994; Riley e outros, 1994).

Quadro 3.30.(a) – Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados: diâmetro médio ponderado obtido por via seca (X_s) e por via húmida (X_h) e diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado ($X_s - X_h$), na fase F0, no tratamento D1, em 1997. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo.

parâmetro	prof / m	tratamento de mobilização do solo					média
		ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
X_s / mm	0.00 – 0.10	2.45	2.87	2.31	3.45	3.15	2.85
	0.10 – 0.20	2.74	2.80	2.70	3.23	3.14	2.92
	0.20 – 0.30	2.68	2.85	2.88	3.06	2.95	2.88
	média	2.62 c	2.84 bc	2.63 c	3.25 a	3.08 ab	2.88
X_h / mm	0.00 – 0.10	1.32	1.24	1.18	1.62	1.29	1.33
	0.10 – 0.20	1.22	1.21	1.28	1.69	1.67	1.41
	0.20 – 0.30	1.12	1.41	1.46	1.66	1.13	1.36
	média	1.22 b	1.29 b	1.31 b	1.66 a	1.36 b	1.37
$X_s - X_h$ / mm	0.00 – 0.10	1.13	1.63	1.13	1.83	1.86	1.52
	0.10 – 0.20	1.52	1.59	1.42	1.54	1.47	1.51
	0.20 – 0.30	1.56	1.44	1.42	1.39	1.82	1.53
	média	1.40	1.55	1.32	1.59	1.72	1.52

Quadro 3.30.(b) – Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados: diâmetro médio ponderado obtido por via seca (X_s) e por via húmida (X_h) e diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado ($X_s - X_h$), no tratamento D1, no ano de 1997, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	tratamento de mobilização do solo					média
	ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
X_s	100	108	100	124	118	110
X_h	100	106	107	136	111	112
$X_s - X_h$	100	111	94	114	123	108

2.3. Propriedades hidrológicas do solo

2.3.1. Porosidade

No Quadro 3.31. apresenta-se uma síntese dos resultados da análise de variância relativa aos valores da macroporosidade que, tal como a porosidade total, é significativamente influenciada pela mobilização do solo.

Quadro 3.31. - Macroporosidade (*M*). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de *F* observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro	blocos		mobilizações	profundidades
<i>M</i>	ns	mobilizações	8.64***	2.77***
		profundidades		76.53***

2.3.1.1. Porosidade total

Os perfis de porosidade total (Quadros 3.32.(a) e 3.32.(b)) apresentam uma variação simétrica da observada na massa volúmica aparente, consequência da metodologia de cálculo utilizada, mantendo-se, em geral, os efeitos anteriormente descritos.

Quadro 3.32.(a) – Porosidade total ($P / m^3.m^{-3}$) no tratamento D1, no ano de 1993.

estado / fase	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1/3 F1	0.03	0.577	0.560	0.567	0.588	0.507	0.465	0.469	0.533
	0.05	0.585	0.547	0.556	0.549	0.486	0.471	0.461	0.522
	0.10	0.506	0.470	0.429	0.415	0.428	0.407	0.410	0.438
	0.15	0.502	0.456	0.395	0.395	0.406	0.404	0.392	0.421
	0.20	0.490	0.434	0.390	0.392	0.404	0.411	0.398	0.417
	0.25	0.479	0.417	0.391	0.392	0.396	0.416	0.400	0.413
	0.30	0.436	0.416 ⁽¹⁾	0.404	0.399	0.403	0.426	0.410	0.413
	0.35	0.435	0.405 ⁽¹⁾	0.412	0.398	0.407	0.413	0.413	0.412
	0.40	0.431	0.406 ⁽¹⁾	0.407	0.402	0.393	0.398	0.410	0.407
	média	0.493	0.457	0.439	0.437	0.426	0.423	0.418	0.442
2/3 F2	0.03	0.588	0.508	0.488	0.541	0.479	0.500	0.479	0.512
	0.05	0.554	0.479	0.448	0.462	0.449	0.480	0.450	0.474
	0.10	0.458	0.448	0.378	0.389	0.396	0.402	0.382	0.408
	0.15	0.484	0.421	0.377	0.380	0.388	0.391	0.378	0.403
	0.20	0.485	0.373	0.378	0.385	0.395	0.397	0.383	0.399
	0.25	0.466	0.368	0.381	0.390	0.407	0.401	0.395	0.401
	0.30	0.425	0.380	0.393	0.404	0.417	0.421	0.418	0.408
	0.35	0.397	0.378	0.402	0.416	0.416	0.436	0.432	0.411
	0.40	0.388	0.370	0.411	0.421	0.412	0.414	0.435	0.407
	média	0.472	0.414	0.406	0.421	0.418	0.427	0.417	0.425
média	0.03	0.583	0.534	0.528	0.564	0.493	0.483	0.474	0.523
	0.05	0.570	0.513	0.502	0.506	0.467	0.475	0.455	0.498
	0.10	0.482	0.459	0.403	0.402	0.412	0.404	0.396	0.423
	0.15	0.493	0.438	0.386	0.387	0.397	0.397	0.385	0.412
	0.20	0.487	0.403	0.384	0.389	0.399	0.404	0.391	0.408
	0.25	0.473	0.392	0.386	0.391	0.402	0.408	0.397	0.407
	0.30	0.430	0.398	0.398	0.402	0.410	0.423	0.414	0.411
	0.35	0.416	0.391	0.407	0.407	0.412	0.425	0.422	0.411
	0.40	0.410	0.388	0.409	0.411	0.403	0.406	0.422	0.407
	média	0.483	0.435	0.423	0.429	0.422	0.425	0.417	0.433

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta

Quadro 3.32.(b) – Valores médios da porosidade total (P) no tratamento D1, no ano de 1993, expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

estado / fase	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1/3 F1	100	93	89	89	86	86	85	90
2/3 F2	100	88	86	89	89	90	88	90
média	100	90	88	89	87	88	86	90

2.3.1.2. Macroporosidade

O resultados (Quadro 3.33.) mostram que a mobilização do solo aumenta significativamente a quantidade de poros de maiores dimensões. Na fase inicial do desenvolvimento da planta a macroporosidade no sistema convencional é praticamente o dobro da observada nos tratamentos de sementeira directa.

Quadro 3.33. – Macroporosidade do solo ($M / m^3.m^{-3}$), no período 1/3 F1, no tratamento D1, no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
0.03	0.267 a	0.255 a	0.267 a	0.289 a	0.165 b	0.111 b	0.103 b	0.208
0.05	0.280 a	0.233 a	0.248 a	0.222 a	0.128 b	0.120 b	0.090 b	0.189
0.10	0.138 a	0.112 ab	0.059 bc	0.021 c	0.048 c	0.028 c	0.022 c	0.061
0.15	0.109 a	0.099 a	0.032 b	0.020 b	0.035 b	0.039 b	0.016 b	0.050
0.20	0.108 a	0.071 ab	0.018 b	0.022 b	0.031 b	0.044 ab	0.021 b	0.045
0.25	0.094 a	0.051 ab	0.017 b	0.026 b	0.021 b	0.048 ab	0.025 b	0.040
0.30	0.032 a	0.050 a ⁽¹⁾	0.015 a	0.035 a	0.035 a	0.068 a	0.030 a	0.038
0.35	0.034 a	0.029 a ⁽¹⁾	0.011 a	0.029 a	0.042 a	0.054 a	0.020 a	0.031
0.40	0.029 a	0.030 a ⁽¹⁾	0.005 a	0.017 a	0.024 a	0.033 a	0.013 a	0.021
média	0.121	0.103	0.075	0.076	0.059	0.061	0.038	0.076
	100 ⁽²⁾	85	62	63	49	50	31	—

⁽¹⁾ valores estimados devido à existência de dados em falta ⁽²⁾ percentagem do valor médio do tratamento ALQ

2.3.2. Retenção e movimento da água no solo

2.3.2.1. Análise de variância

O Quadro 3.34. contém uma síntese dos resultados das análises de variância relativas aos valores da microporosidade, da condutividade hidráulica saturada e da taxa de infiltração. Os valores obtidos indicam que a mobilização do solo influenciou mais os parâmetros que caracterizam o movimento da água, afectando menos a capacidade de retenção do solo.

Quadro 3.34. - Microporosidade (m), condutividade hidráulica saturada (K_{sc}) e taxa de infiltração (Tl). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro		blocos		mobilizações	profundidades	posições / tensões
m	1993	ns	mobilizações	ns	2.50***	
			profundidades		31.19***	
	1995	ns	mobilizações	ns	ns	
			profundidades		25.33***	
	1996	ns	mobilizações	24.80**	ns	
			profundidades		12.45**	
K_{sc}	1996 (T) ⁽¹⁾	ns	mobilizações	943.88*	ns	ns
			posições		ns	ns
			profundidades		12.75***	
			mobilizações x posições		ns	
1997	ns	mobilizações	15.57**	ns		
		profundidades		17.49***		
Tl	1997	ns	mobilizações	53.72*	ns	ns
			profundidades		ns	ns
			tensões			226.46***
			mobilizações x profundidades			ns

(1) T refere-se às medições realizadas ao longo de trajectos

2.3.2.2. Retenção da água no solo

A capacidade de retenção de água pelo solo foi pouco influenciada pelos tratamentos de mobilização. As maiores variações ocorreram próximo da superfície (0.03 m e 0.05 m) onde é possível distinguir estatisticamente os sistemas com mobilização do solo das sementeiras directas, que apresentam valores significativamente superiores.

Quadro 3.35. – Microporosidade do solo ($m / m^3 \cdot m^{-3}$), no período 1/3 F1, no tratamento D1, no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
0.03	0.310 b	0.305 b	0.301 b	0.300 b	0.343 a	0.354 a	0.366 a	0.325
0.05	0.305 c	0.314 c	0.308 c	0.328 bc	0.358 a	0.351 ab	0.371 a	0.334
0.10	0.368 ab	0.358 b	0.370 ab	0.394 a	0.380 ab	0.379 ab	0.388 ab	0.377
0.15	0.383 a	0.357 a	0.364 a	0.375 a	0.371 a	0.365 a	0.375 a	0.370
0.20	0.382 a	0.363 a	0.372 a	0.370 a	0.373 a	0.366 a	0.377 a	0.372
0.25	0.385 a	0.366 a	0.374 a	0.366 a	0.375 a	0.368 a	0.376 a	0.373
0.30	0.404 a	0.366 b ⁽¹⁾	0.388 ab	0.365 b	0.369 b	0.357 b	0.380 ab	0.376
0.35	0.401 a	0.376 abc ⁽¹⁾	0.402 a	0.369 bc	0.365 bc	0.359 c	0.393 ab	0.381
0.40	0.403 a	0.376 abc ⁽¹⁾	0.403 a	0.384 abc	0.369 bc	0.365 c	0.397 ab	0.385
média	0.371	0.354	0.365	0.361	0.367	0.363	0.380	0.366
	100	95	98	97	99	98	102	—

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta

2.3.2.3. Condutividade hidráulica saturada

A condutividade hidráulica saturada (Quadros 3.36.(a), 36.(b) e 3.37.) é, em geral, mais elevada no sistema convencional e na mobilização reduzida e mais baixa na sementeira directa. Estas diferenças entre tratamentos não parecem resultar de variações no teor de água no momento da determinação (Quadros F.5. e F.6.), que pode no entanto ter contribuído para aproximar os valores dos sistemas com e sem mobilização do solo.

Os valores relativos ao tratamento ALQ (Quadro 3.37.) evidenciam alguma variação na horizontal, embora não significativa. Na sementeira directa os valores ao longo do trajecto (ER, E e L) são quase idênticos não se detectando o efeito das peças activas do semeador de discos.

Quadro 3.36.(a) – Condutividade hidráulica saturada ($K_{SC} \times 10^6 / m.s^{-1}$) no tratamento D1. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e do factor profundidade.

ano	estado / fase	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1995	2/3 F1 e 3/3 F2	0.00 – 0.10	53.5	48.6	45.7	63.2	16.4	32.0	39.3	42.7
		0.10 – 0.20	21.8	26.3	52.8	15.0	9.2	13.2	7.5	20.8
		média	37.7	37.4	49.2	39.1	12.8	22.6	23.4	31.8
1996	1-3/3 F0 a 1/3 F1	0.00 – 0.10	55.7	75.6	—	73.8	46.7	34.0	—	57.2 a
		0.10 – 0.20	48.2	36.2	—	13.2	2.8	3.6	—	20.8 b
		0.20 – 0.30	10.2	27.6	—	8.5	26.1	6.1	—	15.7 b
		média	38.0 a	46.5 a	—	31.8 b	25.2 bc	14.6 c	—	31.2
1997	1-3/3 F0 a 1/3 F1	0.00 – 0.10	74.8	66.8	—	56.7	33.3	28.1	—	51.9 a
		0.10 – 0.20	21.9	18.6	—	16.0	4.5	4.7	—	13.1 b
		0.20 – 0.30	33.7	30.0	—	8.6	6.8	9.4	—	17.7 b
		média	43.5 a	38.4 a	—	27.1 a	14.8 b	14.1 b	—	27.6

Quadro 3.36.(b) – Valores médios da condutividade hidráulica saturada (K_{SC}) no tratamento D1, expressa em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

ano	tratamento de mobilização do solo							média
	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1995	100	99	131	104	34	60	62	84
1996	100	122	—	84	66	38	—	82
1997	100	88	—	62	34	32	—	63
média	100	103	131	83	45	44	62	—

Quadro 3.37. – Condutividade hidráulica saturada ($K_{SC} \times 10^6 / m.s^{-1}$), no período 3/3 F1, no ano de 1996. Valores médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e na zona sem tráfego (E), e na linha (L) da cultura. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios do factor profundidade.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo								média
	ALQ				SDD				
	ER	L	E	média	ER	L	E	média	
0.00 – 0.10	100.2	155.0	158.6	137.9	68.5	55.0	51.7	58.4	98.2 a
0.10 – 0.20	81.3	30.4	65.2	59.0	8.7	5.6	2.7	5.7	32.4 b
0.20 – 0.30	5.4	46.5	12.1	21.3	5.0	10.5	4.5	6.7	14.0 b
média	62.3	77.3	78.6	72.7	27.4	23.7	19.7	23.6	48.2

2.3.2.4. Taxa de infiltração

A taxa de infiltração (Quadro 3.38.) acompanha as variações na porosidade anteriormente descritas, correspondendo os valores mais elevados ao sistema convencional, ao qual estão associadas maiores porosidade total e macroporosidade. Os resultados (Quadros 3.38. e 3.39.) mostram que a repartição dos poros por classes de dimensão na camada 0.00 – 0.10 m é pouco influenciada pela mobilização do solo, efeito que o quase paralelismo das rectas da Figura 3.3. ilustra.

Os valores do declive (Quadro 3.39.) indicam que, nas camadas 0.10 – 0.20 m e 0.20 – 0.30 m, o decréscimo da taxa de infiltração com o aumento da tensão é mais acentuado no sistema convencional, sugerindo a presença de maior volume de poros de maiores dimensões.

Quadro 3.38. – Taxa de infiltração ($Tl \times 10^6 / m.s^{-1}$), no período 2-3/3 F1, no tratamento D1, no ano de 1997. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos tratamentos de mobilização do solo e do factor tensão.

tensão / diâmetro nominal dos poros	prof. / m	tratamento de mobilização do solo			média
		ALQ	MOBP	SDD	
0.000 / m H ₂ O	0.00 – 0.10	422	562	262	416
	0.10 – 0.20	450	174	122	249
	0.20 – 0.30	544	206	126	292
	média	472	314	170	319 a
		100 ⁽¹⁾	67	36	—
-0.030 / m H ₂ O (d=988 μ m)	0.00 – 0.10	202	83	46	110
	0.10 – 0.20	163	39	50	84
	0.20 – 0.30	98	55	36	63
	média	154	59	44	86 b
		100	38	29	27 ⁽²⁾
-0.060 / m H ₂ O (d=494 μ m)	0.00 – 0.10	104	33	24	54
	0.10 – 0.20	54	17	27	33
	0.20 – 0.30	35	24	19	26
	média	64	25	24	38 c
		100	39	38	12
-0.150 / m H ₂ O (d=198 μ m)	0.00 – 0.10	12	7	5	8
	0.10 – 0.20	10	5	7	7
	0.20 – 0.30	9	7	7	8
	média	11	6	6	8 d
		100	55	55	3
média		175 a	101 b	61 b	113
		100	50	39	—

⁽¹⁾ percentagem do valor médio do tratamento ALQ ⁽²⁾ percentagem do valor médio obtido com a tensão 0 mm H₂O

Quadro 3.39. - Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ), variável independente, e o logaritmo natural da taxa de infiltração (T), variável dependente, obtida por análise de regressão linear simples: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).

prof. / m	tratamentos de mobilização do solo	n	parâmetro		t_b	r^2 (%)
			a	b		
0.00 – 0.10	ALQ	4	6.41697	-0.57136	-2.05ns	67.8
	MOBP	4	6.56778	-0.80671	-4.74*	91.8
	SDD	4	5.77732	-0.71226	-4.60*	91.4
0.10 – 0.20	ALQ	4	6.44656	-0.66431	-2.75ns	79.1
	MOBP	4	5.37113	-0.66434	-4.40*	90.6
	SDD	4	5.02654	-0.48576	-2.97ns	81.6
0.20 – 0.30	ALQ	4	6.52394	-0.75442	-4.68*	91.6
	MOBP	4	5.53427	-0.61178	-4.16ns	89.7
	SDD	4	4.99191	-0.53245	-4.65*	91.5

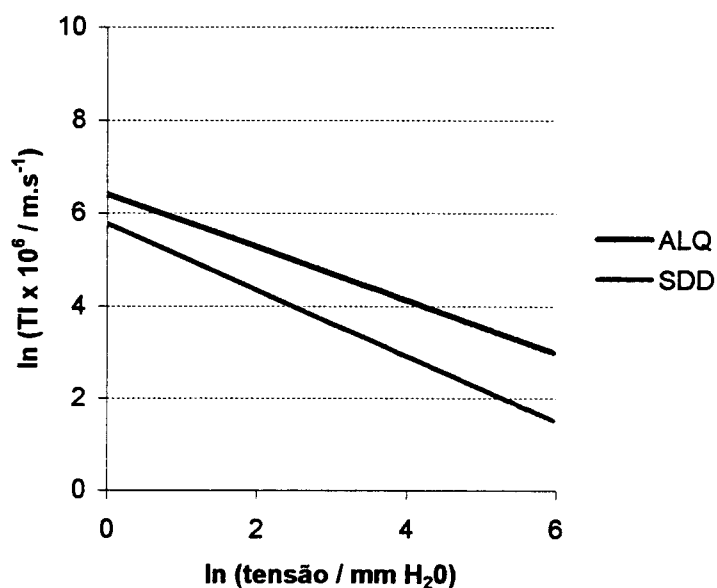


Figura 3.3. - Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ) e o logaritmo natural da taxa de infiltração (T), na camada 0.00 – 0.10 m.

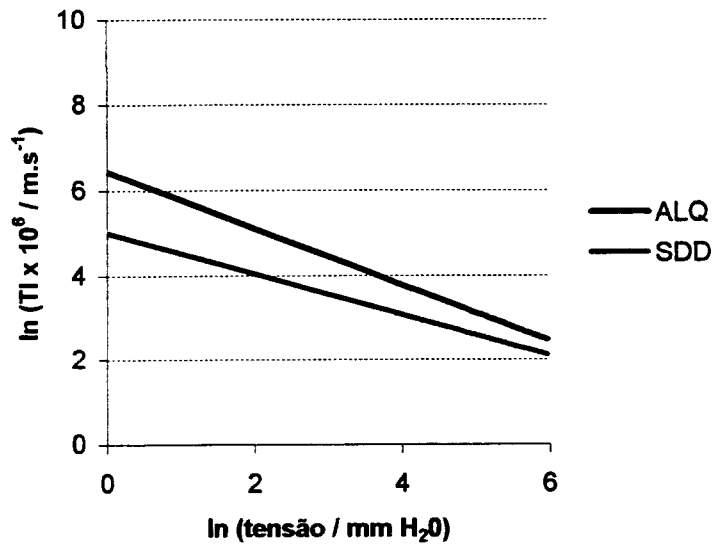


Figura 3.4. - Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ) e o logaritmo natural da taxa de infiltração (TI), na camada 0.10 – 0.20 m.

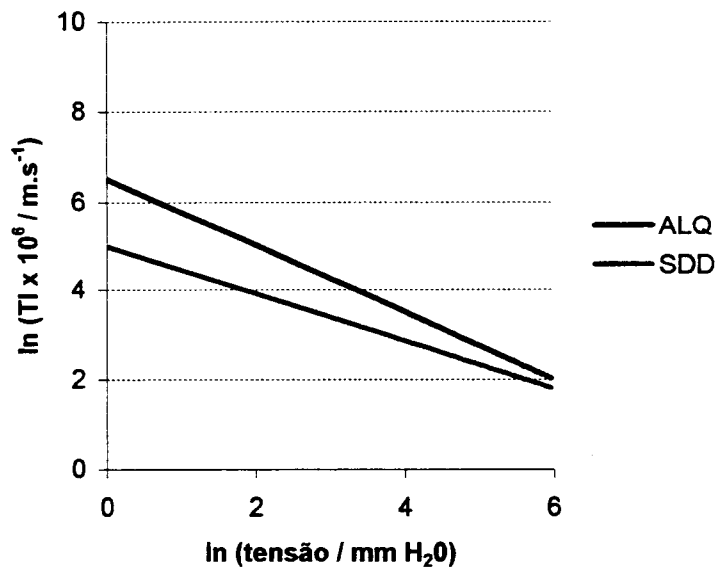


Figura 3.5. - Relação entre o logaritmo natural da tensão aplicada (ψ) e o logaritmo natural da taxa de infiltração (TI), na camada 0.20 – 0.30 m.

2.3.3. Conclusões gerais

O aumento da capacidade de armazenamento é um dos efeitos que surge frequentemente associado à mobilização reduzida e à sementeira directa, sobretudo em solos de textura média e grosseira (Lal e outros, 1994). Os resultados apenas verificam esta tendência na camada superficial da sementeira directa sendo a capacidade de armazenamento do solo, em geral, pouco influenciada pela mobilização.

O volume total de poros e principalmente a quantidade de poros de maiores dimensões foi superior no sistema convencional, sobretudo na camada superficial, estando associados à sementeira directa os menores valores observados. Este efeito é, de um modo geral, concordante com o aumento da massa volúmica aparente na ausência de mobilização, frequentemente referido na bibliografia, e com o facto de compactação afectar especialmente os poros de maiores dimensões (Hillel, 1998).

Os valores da condutividade hidráulica saturada e a taxa de infiltração sob potenciais negativos, que Horton e outros (1994) consideram muito sensíveis às variações da porosidade total, apresentam uma evolução concordante com esta característica, sendo inferiores nos tratamentos de sementeira directa. Os valores da condutividade hidráulica saturada divergem contudo dos observados em condições semelhantes por Carvalho e Basch (1995) que encontraram reduções deste parâmetro na mobilização convencional. Estas diferenças podem ser atribuídas à variabilidade desta característica (Lal e outros, 1994) e a limitações da metodologia utilizada para a caracterização adequada do efeito da continuidade dos macroporos, nomeadamente dos bioporos, que Carvalho e Basch (1995) verificaram estar fortemente relacionados com a condutividade hidráulica na sementeira directa.

2.4. Teor e potencial de água no solo

2.4.1. Análise de variância

No Quadro 3.40. apresenta-se uma síntese dos resultados das análises de variância relativas aos valores do teor de água no solo. A data de sementeira, que se estudou em 1993, influenciou significativamente o teor de água no solo ao contrário dos tratamentos de mobilização que, de um modo geral interferem apenas com a distribuição desta variável em profundidade ou ao longo do tempo.

2.4.2. Efeito dos factores mobilização do solo e data de sementeira em 1993

Os valores apresentados no Quadro 3.41.(a) referem-se ao teor em volume (θ_v) e ao potencial de água (Ψ), na mesma fase de desenvolvimento das plantas dos tratamentos D1 e D2, apresentando-se em anexo (Quadros F.7. e F.8.) os dados relativos a todas as leituras efectuadas.

A antecipação da data de sementeira representou, mesmo num ano com uma das distribuições da precipitação mais favoráveis, uma vantagem do ponto de vista da disponibilidade de água para a cultura. Os resultados mostram que, partindo de condições equivalentes no início do período de maiores necessidades de água, as plantas esgotam mais rapidamente as reservas no tratamento D2. A maior taxa de absorção é uma consequência das condições ambientais que, apesar das plantas apresentarem superfícies foliares inferiores às observadas na mesma fase no tratamento D1, promovem o aumento da evapotranspiração. Deste modo o potencial de água na camada mais superficial (medição a 0.20 m) atinge mais cedo (2/3 F2) valores iguais ou inferiores a -1500 kPa no tratamento D2, enquanto que no tratamento D1 praticamente só na transição F2 / F3 ocorrem condições idênticas.

O teor de água (Quadros 3.41.(a) e 3.41.(b)) é quase sempre inferior no sistema convencional (ALQ), em ambas as camadas (medição a 0.20m e a 0.40 m) o que, associado ao maior crescimento e à maior produção deste sistema, sugere uma maior absorção provavelmente resultante da utilização de um maior volume de solo pelas raízes. Nos sistemas de mobilização reduzida e na sementeira directa as condições são muito semelhantes, sobretudo na camada mais superficial.

Quadro 3.40. - Teor de água no solo em massa (θ_m) e em volume (θ_v). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	blocos		mobilizações	datas de sementeira	profundidades	leituras / fases
θ_m	1993	**	mobilizações	ns		ns	
			profundidades			7.09***	
	1995 (L1) ⁽¹⁾	*	mobilizações	ns		ns	
			profundidades			40.08***	
	1995 (L2)	ns	mobilizações	ns		ns	
			profundidades			38.52***	
	1993-D1	ns	mobilizações	ns		ns	1.97**
			profundidades			528.53***	10.64***
			leituras				105.77***
			mobilizações x profundidades				ns
	1993-D2	ns	mobilizações	ns		13.79***	1.68*
			profundidades			2055.21***	3.93***
leituras						65.10***	
mobilizações x profundidades						ns	
θ_v	1993	ns	mobilizações	ns	ns	4.21*	ns
			datas de sementeira		52.49***	20.27***	32.82***
			profundidades			1551.30***	13.30***
			fases				183.87***
			mobilizações x datas			4.91**	2.38**
			mobilizações x profundidades				ns
			datas x profundidades				14.14***
			mobilizações x datas x profundidades				ns
	1996	ns	mobilizações	ns		ns	ns
			profundidades			173.43***	9.08***
			leituras				289.24***
			mobilizações x profundidades				ns
1997	ns	mobilizações	ns		ns	3.67***	
		profundidades			223.14***	24.52***	
		leituras				265.10***	
		mobilizações x profundidades				ns	

⁽¹⁾ L1 e L2 representam a primeira e segunda leituras

Quadro 3.41.(a) – Teor ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) e potencial (Ψ / kPa) de água no solo em 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) às interações mobilizações x datas x profundidades e mobilizações x datas x fases. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.

fase	data	parâmetro	prof. / m	tratamento de mobilização do solo						média / ΔR	
				ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
1/3 F2	D1	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.215	0.231	0.235	0.240	0.227	0.219	0.182	0.221
			0.40	0.271	0.289	0.307	0.306	0.302	0.300	0.315	0.299
			média	0.243 b	0.260 ab	0.271 a	0.273 a	0.265 ab	0.260 ab	0.249 b	0.260 / 205.2
		Ψ / kPa	0.20	<-1500 a -592	-1163 a -300	-979 a -257	-798 a -215	-1329 a -337	<-1500 a -493	<-1500	
			0.40	-393 a -82	-252 a -55	-167 a -38	-171 a -39	-186 a -42	-195 a -44	-142 a -33	
			média								
	D2	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.229	0.204	0.253	0.188	0.221	0.246	0.238	0.226
			0.40	0.273	0.295	0.329	0.311	0.289	0.310	0.311	0.303
			média	0.251 cd	0.250 d	0.291 a	0.250 d	0.255 bcd	0.278 ab	0.275 abc	0.265 / 208.1
		Ψ / kPa	0.20	-1270 a -324	<-1500 a -1026	-490 a -140	<-1500	<-1500 a -452	-632 a -175	-865 a -231	
			0.40	-382 a -80	-218 a -48	-109 a -26	-154 a -36	-252 a -55	-157 a -36	-154 a -36	
			média								
2/3 F2	D1	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.176	0.207	0.236	0.216	0.229	0.220	0.231	0.216
			0.40	0.254	0.277	0.294	0.277	0.282	0.284	0.308	0.282
			média	0.215 c	0.242 b	0.265 ab	0.247 ab	0.256 ab	0.252 ab	0.270 a	0.249 / 2.9
		Ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500 a -877	-939 a -248	<-1500 a -565	-1270 a -324	<-1500 a -472	-1163 a -300	
			0.40	-678 a -136	-343 a -73	-224 a -50	-343 a -73	-300 a -64	-285 a -62	-64 a -38	
			média								
	D2	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.184	0.113	0.125	0.136	0.161	0.118	0.146	0.140
			0.40	0.230	0.261	0.276	0.277	0.253	0.277	0.271	0.264
			média	0.207 a	0.187 a	0.201 a	0.207 a	0.207 a	0.198 a	0.209 a	0.202 / 0.3
		Ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	
			0.40	<-1500 a -311	-543 a -111	-352 a -74	-343 a -73	-700 a -140	-343 a -73	-404 a -84	
			média								

Quadro 3.41.(a) – Teor ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) e potencial (ψ / kPa) de água no solo em 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) às interações mobilizações x datas x profundidades e mobilizações x datas x fases. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras (continuação).

fase	data	parâmetro	prof. / m	tratamento de mobilização do solo						média / ΔR	
				ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
F2 / F3	D1	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.157	0.186	0.200	0.195	0.213	0.182	0.197	0.190
			0.40	0.243	0.267	0.274	0.269	0.269	0.264	0.295	0.269
			média	0.200 b	0.227 a	0.237 a	0.232 a	0.241 a	0.223 a	0.246 a	0.230 / 1.4
		ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500	<-1500 a -1278	<-1500	<-1500 a -651	<-1500	<-1500	
			0.40	-989 a -194	-453 a -94	-372 a -78	-440 a -91	-428 a -89	-495 a -102	-47 a -213	
			média								
	D2	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.147	0.150	0.179	0.167	0.137	0.126	0.132	0.148
			0.40	0.223	0.267	0.276	0.260	0.255	0.248	0.263	0.256
			média	0.185 d	0.209 abc	0.228 a	0.214 ab	0.196 bcd	0.187 cd	0.198 bcd	0.202 / 1.2
		ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	
			0.40	<-1500 a -397	-453 a -94	-352 a -74	-543 a -111	-656 a -132	-829 a -164	-511 a -105	
			média								
2/3 F3	D1	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.116	0.159	0.126	0.153	0.142	0.140	0.133	0.138
			0.40	0.237	0.258	0.249	0.251	0.257	0.245	0.263	0.251
			média	0.177 b	0.209 a	0.188 ab	0.202 a	0.200 a	0.193 ab	0.198 ab	0.195 / 0.1
		ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	
			0.40	-191 a -231	-596 a -121	-774 a -154	-724 a -144	-615 a -124	-889 a -175	-526 a -108	
			média								
	D2	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.174	0.124	0.150	0.151	0.107	0.128	0.144	0.140
			0.40	0.210	0.258	0.269	0.256	0.229	0.227	0.266	0.245
			média	0.192 ab	0.191 abc	0.210 a	0.204 a	0.168 c	0.178 bc	0.205 a	0.193 / 0.0
		ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	<-1500	
			0.40	<-1500 a -753	-596 a -121	-428 a -89	-635 a -128	<-1500 a -324	<-1500 a -351	-467 a -96	
			média								
média	D1	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.166 b	0.196 a	0.199 a	0.201 a	0.203 a	0.190 ab	0.186 ab	0.191
			0.40	0.251 b	0.273 ab	0.281 a	0.276 a	0.278 a	0.273 ab	0.295 a	0.275
			média	0.209	0.235	0.240	0.239	0.241	0.232	0.241	0.233
	D2	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.184 a	0.148 c	0.177 ab	0.161 bc	0.157 bc	0.155 bc	0.165 abc	0.164
			0.40	0.234 c	0.270 ab	0.288 a	0.276 ab	0.257 b	0.266 ab	0.278 ab	0.267
			média	0.209	0.209	0.233	0.219	0.207	0.211	0.222	0.216

Quadro 3.41.(b) – Teor de água no solo (θ_v) no ano de 1993, expresso em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

fase	data	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1/3 F2	D1	0.20	100	107	109	112	106	102	85	103
		0.40	100	107	113	113	111	111	116	110
	D2	0.20	100	89	110	82	97	107	104	98
		0.40	100	108	121	114	106	114	114	111
2/3 F2	D1	0.20	100	118	134	123	130	125	131	123
		0.40	100	109	116	109	111	112	121	111
	D2	0.20	100	61	68	74	88	64	79	76
		0.40	100	113	120	120	110	120	118	114
F2/F3	D1	0.20	100	118	127	124	136	116	125	121
		0.40	100	110	113	111	111	109	121	111
	D2	0.20	100	102	122	114	93	86	90	101
		0.40	100	120	124	117	114	111	118	115
2/3 F3	D1	0.20	100	137	109	132	122	121	115	119
		0.40	100	109	105	106	108	103	111	106
	D2	0.20	100	71	86	87	61	74	83	80
		0.40	100	123	128	122	109	108	127	117

2.4.3. Efeito do factor mobilização do solo no período de ensaios

No Quadro 3.42.(a) apresentam-se os valores do teor (θ_v) e do potencial de água (ψ) no solo observados nos diferentes anos de ensaio, na mesma fase de desenvolvimento e no período de maiores necessidades de água da cultura. Incluem-se apenas os valores relativos às profundidades de medição comuns, que foram nos três anos 0.20 m e 0.40 m, apresentando-se em anexo (Quadros F.7., F.8., F.9., F.10. e F.11.) os dados relativos a todas as determinações efectuadas no período de ensaios.

Quadro 3.42.(a) – Teor ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) e potencial (Ψ / kPa) de água do solo no tratamento D1, próximo da plena floração (2/3 F2), em 1993, 1996 e 1997. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e/ou entre leituras.

ano	parâmetro	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média / ΔR
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1993	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.176	0.207	0.236	0.216	0.229	0.220	0.231	0.216
		0.40	0.254	0.277	0.294	0.277	0.282	0.284	0.308	0.282
		média	0.215	0.242	0.265	0.247	0.256	0.252	0.270	0.249 / 2.9
	Ψ / kPa	0.20	<-1500	<-1500 a -877	-939 a -248	<-1500 a -565	-1270 a -324	<-1500 a -472	-1163 a -300	
		0.40	-678 a -136	-343 a -73	-224 a -50	-343 a -73	-300 a -64	-285 a -62	-64 a -38	
	1996	$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.147	0.162	—	0.172	0.131	0.135	—
0.40			0.199	0.227	—	0.240	0.233	0.232	—	0.226
média			0.173	0.195	—	0.206	0.182	0.184	—	0.188 / 0.0
Ψ / kPa		0.20	<-1500	<-1500	—	<-1500	<-1500	<-1500	—	
		0.40	<-1500 a -1352	<-1500 a -351	—	-1105 a -215	-1446 a -277	<-1500 a -288	—	
1997		$\theta_V / m^3.m^{-3}$	0.20	0.221	0.242	—	0.266	0.260	—	—
	0.40		0.276	0.290	—	0.289	0.298	—	—	0.288
	média		0.249	0.266	—	0.278	0.279	—	—	0.268 / 110.0
	Ψ / kPa	0.20	<-1500 a -1403	-1017 a -630	—	-466 a -301	-558 a -357	—	—	
		0.40	-387 a -231	-249 a -165	—	-256 a -169	-198 a -138	—	—	

Quadro 3.42.(b) – Teor de água no solo (θ_V) no tratamento D1, próximo da plena floração (2/3 F2), em 1993, 1996 e 1997, expresso em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

ano	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1993	0.20	100	118	134	123	130	125	131	123
	0.40	100	109	116	109	111	112	121	111
1996	0.20	100	110	—	117	89	92	—	102
	0.40	100	114	—	121	117	117	—	116
1997	0.20	100	110	—	120	118	—	—	116
	0.40	100	105	—	105	108	—	—	113

A evolução do teor de água no solo no período de ensaios mostra que a satisfação das necessidades de água da cultura é mais influenciada pelo comportamento das variáveis climáticas do que pelos tratamentos de mobilização do solo. Enquanto que em 1993 e, principalmente, em 1997 a água armaze-

nada na camada mais superficial é ainda utilizável à floração, em 1996 existem já nesta fase restrições à absorção de água a partir das camadas que influenciam as leituras a 0.40 m e a 0.60 m (Quadro F.10.). Os valores relativos a 1995 (Quadro F.9.) mostram que, em anos de menor precipitação, a camada superficial do solo (0.00 – 0.10 m) pode apresentar, praticamente no início do ciclo cultural, condições que limitam o desenvolvimento das plantas.

2.4.4. Conclusões gerais

Num período habitualmente caracterizado pela escassez de precipitação, as diferenças entre sistemas de mobilização, podem ser maioritariamente atribuídas a desigualdades no armazenamento e / ou na evapotranspiração.

As diferenças no armazenamento, caracterizadas em 1993, não explicam as variações do teor de água no solo observadas durante o período de ensaios nos diferentes sistemas. Relativamente à evapotranspiração a informação obtida experimentalmente não permite uma conclusão definitiva. No entanto, o efeito dos sistemas sobre as perdas por evaporação a partir da superfície do solo é provavelmente inferior ao habitualmente referido (v. g. Hill, 1990; Tyler e outros, 1994) devido ao aproveitamento dos resíduos da cultura. Por outro lado o crescimento das plantas é frequentemente superior no sistema convencional, sobretudo quando comparado com a sementeira directa, pelo que é de admitir que pelo menos uma parte da variação no perfil hídrico observada resulte, no sistema convencional, da maior taxa de absorção de água pelas plantas que mais rapidamente aproxima o potencial do limite crítico de -1500 kPa. Esta hipótese ajuda a explicar, nos anos em que as condições são mais desfavoráveis, a proximidade dos valores da produção apesar das diferenças, por vezes significativas, do crescimento no sistema convencional e na sementeira directa.

2.5. Propriedades químicas do solo

2.5.1. Análise de variância

No Quadro 3.43. apresenta-se uma síntese dos resultados das análises de variância relativas ao pH do solo e aos teores de matéria orgânica, de fósforo e de potássio. Os tratamentos de mobilização influenciaram as propriedades químicas do solo analisadas, com exceção do pH, e / ou a sua distribuição em profundidade.

Quadro 3.43. - pH do solo (*pH*) e teores de matéria orgânica (*MO*), de fósforo (P_2O_5) e de potássio (K_2O). Resumo dos quadros de análise de variância: valores de F observados e respectivos níveis de significância.

parâmetro	ano	blocos		mobilizações	profundidades
<i>pH</i>	1993	*	mobilizações	ns	ns
			profundidades		ns
	1995	**	mobilizações	ns	ns
			profundidades		17.50***
<i>MO</i>	1993	ns	mobilizações	ns	4.35*
			profundidades		7.26**
	1995	***	mobilizações	3.96*	ns
			profundidades		17.36***
P_2O_5	1993	*	mobilizações	ns	2.11*
			profundidades		42.07***
	1995	ns	mobilizações	3.78*	2.06*
			profundidades		51.09***
K_2O	1993	ns	mobilizações	ns	4.31***
			profundidades		66.15***
	1995	ns	mobilizações	5.05**	ns
			profundidades		53.14***

2.5.2. pH do solo

Os resultados (Quadro 3.44.) não evidenciam a tendência para a redução do pH das camadas superficiais normalmente associada à mobilização reduzida e à sementeira directa (v. g. Lal e outros, 1994) possivelmente devido ao elevado poder tampão destes solos, ao facto de não se terem aplicado fertilizantes na cultura do girassol e à reduzida quantidade de resíduos que permanece à superfície do solo.

Quadro 3.44. – pH do solo na fase 1/3 F1, no tratamento D1, em 1993 e em 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios do factor profundidade.

ano	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1993	0.00 - 0.10	8.4	8.2	7.8	7.8	8.1	7.9	8.0	8.0
	0.10 - 0.20	8.3	8.1	8.0	7.9	8.2	8.2	8.1	8.1
	0.20 - 0.30	8.3	8.3	7.8	8.2	8.3	8.3	8.0	8.2
	média	8.3	8.2	7.9	8.0	8.2	8.1	8.0	8.1
1995	0.00 - 0.10	9.0	9.1	9.1	8.9	9.1	9.0	9.2	9.1 b
	0.10 - 0.20	9.1	9.1	9.1	9.0	9.2	9.1	9.2	9.1 a
	0.20 - 0.30	9.1	9.2	9.1	9.1	9.3	9.2	9.3	9.2 a
	média	9.1	9.1	9.1	9.0	9.2	9.1	9.2	9.1

2.5.3. Matéria orgânica

Apesar de os teores de matéria orgânica se poderem considerar baixos e, nalguns casos, muito baixos (Santos, 1996) os resultados (Quadros 3.45.(a) e 3.45.(b)) sustentam a tendência para a redução da intensidade da acção das máquinas sobre o solo contribuir para o aumento do teor de matéria orgânica e para a sua concentração na camada superficial, frequentemente referida na bibliografia (v. g. Riley e outros, 1994; Comia e outros, 1994). A utilização da palha e do restolho das culturas da rotação contribui para os baixos teores observados.

Quadro 3.45.(a) – Teor de matéria orgânica (MO / %) na fase 1/3 F1, no tratamento D1, em 1993 e em 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos factores mobilização do solo e profundidade e da interacção mobilizações x profundidades.

ano	prof. / m	tratamento de mobilização do solo						média	
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
1993	0.00 - 0.10	1.03 b	—	—	1.15 b	1.39 a	—	1.19	
	0.10 - 0.20	1.08 a	—	—	1.08 a	1.18 a	—	1.11	
	0.20 - 0.30	1.08 a	—	—	0.94 b	1.14 a	—	1.06	
	média	1.06	—	—	1.06	1.24	—	1.12	
1995	0.00 - 0.10	1.11	1.22	1.36	1.46	1.35	1.68	1.35	1.36 a
	0.10 - 0.20	1.02	1.05	1.31	1.22	1.18	1.23	1.35	1.19 b
	0.20 - 0.30	0.91	1.12	1.04	1.29	0.98	1.05	1.08	1.07 c
	média	1.02 c	1.13 bc	1.24 ab	1.32 a	1.17 abc	1.32 a	1.26 ab	1.21

Quadro 3.45.(b) – Teores de matéria orgânica na camada 0.00 – 0.10 m, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	tratamento de mobilização do solo						média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	
MO	1993	100	—	—	112	135	—	116
	1995	100	110	123	132	122	151	123

2.5.4. Fósforo e potássio

Comparando os resultados obtidos com os limites indicados por Santos (1996) verifica-se que, de um modo geral, a disponibilidade de fósforo e de potássio na camada 0.00 – 0.30 m não constitui uma limitação severa à absorção destes nutrientes pela cultura.

A distribuição dos nutrientes em profundidade apresenta, nos diferentes sistemas de mobilização do solo, uma tendência idêntica à descrita na bibliografia (Blevins e outros, 1984; Dick e Daniel, 1987; Riley e outros, 1994; Comia e outros, 1994). A mobilização do solo contribuiu no caso do fósforo (Quadro 3.46.(a)), elemento de reduzida mobilidade no solo, para a maior homogeneidade do perfil no sistema convencional (ALQ) enquanto que nos outros tratamentos se observa maior concentração na camada 0.00 – 0.10 m. O padrão de distribuição do potássio, apesar da sua maior mobilidade no solo, é semelhante ao do fósforo apresentando a camada superficial dos tratamentos de mobilização reduzida e de sementeira directa os teores mais elevados deste nutriente.

Quadro 3.46.(a) – Teores de fósforo (P_2O_5 / $mg.kg^{-1}$) e de potássio (K_2O / $mg.kg^{-1}$) extraíveis, na fase 1/3 F1, no tratamento D1, em 1993 e 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios dos factores mobilização do solo e profundidade e da interacção mobilizações x profundidades.

parâmetro	ano	prof. / m	tratamento de mobilização do solo						média	
			ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
P_2O_5 / $mg.kg^{-1}$	1993	0.00 - 0.10	48 ⁽¹⁾ c	81 ab	52 bc	74 abc	92 a	76 abc	96 a	74
		0.10 - 0.20	49 a	46 a	37 a	37 a	40 a	37 a	65 a	44
		0.20 - 0.30	60 a	25 b	24 b	26 b	34 ab	31 b	41 ab	34
		média	52	51	38	46	55	48	67	51
	1995	0.00 - 0.10	70 c	104 ab	97 b	118 ab	117 ab	124 a	103 ab	105
		0.10 - 0.20	71 b	94 a	82 ab	90 a	87 a	88 a	77ab	84
		0.20 - 0.30	65 b	82 a	80 ab	73 ab	77 ab	70 ab	71 ab	74
	média	69	93	86	94	94	94	84	88	
K_2O / $mg.kg^{-1}$	1993	0.00 - 0.10	222 ⁽¹⁾ c	300 b	314 b	332 b	410 a	363 ab	373 ab	331
		0.10 - 0.20	288 a	194 bc	213 abc	178 c	254 ab	230 abc	279 a	234
		0.20 - 0.30	288 a	152 c	149 c	179 bc	209 b	229 b	217 b	203
		média	266	215	225	230	291	274	290	256
	1995	0.00 - 0.10	237	355	336	394	452	415	344	362 a
		0.10 - 0.20	238	327	278	313	292	291	271	287 b
		0.20 - 0.30	196	289	275	263	262	248	247	254 c
	média	224 b	324 a	296 a	323 a	335 a	318 a	287 a	301	

(1) valores estimados devido à existência de dados em falta.

Quadro 3.46.(b) – Teores de fósforo e de potássio extraíveis na camada 0.00 – 0.10 m, expressos em percentagem dos valores médios do tratamento ALQ.

parâmetro	ano	tratamento de mobilização do solo						média	
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
P_2O_5	1993	100	169	108	154	192	158	200	154
	1995	100	149	139	169	167	177	147	150
K_2O	1993	100	135	141	150	185	164	168	149
	1995	100	150	142	166	191	175	145	153



IV. CONCLUSÃO

Os resultados dos quatro anos de ensaios mostram que é possível, actuando simultaneamente sobre a data de sementeira, substituir o sistema convencional de mobilização do solo baseado na lavoura com charrua de aivecas por sistemas mais conservativos como a mobilização reduzida ou a sementeira directa, sem afectar significativamente a produção da cultura do girassol.

Porém, mesmo com a antecipação da sementeira, mantém-se elevado o risco de insucesso na sementeira directa. Neste sistema o principal factor limitante da produção é a densidade populacional, que se revelou fortemente dependente da ocorrência de precipitação após a sementeira.

A influência da tecnologia de sementeira sobre o estabelecimento da cultura é comprovada pelos resultados obtidos com o semeador de fresas (tratamento SDF) que são normalmente superiores aos alcançados com o semeador de disco triplo (tratamento SDD). No entanto, nos anos em que as condições climáticas são mais desfavoráveis, o risco associado a qualquer dos semeadores utilizados é suficientemente elevado para pôr em causa a viabilidade do sistema.

A realização da sementeira na época habitual para a Região torna mais difícil a substituição do sistema convencional pelas alternativas estudadas, principalmente pela sementeira directa. Nesta época de sementeira, à dificuldade de estabelecimento da cultura - agravada pela menor probabilidade de ocorrência de precipitação - associam-se as condições de crescimento mais desfavoráveis resultantes do agravamento do défice hídrico e do aumento da resistência mecânica do solo. Neste contexto o sistema convencional revela-se mais interessante por assegurar um melhor estabelecimento da cultura, criando simultaneamente melhores condições de crescimento que se traduziram sempre em maiores produções.

A compensação entre componentes do rendimento não se revelou na generalidade dos anos uma forma eficaz de garantir a estabilidade da produção, mesmo quando o número de grãos por unidade de área foi muito afectado, devido à menor plasticidade do peso de mil grãos e à forte limitação imposta pelo défice hídrico nos períodos da floração e maturação.

O atraso inicial do crescimento observado na sementeira directa nem sempre representou uma limitação da produção, dependendo a sua importância do percurso de crescimento da cultura.

Os sistemas de mobilização influenciaram de um modo geral todas as propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo estudadas, com excepção do pH. No entanto, é essencialmente o seu efeito sobre a resistência mecânica do solo que os diferencia encontrando-se as condições mais favoráveis no sistema tradicional e as maiores limitações na sementeira directa. Neste sistema a quantidade e continuidade da porosidade biológica e / ou a regeneração natural dos solos associado ao seu carácter vértico tem uma grande importância que os resultados obtidos não reflectem. Uma explicação possível é o facto do diâmetro dos canais gerados pela cultura do trigo ser insuficiente para o crescimento das raízes do girassol, efeito que se agrava com a sementeira tardia devido à maior resistência do solo.

O trabalho realizado sugere como principais orientações para a investigação a desenvolver no futuro:

- a adaptação da técnica cultural à antecipação da data de sementeira procurando o estado físico do solo mais favorável;
- o estudo da tecnologia de sementeira de forma a garantir níveis de estabelecimento da cultura pelo menos equivalentes ao do sistema convencional.

BIBLIOGRAFIA

- Alessi, J., Power, J. F. e Zimmerman, D. C. (1977). Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population and row spacing. *Agron. J.* 69, 465 – 469. (1)
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements". FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Allmaras, R. R., Langdale, G. W., Unger, P. W., Dowdy, R. H. e Van Doren, D. M. (1991). Adoption of conservation tillage and associated planting systems. Em: R. Lal e F. J. Pierce, eds., "Soil Management for Sustainability", Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, 53 – 83. (1)
- Almeida, G (1988). "Sistema Internacional de Unidades (SI). Grandezas e Unidades Físicas - terminologia, símbolos e recomendações". Plátano Editora, Lisboa.
- Anderson, G., Pidgeon, J. D., Spencer, H. B. e Parks, R. (1980). A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *J. Soil Sci.* 31, 279 – 296.
- Ankeny, M. D., Kaspar, T. C. e Horton, R. (1990). Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 837-840.
- Arnau, J. G. (1988). El cultivo del girassol. "Hojas divulgadoras". Ministério de agricultura, Pesca y Alimentacion 20, 3 – 24. (1)
- Arndt, C. H. (1945). Temperature-growth relations of the roots and hypocotyls of cotton seedlings. *Plant Physiol.* 20, 200 – 220. (1)
- Baker, C. J, Chaudhry, A. D., e Springett, J. A. (1988). Barley seeding establishment by direct drilling in a wet soil. III. Comparasion of six seed sowing techniques. *Soil Tillage Res.* 11, 167 –181. (1)
- Baker, C. J. (1976). Experiments relating to techniques for direct drilling of seeds into untilled dead turf. *J. Agric. Eng. Res.* 32, 133 – 145. (1)

- Baker, C. J. (1985). Technical potentialities of overdrilling for hill pasture improvement and renovation. Em: "3rd Anim. Sci. Congr. Asian Australasian Association of animal production societies (AAAP). Part 1", Seoul, South Korea, 211 – 218. (1)
- Baker, C. J. e Choudhary, M. A. (1988). Seed placement and micro-management of residue in dryland no-till. Em: P. W. Unger, T. V. Sneed, W. R. Jordan e R. Jensen, eds., "Challenges in dryland agriculture – a global perspective", Amarillo/Bushland, TX, 544 – 546. (1)
- Baker, C. J. e Mai, T. V. (1982). Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. V. Grove compaction and seedling root development. *N. Z. J. Agric. Res.* 25, 51 – 60. (1)
- Balabanian, O. (1984). "Problemas agrícolas e reformas agrárias no Alto Alentejo e na Estremadura Espanhola". Associação Central Agric. Port., Lisboa.
- Barber, S. A. e Humbert, R. P. (1963). Advances in knowledge of potassium relationships in the soil and plant. Em: M. H. McVickar, G. L. Bridger e L. B. Nelson, eds., "Fertilizer technology and usage", Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, 231-268. (1)
- Barros, J. F. C. (2000). "Factores limitantes à produtividade do girassol em condições de sequeiro e efeitos de diferentes aspectos da técnica cultural". Dissertação de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora.
- Basch, G., Mendes, J. P., Carvalho, M. J. G. P. R., Marques, F., Santos, M. J. (1998). Influence of tillage system on water regime in irrigated and rainfed sunflower production. Em: L. S. Pereira e J. W. Gowing, eds., "Water and the Environment. Innovation Issues in Irrigation and Drainage", ICID-CIID e E & FN Spon, London, 381 – 389.
- Bengough, A. G. (1991). The penetrometer in relation to mechanical resistance to root growth. Em: K. A. Smith e C. E. Mullins, eds., "Soil analysis: physical methods", Marcel Dekker, New York, 431 – 445. (1)
- Beven, K.J. e German, R. F. (1982). Macropores and water flow in soils. *Water Resour. Res.* 18, 1311 – 1325. (1)
- Blackwell, P. S., Graham, J. P., Armstrong, J. V., Ward, M. A., Howse, K. R., Dawson, C. J. e Butler, C. J. (1986). Compaction of a silt loam soil by agricultural vehicles. I. Effects upon soil conditions. *Soil tillage Res.* 7, 97 – 116. (1)

- Blanchet, R., Texier, V., Gelfi, N. e Viguié, P. (1990). Articulations des divers processus d'adaptation à la sécheresse et comportements globaux du tournesol. Em: "Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation", Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 45 - 55.
- Blevins, R. L., Frye, W. W. e Smith, M. S. (1985). The effects of conservation tillage on soil properties. Em: F. M. D'Itri, ed., "A systems approach to conservation tillage", Lewis Publishers, Chelsea MI, 99 - 120. (1)
- Blevins, R. L., Scott Smith, M. e Thomas, G. W. (1984). Changes in soil properties under no-tillage. Em: R. E. Phillips e S. H. Phillips, eds., "No-tillage agriculture, principles and practices", Van Nostrand Reinhold, New York, 190 - 230. (1)
- Blum, A. (1979). Genetic improvement of drought resistance in crop plants: a case for sorghum. Em: H. Musell and R. C. Staples, eds., "Stress Physiology in Crop Plants", Wiley Interscience, New York, 430 - 445. (1)
- Boone, F. R. e Veen, B. W. (1994). Mechanisms of crop responses to soil compaction. Em: Soane B. D. e van Ouwerkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", Developments in Agricultural Engineering 11, Elsevier Science B. V., 237 - 264.
- Børresen, T. e Njøs, A. (1990). The effects of three tillage systems combined with different compaction and mulching treatments on soil temperature and soil thermal properties. *Norw. J. Agric. Sci.* 4, 363 - 371. (1)
- Bouwer, H. (1978). "Groundwater hydrology". McGraw-Hill, Toronto. (1)
- Bowen, H. D. (1981). Em: G. F. Arquin e Taylor, H. M., eds. "Modifying the root environment to reduce crop stress", ASAE Monog. (1)
- Brady, N. C. e Weil, R. R. (1996). "The nature and properties of soils", 11th edition. Prentice-Hall International Editions, New Jersey.
- Bremner, P. M. e Preston, G. K. (1990). A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. II Plant water relations, growth and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 41, 463 - 478.

- Bremner, P. M., Preston, G. K. e St. Groth, C. F. (1986). A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. I. Water extraction. *Aust. J. Agric. Res.* 37, 483 – 493.
- Brennan, P. S. e Henry, R. J. (1987). Breeding strategies for amelioration of crop establishment problems. Em: I. M. Wood, W. H. Hazard and F. R. From, eds., "Crop Establishment Problems in Queensland: Recognition, Research and Resolution", Occas. Publ. No. 34, Australian Institute of Agricultural Science, Brisbane, Qld., 107 – 119. (1)
- Brussaard, L. e van Faassen, H. G. (1994). Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. Em: Soane B. D. e van Ouwerkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production". Developments in Agricultural Engineering 11, Elsevier Science B. V., 215 – 235.
- Burke, W., Gabriels, D. e Bouma, J. (1986). "Soil Structure Assessment". Balkema, Rotterdam. (1)
- Caixeirinho, J. (1990). "Ensaio de Datas de Sementeira e Variedades de Girassol". Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agrícola, Universidade de Évora.
- Canarache, A. (1990). PENETR – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Tillage Res.* 16, 51 – 70. (1)
- Cannell, R. Q. (1977). Soil aeration and compaction in relation to root growth and soil management. *Adv. Appl. Biol.* 2, 1 – 86. (1)
- Cardoso, J. V. J. C. (1965). "Os solos de Portugal. Sua classificação caracterização e génese. 1 – A Sul do rio Tejo". Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.
- Cardoso, J. V. J. C. (1974). A classificação dos solos de Portugal. Nova Versão. Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário. *Boletim dos Solos* 17, 14 – 46.
- Carter, M. R. (1987). Physical properties of some Prince Edward Island soils in relation to their tillage requirement and suitability for direct drilling. *Can. J. Soil Sci.* 67, 473 – 487. (1)
- Carter, M. R. (1994). Strategies to overcome impediments to adoption of conservation tillage. Em: M. R. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 3 – 19.

- Carter, M. R., Kunelius H. T., White, R. P. e Campbell, A. J. (1990). Development of direct-drilling systems for sandy loam soils in the cool humid climate of atlantic Canada. *Soil Tillage Res.* 16, 371 – 387. (1)
- Carvalho, M. (1993). A utilização racional da mobilização. *Vida Rural* 23 / 1993.
- Carvalho, M. e Basch, G. (1994). Experiences with direct drilling in Portugal. Em: F. Tebrugge, ed., "Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West- European countries", Proceedings of the E. C. Workshop – I, 105 – 110.
- Carvalho, M. e Basch, G. (1995). Long term effects of two different soil tillage treatments on a vertisol in Alentejo Region of Portugal. Em: F. Tebrugge e A. Böhrnsen, eds., "Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West- European countries", Proceedings of the E. C. Workshop – II, 17 – 23.
- Carvalho, M. J. R., Basch, G., Azevedo, A. L. e Machado, L. (1991). Efeitos de datas e densidades de sementeira na cultura do girassol, em solos de Barro Preto (Bp). *Agronomia Lusitana* 45, 137 – 158. (1)
- Cassel, D. K., Bowen, H. D. e Nelson, L. A. (1978). An evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on Norfolk sandy loam. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 116 – 120. (1)
- Cassel, D. K., e Nelson, L. A. (1985). Spatial and temporal variability of soil physical properties of Norfolk loamy sand as affected by tillage. *Soil Tillage Res.* 5, 5 – 17. (1)
- CETIOM (1983). "Physiologie de la formation du rendement chez le tournesol". *Inf. Tech.*, II. (1)
- Chaudhry, A. D. e Baker, C. J. (1988). Barley seeding establishment by direct drilling in a wet soil. I. Effects of openers under simulated rainfall and high water table conditions. *Soil Tillage Res.*, 111, 43 –61. (1)
- Chaudhry, A. D., Baker, C. J. e Springett, J. A. (1986). Barley seeding establishment by direct drilling in a wet soil. II. Effects of earthworms, residue and openers. *Soil Tillage Res.*, 9, 123 –133. (1)
- Choudhary, M. A. e Baker, C. J. (1980). Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. I. Wheat seedling emergence from a dry soil under controlled climates. *N. Z. J. Agric. Res.* 23, 489 – 496. (1)

- Choudhary, M. A. e Baker, C. J. (1981). Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. III. Wheat seedling performance and in-grove micro-environment in a dry soil. *N. Z. J. Agric. Res.* 24, 183 – 187. (1)
- Choudhary, M. A. e Baker, C. J. (1982). Effects of drill coulter design and soil moisture status on emergence of wheat seedlings. *Soil Tillage Res.* 2, 131 – 142. (1)
- Choudhary, M. A. e Baker, C. J. (1994). Overcoming constraints to conservation tillage in New Zealand. Em: M. R. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 183 – 207.
- Choudhary, M. A., Guo, Pei Yu. e Baker, C. J. (1985). Seed placement effects on seedling establishment in direct drilled fields. *Soil Tillage Res.*, 6, 79 – 93. (1)
- Coleman, D. C., Odum, E. P. e Crossley, Jr., D. A. (1992). Soil biology, soil ecology, and global change. *Biol. Fertil. Soils* 14, 104 – 111. (1)
- Collis-George, N. e Lloyd, J. E. (1979). The basis for a procedure to specify soil physical properties for a seedbed for wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 30, 831 – 846. (1)
- Comia, R. A., Stenberg, M., Nelson, P., Rydberg, T., Håkansson, I. (1994). Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil Tillage Res.* 29, 335 – 355.
- Connor, D. J. e Jones, T. R. (1985). Response of sunflower to strategies of irrigation. II – Morphological and physiological responses to water stress. *Field Crops Res.* 12, 91 – 103.
- Costa, J. B. (1975). "Caracterização e constituição do solo". Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Dagnelie, P. (1973a). "Estatística: teoria e métodos", vol. 1. Publicações Europa-América, Mem Martins.
- Dagnelie, P. (1973b). "Estatística: teoria e métodos", vol. 2. Publicações Europa-América, Mem Martins.
- Dalal, R. C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a Vertisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1511 - 1515.
- Deibert, E. J. (1987). Sunflower production comparisons with conventional and reduced tillage systems. *N. D. Farm Res.* 44(5), 25 – 29. (1)

- Deibert, E. J. (1989). Reduced tillage system influence on yield of sunflower hybrids. *Agron. J* 81, 274 – 279.
- Deibert, E. J. e Utter, R. A. (1989). Sunflower growth and nutrient uptake: response to tillage system, hybrid maturity and weed control method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 133 – 138. (1)
- DeLeenheer, L. e DeBoodt, M. (1954). Discussion on aggregate analysis of soils by wet sieving. *Trans. Int. Congr. Soil Sci.*, 5th, Leopoldville 2, 111-117. (1)
- Dexter, A. R. (1976). Internal structure of tilled soil. *J. soil Sci.* 27, 267 – 276. (1)
- Dexter, A. R. (1986a). Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. I. Effects of seed-bed aggregate size and sub-soil strength on wheat roots. *Plant Soil* 95, 123 – 133. (1)
- Dexter, A. R. (1986b). Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. II. Entry of pea and wheat roots into sub-soil cracks. *Plant Soil* 95 135 – 147. (1)
- Dexter, A. R. (1986c). Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. III. Entry of pea and wheat roots into cylindrical pores. *Plant Soil* 95 149 – 161. (1)
- Dexter, A. R. (1987). Mechanics of root growth. *Plant Soil* 98, 303 – 312. (1)
- Dexter, A. R. (1988). Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.* 11, 199 – 238. (1)
- DGQ (1985). "Oleaginosas. Determinação do teor de gordura". NP – 856, Direcção Geral da Qualidade, Lisboa.
- Dick, W. A. e Daniel, T. C. (1987). soil chemical and biological properties as affected by conservation tillage: environmental implications. Em: T. J. Logan, J. M. Davidson, J. L. Baker e M. R. Overcash, eds., "Effects of conservation tillage on groundwater quality. Nitrates and pesticides", Lewis Publishers, Chelsea MI, 125 – 147. (1)
- Douglas, J. T. e Gross, M. J. (1987). Modification of porespace by tillage in two stanogley soils with contrasting management histories. *Soil Tillage Res.* 10, 303 – 317. (1)

- Douglas, J. T., Gross, M. J. e Hill, D. (1981). Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radioactive tracer (^{144}Ce) technique. *Soil Tillage Res.* 1, 11 – 18. (1)
- Douglas, J. T., Jarvis, M. G., Howse, K. R. e Goss, M. J. (1986). Structure of a silty soil in relation to management. *J. Soil. Sci.* 37, 137 – 151. (1)
- Dunn, G. H. e Phillips, R. E. (1991). Macroporosity of a well-drained soil under no-till and conventional tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 817 - 823.
- Edwards, W. M. e Norton, L. D. (1986). Effect of macropores on infiltration into non-tilled soil. *Trans. 13th Congr. Int. Soc. Soil Sci.* 5, 47 – 48. (1)
- Ehlers, W. (1975). Observations of earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Sci.* 119, 242 – 249. (1)
- Ehlers, W. (1982). "Penetrometer soil strength and root growth in tilled and untilled soil". Proc. 9th Conf. ISTRO, Osijek, Yugoslavia, 458 – 463. (1)
- Ehlers, W. (1991). Wirkung von Bearbeitungssystemen auf gefügeabhängige Eigenschaften verschiedener Böden. *Ber. Landwirtsch. Sonderh.* 204, 118 – 137. (1)
- Ehlers, W. e Claupein, W. (1994). Approaches toward conservation tillage in Germany. Em: M. R. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 141 – 165.
- Ehlers, W., Köpke, U., Hesse, F. e Böhm, W. (1983). Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res.* 3, 261 – 275. (1)
- Eijkelkamp (1994). "Operating instructions 06.15 penetrolgger". Eijkelkamp Agrisearch Equipment, The Netherlands.
- Ela, S. D., Gupta, S. C. e Rawls, W. J. (1992). Macropore and surface seal interactions affecting water infiltration into soil. *Soil sci. Soc. am. J.* 56, 714 – 721. (1)
- Erbach, D. C. (1994). Benefits of tracked vehicles in crop production. Em: Soane B. D. e van Ouwkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", *Developments in Agricultural Engineering* 11, Elsevier Science B. V., 501 – 520.

- FAO (1977). "Guidelines for soil profile description", 2nd edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Feio, M. (1991). "Clima e agricultura". Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa.
- Fereres, E., Gimenez, C. e Fernandez, J. M. (1986). Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I. Yield relationships. *Aust. J. Agric. Res.* 37, 573 – 582.
- Ferraris, R. (1992). Seedbed factors affecting establishment of summer crops in a Vertisol. *Soil Tillage Res.* 23, 1 – 25.
- Fischer, K. S., Johnson, E.C. e Edmeades, G. O. (1982). Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. Em: "Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice". IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, 377 – 399. (1)
- Fischer, R. A. (1981). Optimizing the use of water and nitrogen through breeding of crops. *Plant Soil* 58, 249 – 278. (1)
- Freebairn, D. M., Loch, R. J. E., Glanville, S. F. e Boughton, W. C. (1984). The use of simulated rain and rainfall-runoff data to determine "final" infiltration rates for a heavy clay. Em: J. W. McGarity, E. H. Hoult e H. B. So, eds., "Properties and utilization of cracking clay soils", *Rev. Rural Sci.* 5, 348 – 351. (1)
- Freebarin, D. M., Gupta, S. C., Onstad, C. A. e Rawls, W. J. (1989). Antecedent rainfall and tillage effects upon infiltration. *Soil sci. Soc. am. J.* 53, 1183 – 1189. (1)
- Gantzer, C. J. e Blake, G. R. (1978). Physical characteristics of Le Sueur clay loam soil following no-till and conventional tillage. *Agron. J.* 70, 853 – 857. (1)
- Gardner, W. R. (1970). Field measurement of soil diffusivity. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 34, 832. (1)
- Gerrard, A. J. (1982). The use of hand-operated soil penetrometers. *Area* 14, 227 – 234. (1)
- Gill, W. R. e Vanden Berg, G. E. (1968). "Soil dynamics in tillage and traction". Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.
- Gimenez, C. e Fereres, E. (1986). Genetic variability in sunflower cultivars under drought. II Growth and water relations. *Aust. J. Agric. Res.* 37, 583 – 597.

- Giménez, C. e Fereres, E. (1987). Resistencia a la sequia de cultivares de girassol, bajo condiciones de campo. *I.N.I.A. – Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetables* 2(1), 68 – 87. (1)
- Giráldez, J. V. e González, P. (1994). No tillage in claysoils under Mediterranean climate: physical aspects. Em: F. Tebrugge e A. Bohrsen, eds., "Proceedings of EC-Workshop – I – Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries, Giessen, 111 – 117. (1)
- Glasbey, C. A. e O' Sullivan, M. F. (1988). Analysis of cone resistance data with missing observations below stones. *J. Soil Sci.* 39, 587 - 592.
- Goinhas, J. (1977). "Levantamento geológico de Beja", escala 1:25 000, folha 521. SFM, Arquivo do IGM.
- Gomez K. A. e Gomez A. A. (1984). "Statistical procedures for agricultural research", 2nd edition. An International Rice Research Institute Book. John Wiley & Sons. New York.
- Green, B. S. (1992). "The effects of long-term crop rotation and tillage on corn growth and selected soil properties". M.Sc. thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario. (1)
- Gregory, P. J. (1988a). Crop growth and development. Em: "Russell's soil conditions and plant growth", 11th edition. Ed. Alan Wild, Longman Scientific & Technical, Essex., 31 – 68.
- Gregory, P. J. (1988b). Growth and functioning of plant roots. Em: "Russell's soil conditions and plant growth", 11th edition. Ed. Alan Wild, Longman Scientific & Technical, Essex, 113 – 167.
- Guérif, J., Richard, G., Dürr, C., Machet, J. M., Recous, S., Roger-Estrade, J. (2001). A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil Tillage Res.* 61, 13 – 32.
- Guérif, J. (1994). Effects of compaction on soil strength parameters. Em: Soane B. D. e van Ouwerkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", Developments in Agricultural Engineering 11, Elsevier Science B. V., 191 – 214.
- Hadas, A. e Russo, D. (1974). Water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity and seed-soil water contact. II. Analysis of experimental data. *Agron. J.* 66, 647 – 652. (1)

- Hadas, A. e Shmulevich, I. (1990).spectral analysis of cone penetrometer data for detecting spatial arrangement of soil clods. *Soil Tillage Res.* 18, 47 – 62. (1)
- Håkansson, I. e Lipiec, J. (2000). A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Res.* 53, 71 – 85.
- Håkansson, I., Voorhees, W. B. e Riley, H. (1988). Weather and other environmental factors influencing crop response to tillage and traffic. *Soil Tillage Res.* 11, 239 – 282. (1)
- Hamblin, A. (1985). The influence of soil structure on water movement, crop growth and water uptake. *Adv. Agron.* 38, 95 – 158. (1)
- Hammel, J. E. (1995). Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production in northern Idaho. *Agron. J.* 87, 16 – 22. (1)
- Hattendorf, M. J., Redelfs, M. S., Amos, B., Stone, L. R. e Gwin, Jr., R. E. (1988). Comparative water use characteristics of six row crops. *Agron. J.* 80, 80 – 85.
- Helalia, A. W. (1993). The relation between soil infiltration and effective porosity in different soils. *Agric. Water Manage.* 24, 39 – 47.
- Hénin, S. (1976). "Cours de phisique du sol", vol. 1. Orstom, Paris.
- Hill, R. L. (1990). Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 161 – 166.
- Hill, R. L. e Meza-Montalvo, M. (1990). Long-term wheel traffic effects on soil physical properties under different tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 865 – 870.
- Hillel, D. (1998). "Environmental soil physics". Academic Press, New York.
- Holloway, R. E. e Dexter, A. R. (1990). Traffic intensity on arable land on the Eyre peninsula of South Australia. *J. Terramech.* 27, 247 – 259. (1)
- Horn, R. (1990). Aggregate characterization as compared to soil bulk properties. *Soil Tillage Res.* 17, 265 – 289. (1)

- Horn, R. e Lebert, M. (1994). Soil compactability and compressibility. Em: Soane B. D. e van Ouwerkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", *Developments in Agricultural Engineering* 11, Elsevier Science B. V., 45 – 69.
- Horton, R., Ankeny, M. D. e Allmaras, R. R. (1994). Effects of compaction on soil hydraulic properties. Em: Soane B. D. e van Ouwerkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", *Developments in Agricultural Engineering* 11, Elsevier Science B. V., 141 – 165.
- Hunt, R. (1978). "Plant growth analysis". *Studies in biology*, 96, ed. Edward Arnold, London.
- IGC (1979). Carta Corográfica de Portugal, escala 1:50 000, folha 43C. Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa.
- INE e Junta de Extremadura (2001). "Estatísticas das regiões fronteiriças da Extremadura, do Alentejo e da Região Centro". Consejería de Economía, Industria e Comercio, Junta de Extremadura.
- Jones, O. R. (1984). Yield, water-use efficiency and oil concentration and quality of dryland sunflower in the Southern High Plains. *Agron. J.* 76(2), 229 – 235. (1)
- Jury, W. A.; Gardner, W. R. e Gardner, W. H. (1991). "Soil physics". John Wiley & Sons, New York.
- Kanwar, R. S., Rizvi, H. A., Ahmed, M., Horton, R., Marley, S. J. (1989). Measurement of field-saturated hydraulic conductivity by using Guelph and velocity permeameters. *Transactions of the ASAE* 32(6), 1885 – 1890.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S. e Jordahl, J. L. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. *Soil Tillage Res.* 32, 313 – 327.
- Kemper, W. D. (1965). Aggregate stability. Em: "Methods of Soil Analysis", Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. (1)
- Kemper, W. D., Stewart, B. A. e Porter, L. K. (1971). Effects of compaction on soil nutrient status. Em: K. K. Barnes, W. M. Taylor, R. I. Throckmorton e G. E. Vanden Berg, eds., "Compaction in agricultural soils", American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, MI, 178 – 189. (1)
- Kladivko, E. J., Griffith, D. R. e Mannering, J. V. (1983). Conservation tillage studies on a Clermont silt loam soil. *Proc. Ind. Acad. Sci.* 92: 441 – 445. (1)

- Kooistra, M. J. e Tovey, N.K. (1994). Effects of compaction on soil microstructure. Em: Soane B. D. e van Ouwkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", *Developments in Agricultural Engineering* 11, Elsevier Science B. V., 91 – 111.
- Kooistra, M. J., Schoonderbeck, D., Boone, F. R., Veen, B. W. e van Noordwijk, M. (1992). Root-soil contact of maize, as measured by a thin-section technique. *Plant Soil* 139, 119 – 129. (1)
- Koorevaar, P., Menelik, G. e Dirksen, C. (1983). "Elements of soil physics", 3rd edition. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Kuipers, H. (1963). The objectives of soil tillage. *Neth. J. Agric. Sci.* 11, 91 – 96. (1)
- Lal, R., Logan, T. J., Eckert, D. J., Dick, W. A. e Shipitalo, M. J. (1994). Conservation tillage in the Corn Belt of the United States. Em: M. C. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 73 – 114.
- Larney, F. J. e Kladvko, E. J. (1989). Soil strength properties under four tillage systems at three long-term study sites in Indiana. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1539 - 1545.
- Leslie, J. K. (1965). Factors responsible for failures in the establishment of summer grasses on the black earths of the Darling Downs, Queensland. *Qld. J. Agric. Anim. Sci.* 22, 17 – 38. (1)
- Lindwall, C. W. e Erbach (1983). Residue cover, soil temperature regimes and corn growth. *Am. Soc. Agric. Eng.* 83-1024. (1)
- Lipiec, J. e Stepniewski, W. (1995). Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. *Soil Tillage Res.* 35, 37 – 52.
- Lipiec, J. Ishioka, T., Hatano, R. e Sakuma, T. (1993). Effect of structural discontinuity on root and shoot growth and water use of maize. *Plant Soil* 157, 65 – 74. (1)
- LNETI (s.d.). "Manual de operação da Densolo". Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Sacavém.
- Loch, R. J. e Donnollan, T. E. (1983). Field rainfall simulator studies on two clay soils on the Darling Downs. II. Aggregate breakdown, sediment properties and soil erodibility. *Aust. J. Soil Res.* 21, 47 – 58. (1)

- Logsdon, S. D., Allmaras, R. R., Wu, L., Swan, J. B. e Randall, G. W. (1990). Macroporosity and its relation to saturated hydraulic conductivity under different tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 1096 – 1101.
- Logsdon, S. D., Jordahl, J. L. e Karlen, D. L. (1993). Tillage and crop effects on ponded and tension infiltration rates. *Soil Tillage Res.* 28, 179 – 189.
- Loomis, R. S. (1983). Crop manipulation for efficient use of water: an overview. Em: H. M. Taylor, W. R. Jordan e T. R. Sinclair, eds., "Limitations to Efficient Water Use in Crop Production", Am. Soc. Agron., Madison, Wisc., 345 – 374. (1)
- Lynch, J. M. (1978). Production and phytotoxicity of acetic acid in anaerobic soils containing plant residues. *soil Biol. Biochem.* 10, 131 –135. (1)
- Mahboubi, A. A., Lal, R. e Fausey, N. R. (1993). Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 506 – 512. (1)
- Mannering, J. V., Schertz, D. L. e Julian, B. A. (1987). Overview of conservation tillage. Em: T. J. Logan, J. M. Davidson, J. L. Baker e M. R. Overcash, eds., "Effects of conservation tillage on groundwater quality", Lewis Publishers, Chelsea, MI, 3 – 17. (1)
- Marshall, T. J., Holmes, J. W. e Rose, C. W. (1996). "Soil physics", 3rd edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mason, W. K., Meyer, W. S., Smith, R. C. G. e Barrs, H. D. (1983). Water balance of three irrigated crops on fine-textured soils of the Riverine Plain. *Aust. J. Agric. Res.* 34, 183 – 191. (1)
- Mathers, A. C. e Stewart, B. A. (1982). Sunflower nutrient uptake, growth, and yield as affected by nitrogen or manure, and plant population. *Agron. J.* 74, 911 – 915.
- McWhorter, D. B., Corey, A. T. e Adam, K. M. (1973). The elimination of trapped gas from porous media by diffusion. *Soil Science* 116(1), 18 – 25. (1)
- Meek, B. D., DeTar, W. R. Rolph, D. Rechel, E. R. e Carter, L. M. (1990). Infiltration rate as affected by an alfalfa and no-till cotton cropping system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 505 – 508. (1)

- Meinke, H., Hammer, G. L. e Want, P. (1993). Potential soil water extraction by sunflower on a range of soils. *Field Crops Res.* 32, 59 – 81. (1)
- Merrien, A. e Grandin, L. (1990). Comportement hydrique du tournesol: synthèse des essais "Irrigation" 1983 – 1988. Em: "Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation", Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 75 – 90.
- Mielke, L. N., Wilhelm, W. W., Richards, K. A. e Fenster, C. R. (1984). Soil physical characteristics of reduced tillage in a wheat-fallow system. *Transactions of the ASAE – 1984*, 1724 – 1728.
- Miller, R. W. e Donahue, R. L. (1990). "Soils: an introduction to soils and plant growth", 6th edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Miller, S. D. e Dexter, A. G. (1982). No-till crop production in the Red River Valley. *N. D. Farm Res.* 40(2), 3 – 5. (1)
- Misra, R. K., Dexter, A. R. e Alston, A. M. (1986). Maximum axial and radial growth pressures of plant roots. *Plant Soil* 95, 311-315. (1)
- Montgomery, D. C. (1991). "Design and analysis of experiments", 3rd edition. John Wiley & Sons, New York.
- Morizet, J. e Merrien, A. (1990). Principaux traits du comportement hydrique du tournesol. Em: "Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation", Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 7 – 20.
- Murillo, J. M., Moreno, F., Pelegrín, F. e Fernández, J. E. (1998). Responses of sunflower to traditional and conservation tillage under rainfed conditions in southern Spain. *Soil Tillage Res.* 49, 233 – 241.
- Nasr, H. M. e Selles, F. (1995). Seedling emergence as influenced by aggregate size, bulk density, and penetration resistance of the seedbed. *Soil Tillage Res.* 34, 61 – 76.
- Neter, J., Wasserman, W. e Kutner, M. H. (1985). "Applied linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs", 2nd edition. IRWIN Homewood, Illinois.

- Oleschko, K., Etchevers B., J. D. e Osorio J., L. (1993). Pedological features as indicators of tillage effectiveness in Vertisols. *Soil Tillage Res.* 26, 11 – 31.
- Oliveira, C. (1987). Tratamento estatístico dos dados. Em: "Curso sobre métodos nucleares na agricultura", 22-27 Junho 1987, LNETI, Lisboa.
- O'Sullivan, M. F., Dickson, J. W., Campbell, D. J. (1987). Interpretation and presentation of cone resistance data in tillage and traffic studies. *J. Soil Sci.* 38., 137 – 148.
- Pacheco, C. A. (1987). Sonda densolo. Em: "Curso sobre métodos nucleares na agricultura", 22 – 27 Junho 1987, LNETI, Lisboa.
- Pacheco, C. A. (1989). "Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical. Consequências das relações hídricas solo-vinha na produção". Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Passioura, J. P. (1983). Roots and drought resistance. *Agric. Water Manage.* 7, 265 – 280. (1)
- Payne, D. (1988). Soil structure, tilth and mechanical behaviour. Em: "Russell's soil conditions and plant growth", 11th edition. Ed. Alan Wild. Longman Scientific & Technical, Essex, 378 – 411.
- Pelegrin, F., Moreno, F., Martin-Aranda e Camps, M. (1990). The influence of tillage methods on soil physical properties and water balance for a typical crop rotation in SW Spain. *Soil Tillage Res.* 16, 345 – 358. (1)
- Petersen, R. G. (1985). "Design and analysis of experiments". Statistics: textbooks and monographs, vol. 66, Marcel Dekker Inc., New York.
- Picq, G. (1990). Résultats de l' Observatoire du Tournesol. Em: "Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation", Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 105 – 124.
- Pidgeon, J. D. e Soane, B. D. (1977). Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. *J. agric. Sci.* 88, 431-442.

- Pikul, Jr., J. L., Ramig, R. E. e Wilkins, D. E. (1993). Soil properties and crop yield among four tillage systems in a wheat – pea rotation. *Soil Tillage Res.* 26, 151 – 162.
- Pinthus, M. J. e Rosenblum, J. (1961). Germination and seedling emergence of sorghum at low temperatures. *Crop Sci.* 1, 293 – 296. (1)
- Piquemal, M., Cavalie, G., Poeydomenge, O. e Botella-Brandibas, A. (1990). Activité métabolique et translocations chez le tournesol soumis à un stress hydrique. Em: “Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation”, Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 32 – 44.
- Planchon, C. (1990). Adaptation du tournesol à la sécheresse: réponse de la photosynthèse au déficit hídrico. Em: “Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation”, Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 21 – 31.
- Prove, B. G., Loch, R. J. Foley, J. L., Anderson, V. J. e Younger, D. R. (1990). Improvements in aggregation and infiltration characteristics of a Krasnozem under maize with direct drill and stubble retention. *Aust. J. Soil Res.* 28, 577 – 590. (1)
- Prunty, L. (1981). Sunflower cultivar performance as influenced by soil water and plant population. *Agron. J.* 73(2), 257 – 260. (1)
- Rachidi, F., Kirkham, M. B., Stone, L. R. e Kanemasu, E. T. (1993). Soil water depletion by sunflower and sorghum under rainfed conditions. *Agric. Water Manage.* 24, 49 – 62.
- Radcliffe, D. E., Tollner, E. W., Hargrove, W. L., Clark, R. L. e Golabi, M. H. (1988). Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a Typic Hapludult soil after ten years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 798 – 804.
- Radford, B. J. e Nielsen, R. G. H. (1985). Comparison of a presswheel, seed soaking and water injection as aids to sorghum and sunflower establishment in Queensland. *Aust. J. Exp. Agric.* 25, 656 – 664. (1)
- Rao, S. (1996). Evaluation of nitrification inhibitors and urea placement in no-tillage winter wheat. *Agron. J.* 88, 904 – 908. (1)

- Reis, R. M. M. e Gonçalves, M. Z. (1987). "O clima de Portugal. Fascículo XXXIV. Caracterização climática da região agrícola do Alentejo". Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Lisboa.
- Reynolds, W. D. e Elrick, D. E. (1986). A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity-pressure head relationship. *Groundwater Monitoring Review*, 6(1), Winter 1986, 84-95.
- Reynolds, W. D., Elrick, D. E. e Topp, G. C. (1983). A re-examination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. *Soil Sci.* vol. 136, 4, 250 – 268. (1)
- Ribeiro O. (1945). "Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico. Estudo Geográfico". Coimbra Editora, Limitada.
- Ricardo, R. P. (1980). "Solos de Portugal Continental". Cadeira de Pedologia, Associação de Estudantes do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Richards, L. A. (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Sci.* 68, 95 – 112. (1)
- Richards, M. S. (1987). "Instruction manual Bush recording soil penetrometer mark 1 model 1979". Findlay, Irvine Ltd. Scotland.
- Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E., Rydberg, T. (1994). Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. Em: M. R. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 23 – 45.
- Robelin, M. (1967). Rapport entre augmentation de poids sec et transpiration, en condition de sécheresse. *C. R. Acad. Sc. Paris* 254, 718 – 720. (1)
- Robinson, R. G., Ford, J. H., Lueschen, W. F., Rabas, D. L., Smith, L. J., Warnes, D. D. e Wiersma, J. V. (1980). Response of sunflower to plant population. *Agron. J.* 72, 869 – 871. (1)
- Rohrmoser, K. (1987). "Manual de ensaios de campo na cooperação técnica". Publicação especial da GTZ 209. Eschborn.

- Rydberg, T. (1992). Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trials. *Soil Tillage Res.* 22, 253 – 264. (1)
- Sampaio, J. A. (1992). "A cultura do girassol". Ministério da Agricultura, Lisboa.
- Santos, J. Quelhas (1996). "Fertilização: fundamentos da utilização dos adubos e correctivos", 2ª Edição. Publicações Europa-América, Mem Martins.
- So, H. B. (1987). Soil physical factors limiting crop establishment. Em: I. M. Wood, W. H. Hazard and F. R. From, eds., "Crop Establishment Problems in Queensland: Recognition, Research and Resolution", Occas. Publ. No. 34, Australian Institute of Agricultural Science, Brisbane, Qld., 154 – 165. (1)
- Soane, B. D. e van Ouwerkerk, C. (1994). Soil compaction problems in World agriculture. Em: Soane B. D. e van Ouwerkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", Developments in Agricultural Engineering 11, Elsevier Science B. V., 1 – 21.
- Soane, B. D., Blackwell, P. S., Dickson, J. W. e Painter, D. J. (1981). Compaction by agricultural vehicles: a review. I. Soil and wheel characteristics. *Soil Tillage Res.* 1, 207 – 237. (1)
- Soane; B. D. e van Ouwerkerk, C. (1995). Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil Tillage Res.* 35, 5 – 22.
- Soilmoisture (1986). "Guelph permeameter 2800 K1 operating instructions". Soilmoisture Equipment Corp.
- Soilmoisture (1992). "Operating instructions for the tension infiltrometer attachments to the Guelph permeameter". Temporary instructions, October 1992, Soilmoisture Equipment Corp.
- Spackman, G. B. (1987). Crop establishment problems and extension in Queensland. Em: I. M. Wood, W. H. Hazard and F. R. From, Eds., "Crop Establishment Problems in Queensland: Recognition, Research and Resolution". Occas. Publ. No. 34, Australian Institute of Agricultural Science, Brisbane, Qld., 130 – 135. (1)
- Spoor, G. (1975). Fundamental aspects of cultivations. Em: "Soil physical conditions and crop production", Her Majesty's Stationery Office, London, 128 – 144. (1)

- SROA (1961). "Carta dos Solos de Portugal", escala 1:50 000, folha 43C. Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, Secretaria de Estado da Agricultura, Ministério da Economia, Lisboa.
- Standley, J., Hunter, H. M., Thomas, G. A., Blight, G. W., Webb, A. A. (1990). Tillage and crop residue management affect Vertisol properties and grain sorghum growth over seven years in the semi-arid sub-tropics. 2. Changes in soil properties. *Soil Tillage Res.*, 18, 367 – 388.
- Staricka, J. A., Allmaras, R. R. e Nelson, W. W. (1991). Spatial variation of crop residue incorporated by tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 1668 – 1674. (1)
- Staska, K. J. e Miller, S. D., (1981). Weed control in conventional and no-till sunflower. "Proceedings of the North Central weed control conf.", 36 – 56. (1)
- Steed, G. R., Ellington, A. e Pratley, J. E. (1994). Conservation tillage in the Southeastern Australian Wheat-Sheep Belt. Em: M. R. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 231 – 251.
- Stengel, P. (1990). Caractérisation de l'état structural du sol. Objectifs et méthodes. Em: J. Boiffin e A. Marin-Lafleche, eds., "La structure des sols et son évolution: conséquences agronomiques", Maîtrise par l'Agriculteur, vol. 53, Les Colloques de l'INRA, Versailles, 15 –36. (1)
- Takami, S., Turner, N. C. e Howard, H. M. (1982). Leaf expansion of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in relation to water deficits. II – Diurnal patterns during stress and recovery. *Plant, Cell Environ.* 5, 279 – 286. (1)
- Takami, S., Turner, N. C. e Rawson, H. M. (1981). Leaf expansion of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in relation to water deficits. I. Patterns during plant development. *Plant Cell Envir.* 4, 399 – 407. (1)
- Teixeira, A. R. N. e Ricardo, C. P. P. (1983). "Fotossíntese". Didática Editora, Lisboa.
- Texier, V., Blanchet, R. e Auret, J. M. (1990). Tentative de diagnostic des stress hydriques par simulation. Em: "Le tournesol et l' eau: adaptation à la sécheresse, réponse à l' irrigation", Les Points Science du CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 125 - 136.

- Thomas, G. A., Standley, J., Hunter, H. M., Blight, G. W. e Webb, A. A. (1990). Tillage and crop residue management affect Vertisol properties and grain sorghum growth over seven years in the semi-arid sub-tropics. 3. Crop growth, water use and nutrient balance. *Soil Tillage Res.* 18, 389 – 407.
- Thorburn, P. J. (1992). Structural and hydrological changes in a Vertisol under different fallow management techniques. *Soil Tillage Res.* 23, 341 – 359.
- Tippkotter, R. (1983). Morphology, spatial arrangement and origin of macropores in some Hapludalfs, West Germany. *Geoderma* 29, 355 – 371. (1)
- Turner, N. C. e Begg, J. E. (1981). Plant water relations and adaptation to stress. *Plant Soil* 58, 97 – 131. (1)
- Tyler, D. D., Waggoner, M. G., McCracken, D. V. e Hargrove, W. L. (1994). Role of conservation tillage in sustainable agriculture in the Southern United States. Em: M. R. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 209 – 229.
- Ungaro, M. R. G., Veiga, A. A. e Toledo, N. M. P. (1983). Estudo de espaçamento de girassol em plantios " DA SECA", *Revista de Agricultura*, 95 – 107. (1)
- Unger, P. e Jones, O. R. (1998). Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil Tillage Res.* 45, 39 – 57.
- Unger, P. W. (1981). Tillage effects on wheat and sunflower grown in rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 941 – 945. (1)
- Unger, P. W. (1984). Tillage and residue effects on wheat, sorghum and sunflower grown in rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 885 – 891. (1)
- Van Bavel, C. H. M. (1949). Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14, 20 – 23. (1)
- Van Ouwerkerk, C. e Soane, B. D. (1995). ISTRO workshop on "The effects of soil compaction on physical, chemical and biological factors in the environment", 25 Agosto de 1993, Melitopol, Ukraine. *Soil Tillage Res.* 35, 1 – 4.

- Veen, B. W., van Noordwijk, M., de Willigen, P., Boone, F. R. e Kooistra, M. J. (1992). Root-soil contact of maize, as measured by a thin-section technique. *Plant Soil* 139, 131 – 138. (1)
- Veihmeyer, F. J. e Hendrickson, A. H. (1948). Soil density and root penetration. *Soil Sci.* 65, 487 – 493. (1)
- Vepraskas, M. J. e Waggoner, M. G. (1989). Cone index values diagnostic of where subsoiling can increase corn root growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1499 – 1505.
- Visser, W. C. (1969). An empirical expression for the desorption curve. Em: P. E. Rijkema e H. Wassink, eds., "Water in the unsaturated zone". UNESCO, Paris / IASH, Gentbrugge, 355 –69. (1)
- Vyn, T. J., Janovicek, K. e Carter, M. R. (1994). Tillage requirements for annual crop production in Eastern Canada. Em: M. C. Carter, ed., "Conservation tillage in temperate agroecosystems", Lewis Publishers, 47 – 71.
- Wang, J., Hesketh, J. D. e Woolley, J. T.(1986). Preexisting channels and soybean patterns. *Soil Sci.* 141, 432 – 437. (1)
- Warrick, A. W. (1998). Spatial variability. Em: Hillel, D. (1998), "Environmental soil physics", Academic Press, New York, 655 – 675.
- Warrick, A. W., Nielsen, D. R. (1980). Spatial variability of soil physical properties in the field. Em: Hillel, D. (1980), "Fundamentals of soil physics", Academic Press, New York, 319 – 344.
- West, L. T., Miller, W. P., Langdale, G. W. Bruce, R. R., Lafren, J. M. e Thomas, A. W. (1991). Cropping systems effects on interrill soil loss in the Georgia Piedmont. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 460 – 466. (1)
- Williamson, J. R. (1990). "The effects of mechanized harvesting operations on soil properties and site productivity". Forestry Commission, Tasmania, Australia. (1)
- Wronski, E. B. e Murphy, G. (1994). Responses of forest crops to soil compaction. Em: Soane B. D. e van Ouwkerk, C., eds., "Soil compaction in crop production", Developments in Agricultural Engineering 11, Elsevier Science B. V., 317 – 342.
- Youker, R. E. e McGuinness, J. L. (1956). A short method of obtaining mean weight diameter values of aggregate analyses of soils. *Soil Sci.* 83, 291 – 294. (1)

Yule, D. F., Coughlan, K. J. e Fox, W. E. (1976). Factors affecting seedbed properties of cracking clay soils of Darling Downs. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 16, 771 – 774. (1)

Zachmann, J. E., Linden, D. R. e Clapp, C. E. (1987). Macroporous infiltration and redistribution as affected by earthworms, tillage and residue. *Soil Sci. Am. J.* 51, 1580 – 1586. (1)

(1) referência bibliográfica indirecta.

ANEXO A - SOLO

A.1. Série A

No local ocupado pelas folhas A₁ e A₂ foram descritos 3 perfis, que permitiram identificar a série A, representada pelo perfil A.

A.1.1. Informação geral

Material originário: calcário (perfis A₁ e A₂) e xisto (perfil A₃).

Drenagem: externa moderada.

Teor de humidade na altura da descrição: Ap1 muito húmido e restantes horizontes húmido a muito húmido.

Profundidade da toalha freática: abaixo do limite inferior do perfil.

Presença de pedras ou fragmentos de rocha à superfície: pouco saibro e cascalho e rara pedra de natureza quartzosa e calcária.

Evidência de erosão: não há vestígios de erosão.

Presença de sais ou alcalis: classe 0.

A.1.2. Descrição do perfil

Ap1 (0.00 – 0.15 m) – horizonte de cor pardo avermelhado (5 YR 4/4) (s) e pardo avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4) (h), textura argilosa com algum saibro e cascalho angulosos e de natureza quartzosa e raro saibro anguloso e sub-anguloso de carbonato de cálcio, agregação anisoforme sub-angulosa fina forte, plástico e pegajoso, compactidade muito grande, pouco poroso com poros finos, não calcário, transição abrupta e ondulada.

Ap2 (0.15 – 0.40 m) - horizonte de cor pardo avermelhado escuro (5 YR 3/4) (s) e pardo avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4) (h), textura argilosa com algum saibro e cascalho angulosos e de natureza quartzosa e raro saibro anguloso e sub-anguloso de carbonato de cálcio, agregação anisoforme angulosa a prismática média a grosseira forte, plástico e pegajoso, compactidade muito grande, pouco poroso com poros finos, não calcário, transição abrupta e plana.

Bw1 (0.40 – 0.65 m) - horizonte de cor vermelho escuro (2,5 YR 3/6) (s) e vermelho sombrio (10 R 3/4) (h), argilosa com algum saibro e cascalho angulosos e de natureza quartzosa, agregação anisoforme angulosa a prismática muito grosseira forte, muito plástico e muito pegajoso, compactidade muito grande, com superfícies polidas, pouco poroso com poros finos, não calcário, transição gradual e plana.

Bw2 (0.65 – 0.80 m) - horizonte de cor vermelho escuro (2,5 YR 3/6) (s) e vermelho sombrio (10 R 3/4) (h), textura argilosa com algum saibro e cascalho angulosos e de natureza quartzosa e raro saibro anguloso e sub-anguloso de carbonato de cálcio, agregação anisoforme angulosa a prismática muito grosseira forte, muito plástico e muito pegajoso, compactidade muito grande, com superfícies polidas, pouco poroso com poros finos, não calcário, transição gradual e plana.

Bw / C (0.80 – 1.05 m) - horizonte de cor vermelho (2,5 YR 4/8) (s) e vermelho escuro (2,5 YR 3/6) (h), textura argilosa com bastante saibro e cascalho e alguma pedra angulosos e sub-angulosos de carbonato de cálcio, agregação anisoforme angulosa grosseira e muito grosseira fraco, plástico e pegajoso, compactidade muito grande, fechado, não calcário, transição difusa e plana.

C (1.05 – 1.30 m) – camada de cor vermelho amarelado (5 YR 5/8) (s) e vermelho (2,5 YR 4/6) (h), argilosa, rocha calcária muito alterada, apédico, plástico e pegajoso, compactidade muito grande, fechado, calcário.

Nos Quadros A.1., A.2., A.3., A.4., A.5., A.6., A.7. e A.8. apresentam-se os dados analíticos físicos e químicos relativos à série A.

Quadro A.1. - Dados analíticos físicos relativos ao perfil A: teor de elementos grosseiros ($EG / \%$) e proporção relativa, na terra fina, dos lotes areia grossa ($AG / \%$), areia fina ($AF / \%$) limo ($L / \%$) e argila ($A / \%$).

	$EG / \%$	$AG / \%$	$AF / \%$	$L / \%$	$A / \%$	Classe de textura
Ap1 (0.00 – 0.15)	7.1	6.4	19.3	21.8	52.5	argilosa
Ap2 (0.15 – 0.40)	6.1	6.5	19.2	21.9	52.4	argilosa
Bw1 (0.40 – 0.65)	8.1	5.1	16.1	19.5	59.3	argilosa
Bw2 (0.65 – 0.80)	17.4	5.7	13.1	18.5	62.7	argilosa
Bw/C (0.80 – 1.05)	33.6	2.4	3.9	11.8	81.9	argilosa
C (1.05 – 1.30)	15.9	6.8	4.1	16.0	73.1	argilosa

Quadro A.2. - Fração da superfície do solo ocupada pelos elementos grosseiros no perfil A: média ($EG_s / \%$), desvio padrão ($s / \%$) e coeficiente de variação ($CV / \%$). Amplitude ($w / \%$) desta variável na série A.

$EG_s / \%$	$s / \%$	$CV / \%$	$w / \%$
0.60	0.27	46	14.80

Quadro A.3. - Massa volúmica aparente do solo no perfil A: média ($\rho_{ap} / \text{Mg.m}^{-3}$), desvio padrão ($s / \text{Mg.m}^{-3}$) e coeficiente de variação ($CV / \%$). Amplitude ($w / \text{Mg.m}^{-3}$) desta variável na série A.

	$\rho_{ap} / \text{Mg.m}^{-3}$	$s / \text{Mg.m}^{-3}$	$CV / \%$	$w / \text{Mg.m}^{-3}$
Ap1 (0.00 – 0.15)	1.67	0.18	11	0.27
Ap2 (0.15 – 0.40)	1.57	0.10	7	0.12
Bw1 (0.40 – 0.65)	1.61	0.03	2	—
Bw2 (0.65 – 0.80)	1.68	0.08	5	—
Bw/C (0.80 – 1.05)	1.86	0.10	5	—
C (1.05 – 1.30)	1.44	0.06	4	0.22

Quadro A.4. - Teor de água no solo à capacidade de campo ($\theta_{m(cc)}$ / kg.kg⁻¹), no perfil A. Amplitude (w / kg.kg⁻¹) desta variável na série A.

prof. / m	$\theta_{m(cc)}$ / kg.kg ⁻¹	w / kg.kg ⁻¹
0.00 - 0.10	0.23	0.01
0.10 - 0.20	0.24	0.05
0.20 - 0.30	0.22	0.04
0.30 - 0.40	0.20	0.02
0.40 - 0.50	0.21	0.03
0.50 - 0.60	0.24	0.10
0.60 - 0.70	0.23	0.08
0.70 - 0.80	0.20	0.05
0.80 - 0.90	0.15	0.03
0.90 - 1.00	0.13	0.04

Quadro A.5. - Curvas características da água do solo no perfil A: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).

	n	parâmetros		t_b	r^2 / %
		a	b		
Ap1 (0.00 - 0.15)	6	0.50098	1.26319	7.90**	94.0
Ap2 (0.15 - 0.40)	6	0.44994	1.28848	8.56**	94.8
Bw (0.40 - 0.80)	6	0.35129	1.55103	11.02***	96.8

Quadro A.6. - Teores de água à capacidade de campo ($\theta_{V(cc)}$ / m³.m⁻³) e em equilíbrio com uma pressão de 15 bar ($\theta_{V(15bar)}$ / m³.m⁻³), relativos ao perfil A. Altura equivalente à água utilizável pelas plantas $da_{(u)}$ / mm.

parâmetro	Ap1 (0.00 - 0.15)	Ap2 (0.15 - 0.40)	Bw (0.40 - 0.80)	(0.00 - 0.80) / mm
$\theta_{V(cc)}$ / m ³ .m ⁻³	0.384	0.348	0.370	293
$\theta_{V(15bar)}$ / m ³ .m ⁻³	0.246	0.234	0.263	
$da_{(u)}$ / mm	21	29	43	93

Quadro A.7. - Dados analíticos químicos relativos ao perfil A: teores de carbono orgânico (C / %), de matéria orgânica (MO / %), de azoto total (N_{tot} / %) e de carbonatos livres (CaCO₃ / %) e pH.

	C / %	MO / %	N_{tot} / %	CaCO ₃ / %	pH
Ap1 (0.00 - 0.15)	1.129	1.946	0.0784	—	7.0
Ap2 (0.15 - 0.40)	1.070	1.846	0.0630	—	6.8
Bw1 (0.40 - 0.65)	1.012	1.745	0.0574	—	6.8
Bw2 (0.65 - 0.80)	0.934	1.611	0.0532	6.2	7.0
Bw/C (0.80 - 1.05)	0.545	0.940	0.0406	48.1	7.2
C (1.05 - 1.30)	0.506	0.872	0.0266	61.5	7.3

Quadro A.8. - Dados analíticos químicos relativos ao perfil A: cátions de troca (Ca, Mg, K, Na e H / cmol(+).kg⁻¹), soma das bases de troca (S / cmol(+).kg⁻¹), capacidade de troca catiônica (T / cmol(+).kg⁻¹) e grau de saturação em bases (V / %).

	Ca / cmol(+).kg ⁻¹	Mg / cmol(+).kg ⁻¹	K / cmol(+).kg ⁻¹	Na / cmol(+).kg ⁻¹	H / cmol(+).kg ⁻¹	S / cmol(+).kg ⁻¹	T / cmol(+).kg ⁻¹	V / %
Ap1 (0.00 – 0.15)	13.13	1.18	0.19	0.39	1.90	14.89	16.58	89.81
Ap2 (0.15 – 0.40)	14.85	1.40	0.15	0.20	2.10	16.60	18.70	88.77
Bw1 (0.40 – 0.65)	13.03	1.45	0.09	0.20	3.60	14.77	18.37	80.40
Bw2 (0.65 – 0.80)	15.25	1.53	0.14	0.28	0.30	17.20	17.50	98.29
Bw/C (0.80 – 1.05)	—	—	—	—	—	—	—	—
C (1.05 – 1.30)	8.15	1.41	0.06	0.15	—	9.77	9.77	100.00

A.1.3. Amplitude de algumas características observadas

A espessura do *solum*, que é fortemente calcário em dois dos perfis descritos, encontrando-se descarbonatado no perfil A₂, varia entre 0.35 m (perfil A₃) e 0.80 m (perfil A₂). A camada C é composta por calcário pulverulento, nos perfis A₁ e A₂, e xisto muito meteorizado no perfil A₃. A quantidade de elementos grosseiros é menor no perfil A₂, quer na superfície quer nos horizontes e camadas caracterizados. A compacidade variou entre grande e muito grande. Os Quadros A.2., A.3. e A.4. incluem a amplitude (w) de outras características do solo.

A.2. Série B

No local ocupado pela folha B foram descritos 5 perfis, que permitiram identificar a série B, representada pelo perfil B.

A.2.1. Informação geral

Material originário: calcário fortemente meteorizado.

Drenagem: externa moderada.

Teor de humidade na altura da descrição: húmido.

Profundidade da toalha freática: abaixo do limite inferior do perfil.

Presença de pedras ou fragmentos de rocha à superfície: muito saibro e cascalho de natureza calcária e raros elementos de quartzo.

Evidência de erosão: não há vestígios de erosão

Presença de sais ou alcalis: classe 0.

A.2.2. Descrição do perfil

Ap1 (0.00 – 0.15/0.20 m) – horizonte de cor vermelho amarelado (5 YR 4/6) a pardo avermelhado escuro (2,5 YR 4/6) (s) e pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4) (h), textura argilosa com algum saibro e cascalho e pouca pedra miúda angulosos e sub-angulosos de carbonato de cálcio, agregação anisoforme sub-angulosa fina a média forte, muito plástico e muito pegajoso, muito firme, compacidade pequena, muito poroso com poros finos, calcário, transição abrupta e plana.

Ap2 (0.15/0.20 – 0.40/0.45 m) – horizonte de cor pardo avermelhado (5 YR 4/4) (s) e pardo avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4) (h), textura argilosa com bastante saibro e cascalho e pouca pedra miúda angulosos e sub-angulosos de carbonato de cálcio, agregação anisoforme sub-angulosa média a grosseira forte, plástico e pegajoso, firme, compacidade média, medianamente poroso com poros finos, calcário, transição abrupta e plana.

Bw1 (0.40/0.45 - 0.60/0.65 m) – horizonte de cor vermelho amarelado (5 YR 5/8) (s) e vermelho escuro (2,5 YR 3/6) (h), textura argilosa com bastante saibro e cascalho angulosos e sub-angulosos de carbonato de cálcio, agregação anisoforme angulosa e sub-angulosa média a grosseira forte, muito plástico e muito pegajoso, muito firme, compacidade grande, pouco poroso com poros muito finos, calcário, transição gradual e irregular.

Bw2 (0.60/0.65 - 0.75/0.80 m) – horizonte de cor vermelho amarelado (5 YR 5/8) (s) e vermelho escuro (2,5 YR 3/6) (h), textura argilosa com bastante saibro e cascalho angulosos e sub-angulosos de carbonato de cálcio e alguns fragmentos de rocha bastante alterada, agregação anisoforme média a grosseira fraco, muito plástico e muito pegajoso, muito firme, compacidade muito grande, fechado, calcário, transição difusa e irregular.

Bw / C (0.75/0.80 – 1.10 m) – horizonte de cor vermelho amarelado (5 YR 5/8) (s) e vermelho escuro (2,5 YR 3/6) (h), textura argilosa, material menos evoluído que o anterior e de estrutura menos evidente, muito plástico e muito pegajoso, muito firme, compacidade grande, calcário, transição difusa e irregular.

C (1.10-1.40) – camada de cor pardo muito pálido (10 YR 8/3) (s) e amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6) (h), textura argilosa, rocha calcária muito alterada, muito plástico e muito pegajoso, muito firme, fortemente calcário.

Nos Quadros A.9., A.10., A.11., A.12., A.13., A.14., A.15. e A.16. apresentam-se os dados analíticos físicos e químicos relativos à série A.

Quadro A.9. - Dados analíticos físicos relativos ao perfil B: teor de elementos grosseiros (EG / %) e proporção relativa, na terra fina, dos lotes areia grossa (AG / %), areia fina (AF / %) limo (L / %) e argila (A / %).

	EG / %	AG / %	AF / %	L / %	A / %	Classe de textura
Ap1 (0.00 – 0.15/0.20)	12.2	8.8	15.9	18.2	57.1	argilosa
Ap2 (0.15/0.20 – 0.40/0.45)	28.5	9.8	19.1	20.2	50.9	argilosa
Bw1 (0.40/0.45 - 0.60/0.65)	13.4	7.7	7.8	14.8	69.7	argilosa
Bw2 (0.60/0.65 - 0.75/0.80)	21.4	5.8	5.3	10.9	78.0	argilosa
Bw / C (0.75/0.80 - 1.10)	14.4	7.8	6.0	12.0	74.2	argilosa
C (1.10 - 1.40)	24.0	17.4	8.3	10.3	64.0	argilosa

Quadro A.10. - Fração da superfície do solo ocupada pelos elementos grosseiros no perfil B: média (EGs / %), desvio padrão (s / %) e coeficiente de variação (CV / %). Amplitude (w / %) desta variável na série B.

EGs / %	s / %	CV / %	w / %
16.48	3.18	19	15.43

Quadro A.11. - Massa volúmica aparente do solo no perfil B: média (ρ_{ap} / Mg.m⁻³), desvio padrão (s / Mg.m⁻³) e coeficiente de variação (CV / %). Amplitude (w / Mg.m⁻³) desta variável na série B.

	ρ_{ap} / Mg.m ⁻³	s / Mg.m ⁻³	CV / %	w / Mg.m ⁻³
Ap1 (0.00 – 0.15/0.20)	1.53	0.04	3	0.10
Ap2 (0.15/0.20 – 0.40/0.45)	1.63	0.05	3	0.04
Bw1 (0.40/0.45 - 0.60/0.65)	1.72	0.09	5	—
Bw2 (0.60/0.65 - 0.75/0.80)	1.72	0.05	3	0.13
Bw / C (0.75/0.80 - 1.10)	1.67	0.17	10	—
C (1.10 - 1.40)	1.61	0.08	5	0.04

Quadro A.12. - Teor de água no solo à capacidade de campo ($\theta_{m(cc)} / \text{kg.kg}^{-1}$), no perfil B. Amplitude ($w / \text{kg.kg}^{-1}$) desta variável na série B.

prof. / m	$\theta_{m(cc)} / \text{kg.kg}^{-1}$	$w / \text{kg.kg}^{-1}$
0.00 - 0.10	0.23	0.05
0.10 - 0.20	0.22	0.04
0.20 - 0.30	0.23	0.05
0.30 - 0.40	0.19	0.07
0.40 - 0.50	0.18	0.11
0.50 - 0.60	0.18	0.07
0.60 - 0.70	0.16	0.07
0.70 - 0.80	0.17	0.04
0.80 - 0.90	0.17	0.06
0.90 - 1.00	0.18	0.08

Quadro A.13. - Curvas características da água do solo no perfil B: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).

	n	parâmetros		t_b	$r^2 / \%$
		a	b		
Ap1 (0.00 - 0.15/0.20)	6	0.37493	1.43394	8.88***	95.2
Ap2 (0.15/0.20 - 0.40/0.45)	6	0.24708	1.57292	8.42**	94.6
Bw (0.40/0.45 - 0.75/0.80)	6	0.49327	1.27502	4.83**	85.4

Quadro A.14. - Teores de água à capacidade de campo ($\theta_{V(cc)} / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$) e em equilíbrio com uma pressão de 15 bar ($\theta_{V(15bar)} / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$), relativos ao perfil B. Altura equivalente à água utilizável pelas plantas $da_{(u)} / \text{mm}$.

	Ap1 (0.00 - 0.15/0.20)	Ap2 (0.15/0.20 - 0.40/0.45)	Bw (0.40/0.45 - 0.75/0.80)	(0.00 - 0.80) / mm
$\theta_{V(cc)} / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$	0.358	0.368	0.310	263
$\theta_{V(15bar)} / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$	0.238	0.210	0.249	
$da_{(u)} / \text{mm}$	21	40	21	82

Quadro A.15. - Dados analíticos químicos relativos ao perfil B: : teores de carbono orgânico (C / %), de matéria orgânica (MO / %), de azoto total (N_{tot} / %) e de carbonatos livres ($CaCO_3$ / %) e pH.

	C / %	MO / %	N_{tot} / %	$CaCO_3$ / %	pH
Ap1 (0.00 – 0.15)	1.362	2.349	0.0938	6.7	7.0
Ap2 (0.15 – 0.40)	1.090	1.879	0.0826	3.3	7.2
Bw1 (0.40 – 0.65)	0.730	1.258	0.0672	41.8	7.1
Bw2 (0.65 – 0.80)	0.451	0.777	0.0448	59.4	7.2
Bw/C (0.80 – 1.05)	0.275	0.473	0.0252	64.0	7.4
C (1.05 – 1.30)	0.246	0.425	0.0294	63.8	7.4

Quadro A.16. - Dados analíticos químicos relativos ao perfil B: cátions de troca (Ca, Mg, K, Na e H / $cmol(+).kg^{-1}$), soma das bases de troca (S / $cmol(+).kg^{-1}$), capacidade de troca catiónica (T / $cmol(+).kg^{-1}$) e grau de saturação em bases (V / %).

	Ca / $cmol(+).kg^{-1}$	Mg / $cmol(+).kg^{-1}$	K / $cmol(+).kg^{-1}$	Na / $cmol(+).kg^{-1}$	H / $cmol(+).kg^{-1}$	S / $cmol(+).kg^{-1}$	T / $cmol(+).kg^{-1}$	V / %
Ap1 (0.00 – 0.15)	16.85	1.23	0.38	0.13	—	18.59	18.57	100.11
Ap2 (0.15 – 0.40)	14.75	1.23	0.21	0.11	0.30	16.30	16.60	98.19
Bw1 (0.40 – 0.65)	8.19	1.11	0.18	0.20	0.80	9.68	10.48	92.37
Bw2 (0.65 – 0.80)	7.31	1.10	0.13	0.15	—	8.69	8.69	100.00
Bw/C (0.80 – 1.05)	—	—	—	—	—	—	—	—
C (1.05 – 1.30)	8.03	1.31	0.09	0.20	—	9.63	9.63	100.00

A.2.3. Amplitude de algumas características observadas

A espessura do *solum*, que é calcário a fortemente calcário no perfil B7 e se encontra descarbonatado no perfil B4, oscila entre 0.70 m (perfil B4) e 1.10 m (perfil B7). A composição da camada C é variável tendo-se observado a presença de alguns elementos grosseiros de natureza xistosa no perfil B6. Os Quadros A.10., A.11. e A.12. incluem a amplitude (*w*) de outras características do solo.

ANEXO B - CLIMA

B.1. Valores históricos dos elementos climáticos

Quadro B.1. - Precipitação, evapotranspiração potencial e temperatura na Estação de Beja: valores mensais e anual da precipitação mínima (R_{min} / mm), máxima (R_{max} / mm), média (\bar{R} / mm) e respectivos desvio padrão (s / mm) e coeficiente de variação (CV / %) e do quinto (D_5 / mm) decil, no período 1901-1970; número médio de dias, no período 1956-70, com precipitação superior a 0.1 mm ($R_{>0.1}$ / dia) e a 10 mm ($R_{>10}$ / dia); valores médios mensais e anual da evapotranspiração potencial (\overline{ETP} / mm), calculada pelo método de Thornthwaite, e respectivo desvio padrão (s), no período 1941-70; valores médios diários da evapotranspiração potencial (\overline{ETP} / mm.dia⁻¹), calculados a partir dos anteriores; valores médios diários da evapotranspiração de referência (ET_0 / mm.dia⁻¹); valores mensais e anual da temperatura média do ar (\bar{T} / °C), da média das temperaturas máximas (\bar{T}_{max} / °C) e da média das temperaturas mínimas (\bar{T}_{min} / °C) no período 1956-70; temperatura média do solo no período 1956-1965, à profundidade de 0.10 m ($\bar{T}_{0.10}$ / °C). Fonte: Reis e Gonçalves (1987).

parâmetro	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Ano
R_{min} / mm	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	208.0
D_5 / mm	14.0	48.5	71.0	67.5	57.5	58.0	63.0	40.0	31.0	15.0	0.0	0.0	577.0
R_{max} / mm	117.0	196.0	175.0	316.0	261.0	219.0	215.0	220.0	141.0	89.0	23.0	34.0	866.0
\bar{R} / mm	26.0	58.9	77.6	76.4	68.4	66.9	77.1	52.8	41.8	21.2	2.3	2.2	596.6
s / mm	29.2	45.2	44.6	56.7	55.7	55.0	46.3	39.3	33.7	21.1	4.3	4.9	145.5
CV / %	1.13	0.77	0.58	0.74	0.81	0.82	0.60	0.74	0.81	1.00	1.90	2.23	0.26
$R_{>0.1}$ / dia	5	10	12	13	13	13	12	10	7	5	1	1	100
$R_{>10}$ / dia	1	2	3	3	2	2	3	2	1	1	0	0	21
\overline{ETP} / mm	102.9	68.0	34.9	20.6	19.7	23.1	38.3	54.1	82.3	115.4	141.5	133.9	834.8
s / mm	10.2	8.9	6.6	4.0	4.5	5.1	6.2	9.3	12.5	7.6	9.2	12.8	34.5
\overline{ETP} / mm.dia ⁻¹	3.4 ⁽¹⁾	2.2	1.2	0.7	0.6	0.8	1.2	1.8	2.7	3.8	4.6	4.3	2.3
ET_0 / mm.dia ⁻¹	4.3 ⁽²⁾	2.6	1.5	1.1	1.2	1.7	2.5	3.7	5.0	6.0	6.7	6.0	
\bar{T}_{min} / °C	14.6	12.1	7.9	5.0	5.6	5.6	6.9	7.8	10.6	13.2	14.8	15.1	9.9
\bar{T}_{max} / °C	28.8	23.1	16.8	13.3	13.6	14.4	17.0	19.8	24.7	28.6	32.6	32.4	22.1
\bar{T} / °C	21.7	17.6	12.4	9.2	9.6	10.0	12.0	13.8	17.6	20.9	23.7	23.8	16.0
$\bar{T}_{0.10}$ / °C	23.1	17.4	12.0	8.8	8.3	9.5	12.2	15.4	20.6	24.3	26.8	26.4	17.1

(1) calculada a partir do valor médio mensal, (2) calculada pela equação de Hargreaves

Geadas: Nos anos 1956–1970 o número médio anual de dias com geada foi 15 dias, distribuídos pelo período Novembro a Abril, com maior incidência (82 %) nos meses de Dezembro Janeiro e Fevereiro. No período 1951–1970 a data absoluta de ocorrência das últimas geadas de Primavera foi 15 de Abril e a data média 19 de Fevereiro. A probabilidade de ocorrerem geadas antes do dia 2 de Fevereiro é de 75 % (Reis e Gonçalves, 1987).

B.2. Relação entre os valores mensais da temperatura média do ar e da temperatura do solo a 0.10 m de profundidade

Quadro B.2. - Relação entre os valores mensais da temperatura média do ar (\bar{T}), variável independente, e da temperatura do solo a 0.10 m de profundidade ($\bar{T}_{0.10}$), variável dependente, obtida por análise de regressão linear simples: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b) e coeficiente de determinação (r^2).

n	parâmetro		t_b	$r^2 / \%$
	a	b		
12	-2.93771	1.24832	23.11***	98.2

B.3. Caracterização climática do período de ensaios

Quadro B.3. - Temperatura do ar na Estação de Beja durante o período de ensaio: valores mensais da temperatura média do ar (\bar{T} / °C), da média das temperaturas máximas (\bar{T}_{max} / °C), da média das temperaturas mínimas (\bar{T}_{min} / °C) nos anos agrícolas de 1992-1993, 1994-95, 1995-96 e 1996-97.

mês	1992-93			1994-95			1995-96			1996-97		
	$T / ^\circ C$			$T / ^\circ C$			$T / ^\circ C$			$T / ^\circ C$		
	\bar{T}_{min}	\bar{T}_{max}	\bar{T}	\bar{T}_{min}	\bar{T}_{max}	\bar{T}	\bar{T}_{min}	\bar{T}_{max}	\bar{T}	\bar{T}_{min}	\bar{T}_{max}	\bar{T}
Set	13.6	29.9	21.7	13.2	27.9	20.6	13.8	27.5	20.7	15.0	27.1	21.0
Out	10.2	21.2	15.7	14.0	24.1	19.1	14.9	26.9	20.9	12.1	24.9	18.5
Nov	9.0	20.1	14.5	10.5	19.4	14.9	12.2	19.3	15.8	9.3	18.8	14.0
Dez	7.6	14.4	11.0	8.1	16.3	12.2	9.4	14.9	12.2	8.0	14.8	11.4
Jan.	4.5	15.0	9.8	6.3	15.3	10.8	8.5	14.0	11.3	6.7	13.7	10.2
Fev.	5.2	14.6	9.9	6.6	15.2	10.9	4.9	14.1	9.5	7.9	17.7	12.8
			(99) (1)			(109)			(95)			(128)
Mar	7.3	19.1	13.2	7.6	21.0	14.3	8.0	17.5	12.7	10.1	24.2	17.2
			(110)			(119)			(106)			(143)
Abr	7.4	19.8	13.6	9.5	23.9	16.7	9.9	21.8	15.8	11.7	23.5	17.6
			(99)			(121)			(114)			(128)
Maio	10.3	21.7	16.0	12.9	28.6	20.7	11.0	23.1	17.1	11.4	23.8	17.6
			(91)			(118)			(97)			(100)
Jun	13.9	27.9	20.9	14.0	29.2	21.6	15.2	32.2	23.7	12.5	25.3	18.9
			(100)			(103)			(113)			(90)
Jul	16.2	36.1	26.2	17.3	35.0	26.1	16.5	33.7	25.1	16.0	30.8	23.4
			(111)			(110)			(106)			(99)
Ago	16.6	33.6	25.1	17.9	35.4	26.7	15.0	30.7	22.8	16.4	31.9	24.1
			(105)			(112)			(96)			(101)

(1) percentagem relativamente à média do período 1956-1970

Quadro B.4. - Precipitação e evapotranspiração durante o período de ensaio: valores mensais da precipitação (R / mm) e valores médios diários da evapotranspiração de referência (ET_0 / mm.dia⁻¹) nos anos agrícolas de 1992-1993, 1994-95, 1995-96 e 1996-97; valores anuais da precipitação nos anos de 1993, 1995, 1996 e 1997.

mês	1992-93		1994-95		1995-96		1996-97	
	R / mm	ET_0 / mm.dia ⁻¹	R / mm	ET_0 / mm.dia ⁻¹	R / mm	ET_0 / mm.dia ⁻¹	R / mm	ET_0 / mm.dia ⁻¹
Set	14.1 (54) ⁽¹⁾	4.6 (107)	9.2 (35)	4.2 (99)	16.3 (63)	4.1 (96)	31.4 (121)	3.9 (91)
Out	58.6 (99)	2.4 (95)	35.4 (60)	2.6 (100)	5.2 (9)	2.9 (114)	37.0 (63)	2.8 (111)
Nov	5.3 (7)	1.8 (120)	41.3 (53)	1.6 (108)	125.0 (161)	1.5 (99)	44.8 (58)	1.6 (109)
Dez	162.7 (213)	1.0 (96)	35.1 (46)	1.2 (110)	224.7 (294)	1.0 (90)	257.2 (337)	1.1 (98)
Jan.	28.7 (42)	1.4 (116)	27.5 (40)	1.3 (111)	275.3 (402)	1.0 (87)	137.3 (201)	1.1 (96)
Fev.	31.6 (47)	1.7 (103)	49.7 (74)	1.7 (102)	52.6 (79)	1.7 (100)	14.4 (22)	1.9 (116)
Mar	48.9 (63)	2.9 (112)	29.0 (38)	3.2 (124)	56.2 (73)	2.5 (99)	0.0 (0)	3.5 (139)
Abr	60.3 (114)	3.7 (101)	31.6 (60)	4.4 (120)	24.3 (46)	3.9 (106)	62.1 (118)	4.1 (111)
Mai	96.0 (230)	4.3 (86)	14.6 (35)	5.7 (115)	88.8 (212)	4.6 (91)	100.0 (239)	4.7 (94)
Jun	4.4 (21)	5.7 (95)	7.4 (35)	6.0 (101)	0.0 (0)	6.7 (113)	46.9 (221)	5.2 (87)
Jul	0.0 (0)	7.5 (112)	1.2 (52)	7.1 (105)	0.3 (13)	6.8 (101)	8.5 (370)	6.0 (90)
Ago	0.2 (9)	6.1 (102)	0.0 (0)	6.4 (107)	0.4 (18)	5.6 (93)	38.5 (1750)	5.7 (95)
	1993		1995		1996		1997	
ano	528.8 (89)		532.2 (89)		868.3 (145)		948.2 (159)	

(¹) percentagem relativamente à média do período 1901-1970

B.3.1. Gráficos de precipitação (colunas) e temperatura (linhas)

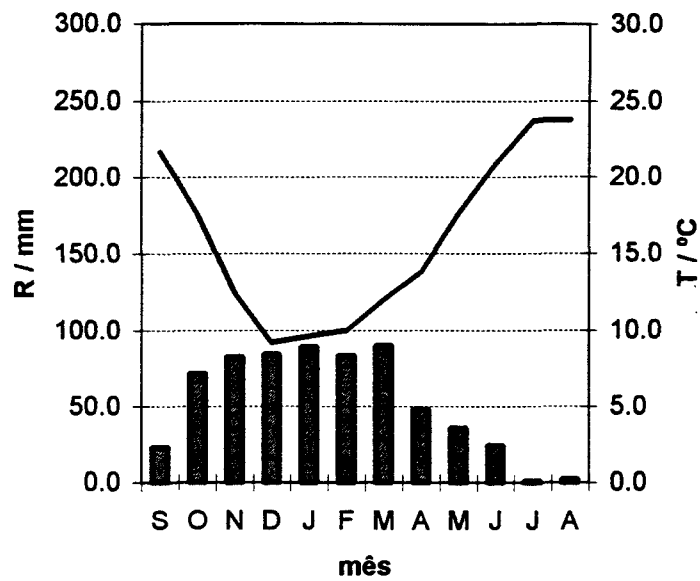


Figura B.1. - Valores médios mensais da precipitação e da temperatura média do ar no período 1956-1970.

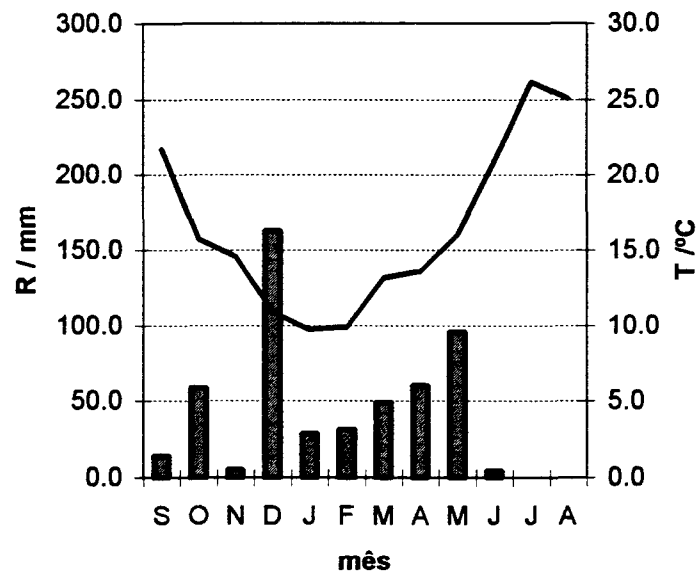


Figura B.2. - Valores mensais da precipitação e médias mensais da temperatura média do ar no ano agrícola de 1992-1993.

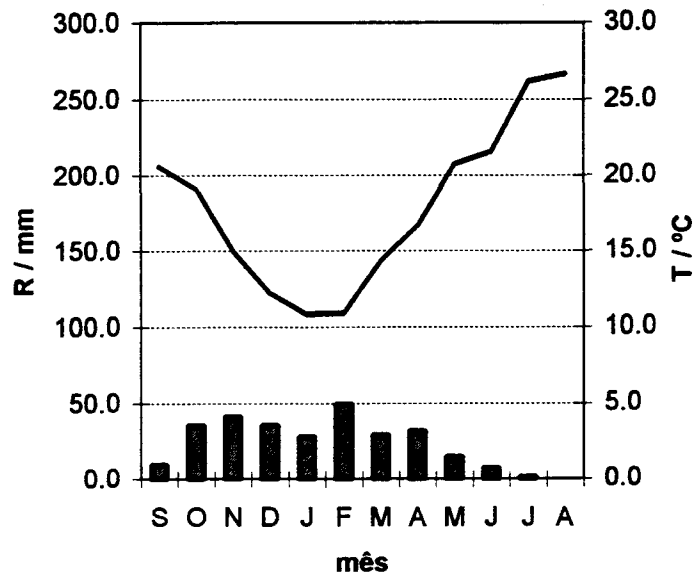


Figura B.3. - Valores mensais da precipitação e médias mensais da temperatura média do ar no ano agrícola de 1994-1995.

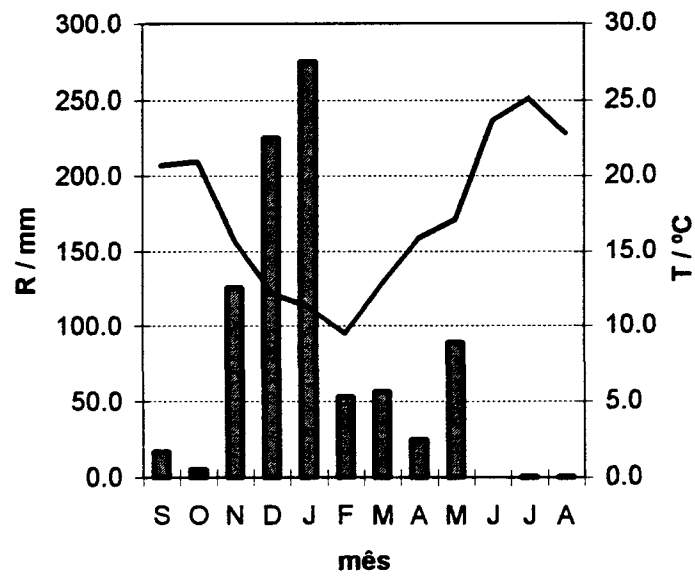


Figura B.4. - Valores mensais da precipitação e médias mensais da temperatura média do ar no ano agrícola de 1995-1996.

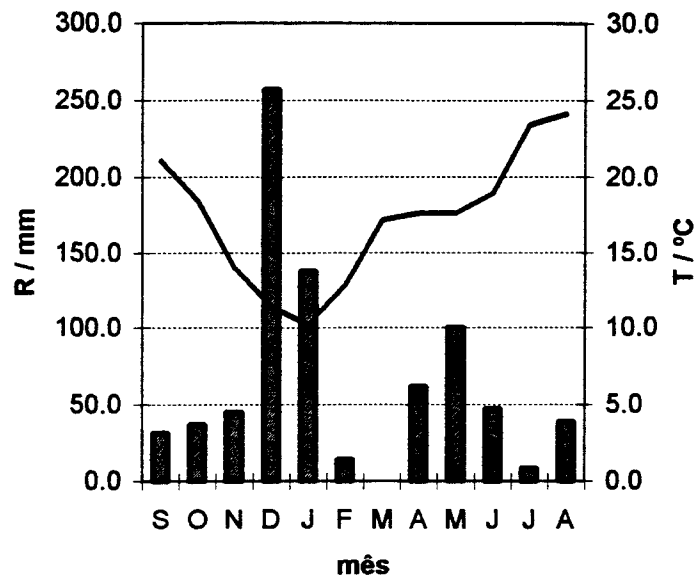


Figura B.5. - Valores mensais da precipitação e médias mensais da temperatura média do ar no ano agrícola de 1996-1997.

B.3.2. Evolução da temperatura e da precipitação nos períodos pré-sementeira e sementeira-emergência

Quadro B.5.(a) – Evolução da temperatura média do ar (T_{med}), da média das temperaturas máximas (T_{max}), da média das temperaturas mínimas (T_{min}), da temperatura média do solo à profundidade de 0.10 m (T_{solo}) e da precipitação (R) nos períodos pré-sementeira e sementeira-emergência, no ano agrícola de 1992-1993.

data de sementeira	dias após a sementeira	T / °C				R / mm
		T_{min}	T_{max}	T_{med}	$T_{solo}^{(1)}$	
D_1	-10	5.2	15.5	10.3	9.9	3.2
	-5	8.0	15.3	11.7	11.7	27.4
	0	6.6	17.0	11.8	11.8	0.0
	5	5.5	17.6	11.5	11.5	0.0
	10	5.0	15.9	10.4	10.1	0.0
	15	0.7	13.0	6.8	5.6	0.3
	20	6.3	15.2	10.7	10.5	12.4
	25	7.4	16.3	11.8	11.8	8.4
	30	8.0	18.8	13.4	13.8	27.8
	média / soma ⁽²⁾	5.5	16.1	10.8	10.6	48.9
	s / °C	2.6	2.0	2.2	2.7	—
	CV / %	47	12	21	26	—
	D_2	-10	8.0	17.1	12.5	12.7
-5		10.3	22.0	16.1	17.2	0.0
0		9.8	20.7	15.2	16.0	0.0
5		7.8	20.8	14.3	14.9	0.0
10		6.4	20.6	13.5	13.9	0.0
15		5.7	21.8	13.7	14.2	0.4
20		10.1	22.0	16.1	17.1	1.0
25		6.2	18.1	12.2	12.2	9.7
28		8.6	24.4	16.5	17.7	0.0
média / soma ⁽²⁾		7.5	21.3	14.4	15.0	11.1
s / °C		1.7	2.1	1.6	2.1	—
CV / %		23	10	11	14	—

⁽¹⁾ estimada pela equação do Quadro B.2., ⁽²⁾ valores relativos ao período sementeira-emergência

Quadro B.5.(b) – Evolução da temperatura média do ar (T_{med}), da média das temperaturas máximas (T_{max}), da média das temperaturas mínimas (T_{min}), da temperatura média do solo à profundidade de 0.10 m (T_{solo}) e da precipitação (R) nos períodos pré-semeiteira e semeiteira–emergência, no ano agrícola de 1994-1995.

data de semeiteira	dias após a semeiteira	T / °C				R / mm
		T_{min}	T_{max}	T_{med}	$T_{solo}^{(1)}$	
D1	-10	3.2	15.6	9.4	8.8	24.2
	-5	7.3	14.3	10.8	10.5	1.1
	0	5.0	14.3	9.6	9.0	0.0
	5	5.0	15.0	10.0	9.6	0.0
	10	3.4	15.2	9.3	8.7	0.0
	15	5.9	16.6	11.3	11.1	6.2
	20	8.2	18.0	13.1	13.5	22.8
	21	9.3	21.1	15.2	16.0	0.0
	média / soma ⁽²⁾	6.4	17.2	11.8	11.8	29.0
	s / °C	2.4	2.5	2.4	3.0	—
	CV / %	38	15	20	25	—
D2	-10	7.3	19.6	13.4	13.8	0.0
	-5	8.0	22.4	15.2	16.0	0.0
	0	7.3	22.0	14.6	15.3	0.0
	5	9.6	25.8	17.7	19.1	0.0
	10	9.3	24.8	17.0	18.3	0.0
	13	9.9	25.1	17.5	18.9	0.2
	média / soma ⁽²⁾	9.6	25.2	17.4	18.8	0.2
	s / °C	0.3	0.5	0.4	0.4	—
CV / %	3	2	2	2	—	

(1) estimada pela equação do Quadro B.2., (2) valores relativos ao período semeiteira–emergência

Quadro B.5.(c) – Evolução da temperatura média do ar (T_{med}), da média das temperaturas máximas (T_{max}), da média das temperaturas mínimas (T_{min}), da temperatura média do solo à profundidade de 0.10 m (T_{solo}) e da precipitação (R) nos períodos pré-sementeira e sementeira–emergência, no ano agrícola de 1995-1996.

data de sementeira	dias após a sementeira	T / °C				R / mm
		T_{min}	T_{max}	T_{med}	$T_{solo}^{(1)}$	
D1	-10	2.5	12.8	7.6	6.5	0.0
	-5	2.5	13.6	8.0	7.0	2.0
	0	4.7	13.6	9.2	8.5	0.0
	5	6.3	15.4	10.9	10.6	25.7
	10	8.6	15.2	11.9	11.9	5.6
	15	6.8	15.9	11.3	11.2	8.9
	16	3.7	13.6	8.7	7.9	0.7
	média / soma ⁽²⁾	6.4	15.0	10.7	10.4	40.9
	s / °C	2.0	1.0	1.4	1.7	—
	CV / %	32	7	13	17	—

(1) estimada pela equação do Quadro B.2., (2) valores relativos ao período sementeira-emergência

Quadro B.5.(d) – Evolução da temperatura média do ar (T_{med}), da média das temperaturas máximas (T_{max}), da média das temperaturas mínimas (T_{min}), da temperatura média do solo à profundidade de 0.10 m (T_{solo}) e da precipitação (R) nos períodos pré-semeiteira e semeiteira–emergência, no ano agrícola de 1996-1997.

data de semeiteira	dias após a semeiteira	T / °C				R / mm
		T_{min}	T_{max}	T_{med}	$T_{solo}^{(1)}$	
D1	-10	6.0	16.6	11.3	11.2	0.0
	-5	9.3	19.0	14.1	14.7	0.0
	0	8.6	18.1	13.4	13.8	0.0
	5	10.0	22.0	16.0	17.0	0.0
	10	11.5	24.6	18.0	19.6	0.0
	15	8.7	22.3	15.5	16.4	0.0
	20	9.4	24.5	17.0	18.2	0.0
	25	11.3	26.7	19.0	20.8	0.0
	26	8.0	26.5	17.3	18.6	0.0
	média / soma ⁽²⁾	9.8	24.4	17.1	18.4	0.0
	s / °C	1.4	2.0	1.3	1.6	—
	CV / %	14.3	8.2	7.5	8.8	—
	D2	-10	10.2	21.3	15.7	16.7
-5		11.1	18.1	14.6	15.3	17.5
0		13.5	29.0	21.2	23.5	0.0
5		14.5	28.3	21.4	23.8	0.0
10		8.6	21.8	15.2	16.0	2.2
13		9.6	21.9	15.7	16.7	0.0
média / soma ⁽²⁾		10.9	24.0	17.4	18.8	2.2
s / °C		3.2	3.7	3.4	4.3	—
CV / %	29	16	20	23	—	

⁽¹⁾ estimada pela equação do Quadro B.2., ⁽²⁾ valores relativos ao período semeiteira–emergência

ANEXO C - CRONOLOGIA DAS DETERMINAÇÕES DE CAMPO

C.1. Parâmetros da planta

Quadro C.1.(a) – Cronologia da determinação dos parâmetros da planta.

parâmetro	ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
análise do crescimento	1993												
	1995												
	1996												
	1997												
parâmetro	ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Quadro C.1.(b) – Data média, em dias após a emergência, de determinação dos parâmetros da planta.

determinação	ano	data	leitura	
			L1	L2
análise do crescimento – parte aérea	1993	D1	68	98
		D2	43	79
	1995	D1	57	101
	1996	D1	42	94
	1997	D2	63	—
análise do crescimento - raiz	1995	D1	—	101

C.2. Parâmetros do solo

Quadro C.2.(a) – Cronologia da determinação das propriedades químicas do solo.

parâmetro	ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
teores de matéria orgânica, de fósforo e de potássio e pH	1993												
	1995												
parâmetro	ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Quadro C.2.(b) – Cronologia da determinação das propriedades físicas e hidrológicas do solo.

parâmetro	ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
massa volúmica aparente e porosidade	1993												
	1993												
resistência do solo à penetração	1994												
	1996												
	1997												
	1997												
distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados	1997												
	1995												
condutividade hidráulica saturada	1996												
	1997												
taxa de infiltração	1997												
teor de água em massa	1993												
	1994												
	1995												
	1997												
teor de água em volume	1993												
	1996												
	1997												
parâmetro	ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Quadro C.2.(c) – Data média, em dias após a emergência, de determinação das propriedades físicas, hidrológicas e químicas do solo.

parâmetro	ano	leitura	data	
			D1	D2
massa volúmica aparente e porosidade	1993	L1	14	—
		L2	86	—
resistência do solo à penetração	1993	L1	-3	—
	1996	L1	4	—
	1997	L1	1	—
		L2	71	—
distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados	1997	—	7	—
condutividade hidráulica saturada	1995	L1(1)	32	—
		L2(2)	81	—
	1996	L1	-16 a 18	—
		L2(3)	67	—
	1997	L1	-21 a 16	—
taxa de infiltração	1997	L1	25 a 42	—
teor de água	1993	L1(4)	56	44
		L2	77	51
		L3	84	59
		L4	92	67
		L5	100	79
		L6	112	88
		L7	122	99
		L8	130	108
		L9	—	115
	1995	L1(4)	11	—
		L2(4)	134	—
	1996	L1	12	—
		L2	28	—
		L3	56	—
		L4	68	—
		L5	89	—
		L6	111	—
		L7	125	—
		L8	146	—
	1997	L1	23	—
L2		58	—	
L3		70	—	
L4		114	—	
teores de matéria orgânica, de fósforo e de potássio e pH	1993	L1	20	—
	1995	L1	11	—

(1) camada 0.00 – 0.10 m, (2) camada 0.10 – 0.20 m, (3) medições na linha e na entrelinha da cultura, (4) teor de água em massa.



ANEXO D - CORRECÇÃO DA PROFUNDIDADE

Quadro D.1. – Posição do ponto médio (P_m / m) das camadas equivalentes estimada, tomando como referência os valores do tratamento SDM, a partir dos valores da massa volúmica aparente do solo relativos ao primeiro conjunto de medições de 1993.

tratamento de mobilização do solo				
SDM	ALQ	ESC+	ESC-	MOBP
0.038	0.045	0.042	0.043	0.042
0.100	0.120	0.112	0.112	0.110
0.150	0.180	0.168	0.163	0.160
0.200	0.240	0.223	0.213	0.210
0.250	0.299	0.276	0.262	0.260
0.300	0.354	0.328	0.312	0.310
0.350	0.407	0.378	0.361	0.360
0.400	0.458	0.429	0.412	0.410

Quadro D.2. – Relação entre a posição do ponto médio (P_m) de cada camada nos tratamentos ALQ, ESC+, ESC- e MOBP, variável independente, e no tratamento de referência (SDM), variável dependente, obtida por análise de regressão linear simples: dimensão da amostra (n), ordenada na origem (a), declive (b), teste de t à significância da regressão (t_b), coeficiente de determinação (r^2) e valor de F relativo ao teste à homogeneidade dos coeficientes da regressão.

tratamento	n	parâmetro		t_b	r^2 %	F
		a	b			
ALQ	8	-0.00583	0.87247	81.06***	99.91	49.57***
ESC+	8	-0.00597	0.93751	111.03***	99.95	
ESC-	8	-0.00888	0.99048	148.11***	99.97	
MOBP	8	-0.00746	0.99149	204.33***	99.99	

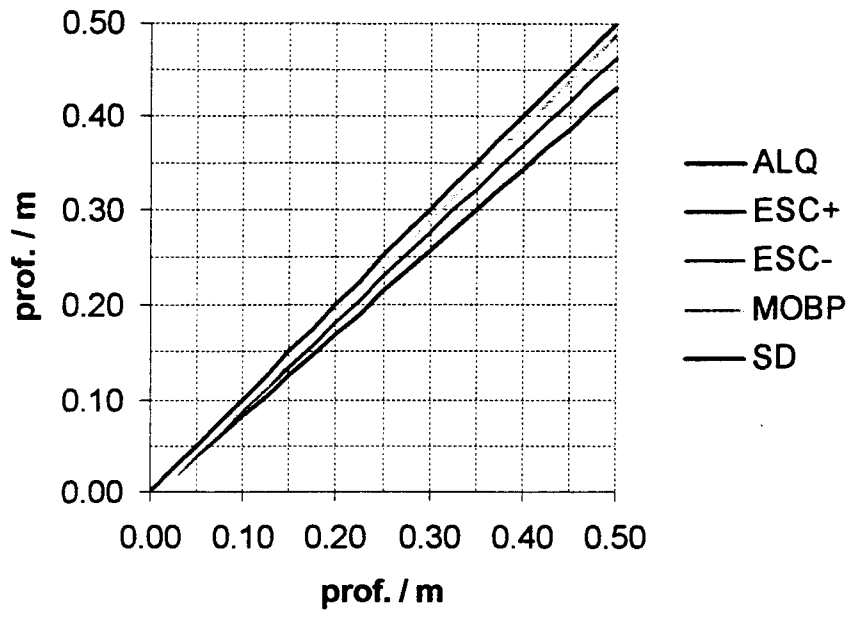


Figura D.1. – Relação entre profundidades nos tratamentos de mobilização do solo.

ANEXO E - ANÁLISES DE VARIÂNCIA

E.1. Efeito dos sistemas de mobilização do solo sobre o desenvolvimento da cultura do girassol

E.1.1. Produção da cultura e componentes da produção

Quadro E.1. - Produção de grão nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável *PROD.*

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	8995	8995	21.68***
repetições dentro dos anos	6	3032	505	1.22ns
mobilizações	6	8347	1391	3.35**
anos x mobilizações	6	1582	264	0.64
erro (a)	36	14933	415	
datas de sementeira	1	10416	10416	78.12***
anos x datas	1	1912	1912	14.34***
mobilizações x datas	6	994	166	1.24ns
anos x mobilizações x datas	6	2018	336	2.52*
erro (b)	33 ⁽¹⁾	4400	133	
total	102	56629		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações x datas) = 5.8, CV (a) = 31.62 %, CV (b) = 19.49 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.2. - Produção de grão no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável *PROD.*

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	11114	5557	27.75***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	1802	200	
mobilizações	4	2075	518	2.09ns
anos x mobilizações	8	1725	216	0.87
erro (b)	36	8918	248	
total	59	25634		

$S\bar{y}$ (anos) = 3.2, CV (a) = 23.11 %, CV (b) = 25.71 %.

Quadro E.3. - Teor de gordura no grão nos tratamentos D1 e D2 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável TG.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	40.754	13.585	2.80ns
mobilizações	6	115.634	19.272	3.97*
erro (a)	18	87.474	4.860	
datas de sementeira	1	68.179	68.179	4.22ns
mobilizações x datas	6	32.074	5.346	0.33
erro (b)	12 ⁽¹⁾	193.683	16.140	
total	46	537.798		

S_y (mobilizações) = 0.8, CV (a) = 4.25 %, CV (b) = 9.22 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.4. - Teor de gordura no grão no tratamento D1 nos anos de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável TG.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	159.201	159.201	100.57***
repetições dentro dos anos (erro (a))	6	9.498	1.583	
mobilizações	4	11.063	2.766	0.51
anos x mobilizações	4	18.072	4.518	0.83
erro (b)	24	130.437	5.435	
total	39			

CV (a) = 2.73 %, CV (b) = 5.06 %.

Quadro E.5. - Número de grãos por unidade de área nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável NGA.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	2212819	2212819	10.10**
repetições dentro dos anos	6	2150917	358486	1.64ns
mobilizações	6	5488417	914736	4.17**
anos x mobilizações	6	630810	105135	0.48
erro (a)	36	7888967	219138	
datas de sementeira	1	3467060	3467060	37.64***
anos x datas	1	104334	104334	1.13ns
mobilizações x datas	6	1174788	195798	2.13ns
anos x mobilizações x datas	6	2440591	406765	4.42**
erro (b)	33 ⁽¹⁾	3039460	92105	
total	102	28598162		

S_y (anos x mobilizações x datas) = 152, CV (a) = 32.40 %, CV (b) = 22.84 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.6. - Número de grãos por unidade de área no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável NGA.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	1514050	757025	5.69*
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	1196682	132965	
mobilizações	4	1034660	258665	1.92ns
anos x mobilizações	8	659755	82469	0.61
erro (b)	36	4851005	134750	
total	59	9256153		

$S_{\bar{y}}$ (anos) = 82, CV (a) = 25.65 %, CV (b) = 25.82 %.

Quadro E.7. - Peso de 1000 grãos nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável P1000G.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	375	375	13.73**
repetições dentro dos anos	6	988	165	6.03***
mobilizações	6	247	41	1.51ns
anos x mobilizações	6	673	112	4.11**
erro (a)	36	984	27	
datas de sementeira	1	104	104	4.02ns
anos x datas	1	253	253	9.78**
mobilizações x datas	6	231	38	1.49ns
anos x mobilizações x datas	6	689	115	4.45**
erro (b)	33 ⁽¹⁾	852	26	
total	102	5396		

$S_{\bar{y}}$ (anos x mobilizações x datas) = 2.5, CV (a) = 10.71 %, CV (b) = 10.41 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.8. - Peso de 1000 grãos no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável P1000G.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	1284	642	37.72***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	153	17	
mobilizações	4	36	9	0.73
anos x mobilizações	8	327	41	3.28**
erro (b)	36	448	12	
total	59	2249		

$S_{\bar{y}}$ (anos x mobilizações) = 1.8, CV (a) = 9.63 %, CV (b) = 8.24 %.

Quadro E.9. - Número de capítulos por unidade de área nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(NCA+1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.557	0.557	29.50***
repetições dentro dos anos	6	0.327	0.054	2.88*
mobilizações	6	1.650	0.275	14.57***
anos x mobilizações	6	1.080	0.180	9.54***
erro (a)	36	0.679	0.019	
datas de sementeira	1	1.260	1.260	128.84***
anos x datas	1	0.498	0.498	50.91***
mobilizações x datas	6	0.343	0.057	5.84***
anos x mobilizações x datas	6	0.154	0.026	2.63*
erro (b)	42	0.411	0.010	
total	111	6.958		

CV (a) = 29.36 %, CV (b) = 21.07 %.

Quadro E.10. -- Número de capítulos por unidade de área no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(NCA+1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	1.204	0.602	42.85***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	0.126	0.014	
mobilizações	4	0.188	0.030	2.81*
anos x mobilizações	8	0.157	0.020	1.87ns
erro (b)	36	0.379	0.011	
total	59	1.984		

CV (a) = 18.93 %, CV (b) = 16.40 %.

Quadro E.11. - Número de grãos por capítulo nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável NGC.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	10678489	10678489	286.45***
repetições dentro dos anos	6	368404	61401	1.65ns
mobilizações	6	207787	34631	0.93
anos x mobilizações	6	626530	104422	2.80*
erro (a)	36	1342026	37278	
datas de sementeira	1	372661	372661	14.66***
anos x datas	1	241289	241289	9.49**
mobilizações x datas	6	439978	73330	2.88*
anos x mobilizações x datas	6	588211	98035	3.86**
erro (b)	33 ⁽¹⁾	839122	25428	
total	102	15704497		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações x datas) = 80, CV (a) = 26.17 %, CV (b) = 21.62 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.12. - Número de grãos por capítulo no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável NGC.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	5469329	2734664	406.60***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	60531	6726	
mobilizações	4	12344	3086	0.51
anos x mobilizações	8	395595	49449	8.11***
erro (b)	36	219570	6099	
total	59	6157369		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações) = 39, CV (a) = 15.57 %, CV (b) = 14.83 %.

E.1.2. Densidade populacional da cultura

Quadro E.13. – População emergida nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(POPEM + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.834	0.834	47.02***
repetições dentro dos anos	6	0.580	0.097	5.45***
mobilizações	6	1.360	0.227	12.79***
anos x mobilizações	6	0.932	0.155	8.76***
erro (a)	36	0.638	0.018	
datas de sementeira	1	1.161	1.161	138.02***
anos x datas	1	0.207	0.207	24.66***
mobilizações x datas	6	0.859	0.143	17.02***
anos x mobilizações x datas	6	0.207	0.035	4.11**
erro (b)	42	0.353	0.008	
total	111	7.132		

CV (a) = 28.42 %, CV (b) = 19.42 %.

Quadro E.14. - População emergida no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(POPEM+1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	1.189	0.594	27.39***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	0.195	0.022	
mobilizações	4	0.049	0.012	1.66ns
anos x mobilizações	8	0.194	0.024	3.30**
erro (b)	36	0.265	0.007	
total	59	1.893		

CV (a) = 13.34 %, CV (b) = 13.69 %.

Quadro E.15. - Relação entre a população emergida e a população potencial nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} ((POPEM/POPP) + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.0003	0.0003	0.12
repetições dentro dos anos	6	0.0788	0.0131	5.52***
mobilizações	6	0.0895	0.0149	6.26***
anos x mobilizações	6	0.0619	0.0103	4.33**
erro (a)	36	0.0858	0.0024	
datas de sementeira	1	0.1373	0.1373	113.20***
anos x datas	1	0.0143	0.0143	11.80***
mobilizações x datas	6	0.0845	0.0141	11.61***
anos x mobilizações x datas	6	0.0196	0.0033	2.69*
erro (b)	42	0.0509	0.0012	
total	111	0.6228		

CV (a) = 35.32 %, CV (b) = 25.20 %.

Quadro E.16. - Relação entre a população emergida e a população potencial no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} ((POPEM/POPP) + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	0.062	0.031	7.48*
repetições dentro dos anos erro (a)	9	0.037	0.004	
mobilizações	4	0.011	0.003	2.04ns
anos x mobilizações	8	0.049	0.006	4.73***
erro (b)	36	0.046	0.001	
total	59	0.204		

CV (a) = 32.38 %, CV (b) = 18.09 %.

Quadro E.17. - Relação entre a população produtiva e a população emergida nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} ((NCA/POPEM) + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.02588	0.02588	5.00*
repetições dentro dos anos	6	0.08944	0.01491	2.88*
mobilizações	6	0.01956	0.00326	0.63
anos x mobilizações	6	0.08773	0.01462	2.83*
erro (a)	36	0.18619	0.00517	
datas de sementeira	1	0.00006	0.00006	0.01
anos x datas	1	0.09713	0.09713	13.36***
mobilizações x datas	6	0.11518	0.01920	2.64*
anos x mobilizações x datas	6	0.04431	0.00738	1.02ns
erro (b)	42	0.30528	0.00727	
total	111	0.97074		

CV (a) = 27.40 %, CV (b) = 23.12 %.

Quadro E.18. - Relação entre a população produtiva e a população emergida no tratamento D1, nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} ((NCA/POPEM) + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	0.006	0.003	0.45
repetições dentro dos anos erro (a)	9	0.060	0.007	
mobilizações	4	0.055	0.014	5.67***
anos x mobilizações	8	0.095	0.012	4.90***
erro (b)	36	0.087	0.002	
total	59	0.303		

CV (a) = 26.77 %, CV (b) = 16.12 %.

E.1.3. Análise do crescimento da cultura

Quadro E.19. - Índice de área foliar nos tratamentos D1 e D2 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} (IAF + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.071	0.024	2.65ns
mobilizações	6	0.161	0.027	3.02*
erro (a)	18	0.160	0.009	
datas de sementeira	1	0.141	0.141	34.61***
mobilizações x datas	6	0.128	0.021	5.26**
erro (b)	21	0.085	0.004	
leituras	1	0.113	0.113	93.79***
mobilizações x leituras	6	0.014	0.002	1.96ns
datas x leituras	1	0.007	0.007	5.74*
mobilizações x datas x leituras	6	0.015	0.003	2.08ns
erro (c)	42	0.051	0.001	
total	111	0.947		

CV (a) = 35.07 %, CV (b) = 23.38 %, CV (c) = 12.80 %.

Quadro E.20. – Índice de área foliar no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(IAF + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.005	0.002	0.48
mobilizações	6	0.022	0.004	1.15ns
erro (a)	18	0.059	0.003	
leituras	1	0.023	0.023	5.73*
mobilizações x leituras	6	0.053	0.009	2.23ns
erro (b)	19 ⁽¹⁾	0.076	0.004	
total	53	0.238		

CV (a) = 33.40 %, CV (b) = 39.92 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.21. – Índice de área foliar no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(IAF + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.0002	0.0001	0.08
mobilizações	4	0.0180	0.0045	5.59**
erro (a)	12	0.0097	0.0008	
leituras	1	0.2452	0.2452	487.36***
mobilizações x leituras	4	0.0056	0.0014	2.73ns
erro (b)	15	0.0075	0.0005	
total	39	0.2861		

CV (a) = 25.03 %, CV (b) = 19.89 %.

Quadro E.22. – Duração da área foliar nos tratamentos D1 e D2 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável DAF.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	296	99	2.40ns
mobilizações	6	709	118	2.87*
erro (a)	18	739	41	
datas	1	1396	1396	80.32***
mobilizações x datas	6	650	108	6.23***
erro (b)	21	365	17	
total	55	4156		

$S\bar{y}$ (mobilizações x datas) = 2.1, CV (a) = 30.82 %, CV (b) = 20.05 %.

Quadro E.23. – Duração da área foliar no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável DAF.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	163.277	54.426	1.45ns
mobilizações	6	132.939	22.157	0.59
erro (a)	16 ⁽¹⁾	601.682	37.605	
total	25	897.898		

CV = 29.23 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.24. – Duração da área foliar no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável DAF.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	7.247	2.416	0.19
mobilizações	4	265.701	66.425	5.12*
erro (a)	12	155.639	12.970	
total	19	428.587		

$S\bar{y}$ (mobilizações) = 1.8, CV = 21.57 %.

Quadro E.25. – Taxa de crescimento da cultura no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável TCC.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	72.621	24.207	7.15**
mobilizações	6	18.645	3.107	0.92
erro (a)	16 ⁽¹⁾	54.147	3.384	
total	25	145.412		

CV = 38.82 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.26. – Taxa de crescimento da cultura no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável TCC.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	4.817	1.606	1.36ns
mobilizações	4	44.642	11.160	9.43***
erro (a)	12	14.205	1.184	
total	19	63.664		

$S\bar{y}$ (mobilizações) = 0.5, CV = 20.54 %.

Quadro E.27. – Diâmetro dos capítulos no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável DCAP.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.001	0.0004	2.87ns
mobilizações	6	0.006	0.0010	6.34**
erro (a)	16 ⁽¹⁾	0.002	0.0002	
total	25	0.010		

$S\bar{y}$ (mobilizações) = 0.624, CV = 13.66 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.28. – Diâmetro dos capítulos no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável DCAP.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.002	0.0005	0.88
mobilizações	4	0.005	0.0012	2.16ns
erro (a)	12	0.007	0.0006	
total	19	0.013		

CV = 25.03 %.

Quadro E.29. – Altura das plantas no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável ALT.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.049	0.016	1.84ns
mobilizações	6	0.228	0.038	4.31**
erro (a)	18	0.159	0.009	
leituras	1	1.831	1.831	124.51****
mobilizações x leituras	6	0.092	0.015	1.04ns
erro (b)	19 ⁽¹⁾	0.280	0.015	
total	53	2.639		

$S\bar{y}$ (mobilizações) = 0.033, CV (a) = 15.04 %, CV (b) = 20.14 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.30. – Altura das plantas (*ALT*), no tratamento D1, no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada \log_{10} (*ALT*).

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.045	0.015	3.81*
mobilizações	4	0.238	0.059	15.24***
erro (a)	12	0.047	0.004	
leituras	1	8.306	8.306	2248.23***
mobilizações x leituras	4	0.083	0.021	5.63**
erro (b)	15	0.055	0.004	
total	39	8.774		

CV (a) = 4.10 %, CV (b) = 3.94 %.

Quadro E.31. – Relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável *MSCAP/MSF+C*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.505	0.168	23.34***
mobilizações	6	0.063	0.010	1.45ns
erro (a)	16 ⁽¹⁾	0.115	0.007	
total	25	0.683		

CV = 9.76 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.32. – Relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule no tratamento D1, no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável *MSCAP/MSF+C*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.009	0.003	4.63*
mobilizações	4	0.024	0.006	9.65***
erro (a)	12	0.008	0.001	
total	19	0.041		

$S_{\bar{y}}$ (mobilizações) = 0.013, CV = 10.88 %.

Quadro E.33. – Comprimento da raiz no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada \log_{10} (CRAIZ).

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.212	0.071	1.52ns
mobilizações	6	0.943	0.157	3.39*
erro (a)	18	0.835	0.046	
profundidades	2	3.301	1.651	28.77***
mobilizações x profundidades	12	1.333	0.111	1.94ns
erro (b)	36 ⁽¹⁾	2.066	0.057	
total	77	8.690		

CV (a) = 5.31 %, CV (b) = 6.39 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 6 unidades.

Quadro E.34. – Relação entre o comprimento da raiz na camada 0.00 – 0.10 m e o índice de área foliar no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada \log_{10} (CRAIZ/IAF).

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.500	0.167	4.27*
mobilizações	6	1.129	0.188	4.81**
erro (a)	16 ⁽¹⁾	0.626	0.039	
total	25	2.254		

CV = 5.78 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 2 unidades.

Quadro E.35. – Matéria seca na raiz no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável MSRAIZ.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.001	0.00024	2.88ns
mobilizações	6	0.001	0.00009	1.11ns
erro (a)	18	0.002	0.00008	
profundidades	2	0.004	0.00193	38.53***
mobilizações x profundidades	12	0.001	0.00009	1.76ns
erro (b)	36 ⁽¹⁾	0.002	0.00005	
total	77	0.010		

$S_{\bar{y}}$ (profundidades) = 0.134, CV (a) = 55.48 %, CV (b) = 40.84 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 6 unidades.

E.1.4. Repartição da biomassa e crescimento da planta no fim do ciclo cultural

Quadro E.36. - Índice de colheita nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável *IC*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.015	0.015	6.64*
repetições dentro dos anos	6	0.034	0.006	2.52*
mobilizações	6	0.036	0.006	2.63*
anos x mobilizações	6	0.060	0.010	4.41**
erro (a)	36	0.082	0.002	
datas de sementeira	1	0.038	0.038	26.10***
anos x datas	1	0.004	0.004	2.84ns
mobilizações x datas	6	0.015	0.002	1.72ns
anos x mobilizações x datas	6	0.039	0.007	4.49**
erro (b)	33 ⁽¹⁾	0.048	0.001	
total	102	0.371		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações x datas) = 0.02, CV (a) = 13.00 %, CV (b) = 12.03 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.37. - Índice de colheita no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável *IC*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	0.080	0.040	36.03***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	0.010	0.001	
mobilizações	4	0.027	0.007	6.41***
anos x mobilizações	8	0.028	0.003	3.33**
erro (b)	36	0.038	0.001	
total	59	0.183		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações) = 0.02, CV (a) = 12.39 %, CV (b) = 12.04 %.

Quadro E.38. - Relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável $MSCAP/MSF+C$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.041	0.041	0.30
repetições dentro dos anos	6	2.291	0.382	2.82*
mobilizações	6	0.576	0.096	0.71
anos x mobilizações	6	4.493	0.749	5.52***
erro (a)	36	4.883	0.136	
datas de sementeira	1	2.383	2.383	19.84***
anos x datas	1	0.116	0.116	0.97
mobilizações x datas	6	1.512	0.252	2.10ns
anos x mobilizações x datas	6	3.135	0.522	4.35**
erro (b)	32 ⁽¹⁾	3.842	0.120	
total	101	23.272		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações x datas) = 0.173, CV (a) = 22.14 %, CV (b) = 22.83 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 10 unidades.

Quadro E.39. - Relação entre a matéria seca no capítulo e a matéria seca nas folhas e no caule no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável $MSCAP/MSF+C$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	1.036	0.518	5.22*
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	0.894	0.099	
mobilizações	4	1.193	0.298	4.94**
anos x mobilizações	8	1.220	0.152	2.53*
erro (b)	36	2.172	0.060	
total	59	6.515		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações) = 0.123, CV (a) = 25.39 %, CV (b) = 19.83 %.

Quadro E.40. - Altura das plantas nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável *ALT*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	3.009	3.009	1465.75***
repetições dentro dos anos	6	0.065	0.011	5.28***
mobilizações	6	0.048	0.008	3.86**
anos x mobilizações	6	0.030	0.005	2.43*
erro (a)	36	0.074	0.002	
datas de sementeira	1	0.016	0.016	6.15*
anos x datas	1	0.001	0.001	0.27
mobilizações x datas	6	0.013	0.002	0.88
anos x mobilizações x datas	6	0.015	0.001	0.96
erro (b)	33 ⁽¹⁾	0.084	0.003	
total	102	3.354		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações) = 0.016, $S\bar{y}$ (datas) = 0.0067, CV (a) = 4.21 %, CV (b) = 5.10 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.41. - Altura das plantas no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável *ALT*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	1.097	0.548	246.74***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	0.020	0.002	
mobilizações	4	0.084	0.021	11.72***
anos x mobilizações	8	0.042	0.005	2.93*
erro (b)	36	0.065	0.002	
total	59	1.308		

$S\bar{y}$ (anos x mobilizações) = 0.021, CV (a) = 4.52 %, CV (b) = 4.29 %.

Quadro E.42. - Diâmetro dos capítulos nos tratamentos D1 e D2 nos anos de 1993 e de 1995. Análise de variância dos valores da variável *DCAP*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	1	0.1996	0.1996	490.67***
repetições dentro dos anos	6	0.0081	0.0014	3.31*
mobilizações	6	0.0033	0.0006	1.37ns
anos x mobilizações	6	0.0069	0.0012	2.84*
erro (a)	36	0.0146	0.0004	
datas de sementeira	1	0.0075	0.0075	33.20***
anos x datas	1	0.0001	0.0001	0.32
mobilizações x datas	6	0.0044	0.0007	3.26*
anos x mobilizações x datas	6	0.0088	0.0015	6.54***
erro (b)	33 ⁽¹⁾	0.0074	0.0002	
total	102	0.2607		

$S_{\bar{y}}$ (anos x mobilizações x datas) = 0.008, CV (a) = 11.76 %, CV (b) = 9.51 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 9 unidades.

Quadro E.43. - Diâmetro dos capítulos no tratamento D1 nos anos de 1993, de 1995 e de 1996. Análise de variância dos valores da variável *DCAP*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
anos	2	0.077	0.0386	185.03***
repetições dentro dos anos (erro (a))	9	0.002	0.0002	
mobilizações	4	0.001	0.0003	1.74ns
anos x mobilizações	8	0.003	0.0004	2.16ns
erro (b)	36	0.006	0.0002	
total	59	0.089		

$S_{\bar{y}}$ (anos) = 0.003, CV (a) = 10.27 %, CV (b) = 9.31 %.

E.2. Efeito dos sistemas de mobilização sobre as propriedades físicas, as propriedades hidrológicas e as propriedades químicas do solo

E.2.1. Propriedades mecânicas do solo

Quadro E.44. – Massa volúmica aparente do solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(\rho_{ap}+1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.029	0.0095	6.88**
mobilizações	6	0.051	0.0085	6.12***
erro (a)	18	0.025	0.0014	
profundidades	8	0.212	0.0265	106.26***
mobilizações x profundidades	48	0.045	0.0010	3.80***
erro (b)	168	0.042	0.0002	
leituras	1	0.005	0.0052	18.71***
mobilizações x leituras	6	0.007	0.0012	4.41***
profundidades x leituras	8	0.009	0.0011	4.02***
mobilizações x profundidades x leituras	48	0.010	0.0002	0.76
erro (c)	186 ⁽¹⁾	0.051	0.0003	
total	500	0.486		

CV (a) = 9.35 %, CV (b) = 3.54 %, CV (c) = 4.17 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 3 unidades.

Quadro E.45. – Resistência do solo à penetração no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(Cl + 1)$ relativos ao perfil médio.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.020	0.007	0.63
mobilizações	6	0.378	0.063	5.97***
erro (a)	18	0.190	0.011	
profundidades	12	5.450	0.454	499.94***
mobilizações x profundidades	72	0.300	0.004	4.58***
erro (b)	252	0.229	0.001	
total	363	6.567		

CV (a) = 30.31 %, CV (b) = 8.71 %.

Quadro E.46. – Resistência do solo à penetração no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(C/ + 1)$ relativos ao perfil na linha.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.012	0.004	0.98
mobilizações	3	0.268	0.089	22.08***
erro (a)	9	0.036	0.004	
profundidades	5	1.555	0.311	312.99***
mobilizações x profundidades	15	0.098	0.007	6.60***
erro (b)	60	0.060	0.001	
total	95	2.029		

CV (a) = 25.71 %, CV (b) = 12.82 %.

Quadro E.47. – Resistência do solo à penetração no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(C/ + 1)$ relativos ao perfil médio.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.185	0.062	2.59 ^{ns}
mobilizações	4	1.378	0.345	14.52***
erro (a)	12	0.285	0.024	
posições	2	0.042	0.021	4.64 ^{ns}
erro (b)	6	0.027	0.004	
mobilizações x posições	8	0.099	0.012	2.39*
erro (c)	24	0.124	0.005	
profundidades	7	0.765	0.109	106.86***
mobilizações x profundidades	28	0.255	0.009	8.90***
posições x profundidades	14	0.108	0.008	7.57***
mobilizações x posições x profundidades	56	0.057	0.001	1.00
erro (d)	315	0.322	0.001	
total	479	3.647		

CV (a) = 52.96 %, CV (b) = 23.05 %, CV (d) = 10.97 %.

Quadro E.48. – Resistência do solo à penetração no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(C/ + 1)$ relativos ao perfil na linha.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.084	0.0280	4.76*
mobilizações	3	0.329	0.1097	18.55**
erro (a)	9	0.053	0.0059	
profundidades	3	0.050	0.0167	44.73***
mobilizações x profundidades	9	0.020	0.0022	6.04***
erro (b)	36	0.013	0.0004	
total	63	0.550		

CV (a) = 28.11 %, CV (b) = 7.05 %.

Quadro E.49. – Resistência do solo à penetração no tratamento D1 no ano de 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(C/ + 1)$ relativos ao perfil médio.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.220	0.073	1.30ns
mobilizações	4	3.731	0.933	16.60***
erro (a)	12	0.674	0.056	
posições	2	0.349	0.175	14.03**
erro (b)	6	0.075	0.012	
mobilizações x posições	8	0.195	0.024	4.42**
erro (c)	24	0.133	0.006	
profundidades	7	1.200	0.171	99.51***
mobilizações x profundidades	28	1.159	0.041	24.03***
posições x profundidades	14	0.102	0.007	4.23***
mobilizações x posições x profundidades	56	0.150	0.003	1.55*
erro (d)	315	0.543	0.002	
leituras	1	6.030	6.030	1853.62***
mobilizações x leituras	4	0.611	0.153	46.94***
posições x leituras	2	0.145	0.072	22.23***
mobilizações x posições x leituras	8	0.097	0.012	3.72***
profundidades x leituras	7	0.266	0.038	11.68***
mobilizações x profundidades x leituras	28	0.238	0.009	2.62***
posições x profundidades x leituras	14	0.009	0.001	0.20
mobilizações x posições x profundidades x leituras	56	0.098	0.002	0.54
erro (e)	360	1.171	0.003	
total	959	17.196		

CV (a) = 63.54 %, CV (b) = 29.97 %, CV (c) = 19.95 %, CV (d) = 11.13 %, CV (e) = 15.28 %.

Quadro E.50. – Resistência do solo à penetração no tratamento D1 no ano de 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(C_l + 1)$ relativos ao perfil na linha.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.006	0.002	0.24
mobilizações	3	0.841	0.280	35.78***
erro (a)	9	0.070	0.008	
profundidades	3	0.132	0.044	35.19***
mobilizações x profundidades	9	0.072	0.008	6.41***
erro (b)	36	0.045	0.001	
leituras	1	1.579	1.579	1653.62***
mobilizações x leituras	3	0.084	0.028	29.39***
profundidades x leituras	3	0.061	0.020	21.23***
mobilizações x profundidades x leituras	9	0.044	0.005	5.17***
erro (c)	48	0.046	0.001	
total	127	2.981		

CV (a) = 22.97 %, CV (b) = 9.21 %, CV (c) = 8.04 %.

E.2.2. Distribuição por classes de dimensão e estabilidade dos agregados

Quadro E.51. – Diâmetro médio ponderado obtido por via seca no tratamento D1 no ano de 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(X_s + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.010	0.003	2.38ns
mobilizações	4	0.046	0.012	8.45**
erro (a)	12	0.016	0.001	
profundidades	2	0.001	0.001	0.56
mobilizações x profundidades	8	0.017	0.002	1.94
erro (b)	30	0.032	0.001	
total	59	0.123		

CV(a) = 5.39 %, CV(b) = 5.57 %.

Quadro E.52. – Diâmetro médio ponderado obtido por via húmida no tratamento D1 em 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(X_h + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.047	0.016	4.90**
mobilizações	4	0.043	0.011	3.39*
erro (a)	12	0.038	0.003	
profundidades	2	0.002	0.001	0.23
mobilizações x profundidades	8	0.027	0.003	0.78
erro (b)	30	0.128	0.004	
total	59	0.284		

CV(a) = 14.84 %, CV(b) = 17.70 %.

Quadro E.53. – Diferença entre os valores do diâmetro médio ponderado no tratamento D1 em 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}((X_s - X_h) + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.1114	0.0371	11.19***
mobilizações	4	0.0382	0.0096	2.88ns
erro (a)	12	0.0398	0.0033	
profundidades	2	0.0005	0.0002	0.05
mobilizações x profundidades	8	0.0441	0.0055	1.15ns
erro (b)	30	0.1438	0.0048	
total	59	0.3778		

CV(a) = 14.58 %, CV(b) = 17.59 %.

E.2.3. Propriedades hidrológicas do solo

Quadro E.54. – Macroporosidade do solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(M + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.003	0.0011	2.29ns
mobilizações	6	0.025	0.0042	8.64***
erro (a)	18	0.009	0.0005	
profundidades	8	0.163	0.0204	76.53***
mobilizações x profundidades	48	0.036	0.0007	2.77***
erro (b)	165 ⁽¹⁾	0.044	0.0003	
total	248	0.280		

CV (a) = 72.13 %, CV (b) = 53.61 %.

⁽¹⁾ dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 3 unidades.

Quadro E.55. – Microporosidade do solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(m + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.002	0.00078	3.14ns
mobilizações	6	0.001	0.00026	1.00ns
erro (a)	18	0.005	0.00025	
profundidades	8	0.010	0.00130	31.19***
mobilizações x profundidades	48	0.005	0.00010	2.50***
erro (b)	165 ⁽¹⁾	0.007	0.00004	
total	248	0.031		

CV (a) = 12.17 %, CV (b) = 4.78 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 3 unidades.

Quadro E.56. – Condutividade hidráulica saturada no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(K_{sc})$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.013	0.013	0.27
mobilizações	6	0.945	0.157	3.43ns
erro (a)	6	0.276	0.046	
profundidades	1	1.038	1.038	25.33***
mobilizações x profundidades	6	0.499	0.083	2.03ns
erro (b)	7	0.287	0.041	
total	27	3.057		

CV (a) = -4.66 %, CV (b) = -4.39 %.

Quadro E.57. – Condutividade hidráulica saturada no tratamento D1 no ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(K_{sc})$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.114	0.114	5.87ns
mobilizações	4	1.920	0.480	24.80**
erro (a)	4	0.077	0.019	
profundidades	2	3.358	1.679	12.45**
mobilizações x profundidades	8	2.209	0.276	2.05ns
erro (b)	10	1.349	0.135	
total	29	9.027		

CV (a) = -2.91 %, CV (b) = -7.74 %.

Quadro E.58. – Condutividade hidráulica saturada no tratamento D1 ano de 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(K_{sc})$ relativos à zonas da linha e da entrelinha da cultura.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
repetições	1	0.028	0.028	13.27ns
mobilizações	1	1.968	1.968	943.88*
erro (a)	1	0.002	0.002	
posições	2	0.593	0.297	2.55ns
erro (b)	2	0.233	0.116	
mobilizações x profundidades	2	0.357	0.178	2.64ns
erro (c)	2	0.135	0.068	
profundidades	2	7.711	3.855	12.75***
mobilizações x profundidades	2	0.225	0.112	0.37
posições x profundidades	4	0.901	0.225	0.74
mobilizações posições x profundidades	4	0.075	0.019	0.06
erro (d)	12	3.628	0.302	
total	35	15.855		

CV (a) = -0.95 %, CV (b) = -7.24 %, CV (c) = -5.51 %, CV (d) = -11.86 %.

Quadro E.59. – Condutividade hidráulica saturada no tratamento D1 no ano de 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(K_{sc})$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.112	0.112	4.10ns
mobilizações	4	1.703	0.426	15.57**
erro (a)	4	0.109	0.027	
profundidades	2	2.633	1.317	17.49***
mobilizações x profundidades	8	0.439	0.055	0.73
erro (b)	10	0.753	0.075	
total	29	5.749		

CV (a) = -3.46 %, CV (b) = -5.78 %.

Quadro E.60. – Taxa de infiltração no tratamento D1 no ano de 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(T)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.051	0.051	2.97ns
mobilizações	2	1.835	0.918	53.72*
erro (a)	2	0.034	0.017	
profundidades	2	0.257	0.129	2.90ns
mobilizações x profundidades	4	0.279	0.070	1.58ns
erro (b)	6	0.266	0.044	
tensões	3	23.886	7.962	226.46***
mobilizações x tensões	6	0.331	0.055	1.57ns
profundidades x tensões	6	0.226	0.038	1.07ns
mobilizações x profundidades x tensões	12	0.252	0.021	0.60
erro (c)	27	0.949	0.035	
total	71	28.367		

CV (a) = -2.44, CV (b) = -3.92 %, CV (c) = -3.50 %.

E.2.4. Teor e potencial de água no solo

Quadro E.61. – Teor de água no solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável θ_m .

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.0292	0.0097	6.92**
mobilizações	6	0.0004	0.0001	0.05
erro (a)	18	0.0253	0.0014	
profundidades	4	0.0166	0.0042	7.09***
mobilizações x profundidades	24	0.0101	0.0004	0.72
erro (b)	84	0.0492	0.0006	
total	139	0.1309		

S_y (profundidades) = 0.005, CV (a) = 16.94 %, CV (b) = 10.99 %.

Quadro E.62. – Teor de água do solo no tratamento D1 na primeira leitura do ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável θ_m .

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.017	0.0056	4.65*
mobilizações	6	0.007	0.0011	0.94
erro (a)	18	0.022	0.0012	
profundidades	4	0.128	0.0320	40.08***
mobilizações x profundidades	24	0.012	0.0005	0.65
erro (b)	84	0.067	0.0008	
total	139	0.253		

$S_{\bar{y}}$ (profundidades) = 0.005, CV (a) = 21.07 %, CV (b) = 17.19 %.

Quadro E.63. – Teor de água do solo no tratamento D1 na segunda leitura do ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável θ_m .

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.000002	0.000002	0.01
mobilizações	6	0.003187	0.000531	1.34 ^{ns}
erro (a)	6	0.002375	0.000396	
profundidades	4	0.029653	0.007413	38.52***
mobilizações x profundidades	24	0.005558	0.000232	1.20 ^{ns}
erro (b)	28	0.005389	0.000192	
total	69	0.046164		

$S_{\bar{y}}$ (profundidades) = 0.004, CV (a) = 19.87 %, CV (b) = 13.86 %.

Quadro E.64. – Teor de água no solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável θ_v .

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.0027	0.0027	1.43ns
mobilizações	6	0.0104	0.0017	0.92
erro (a)	6	0.0112	0.0019	
profundidades	1	0.4175	0.4175	528.53***
mobilizações x profundidades	6	0.0041	0.0007	0.86
erro (b)	7	0.0055	0.0008	
leituras	6	0.1402	0.0234	105.77***
mobilizações x leituras	36	0.0157	0.0004	1.97**
profundidades x leituras	6	0.0141	0.0024	10.64***
mobilizações x profundidades x leituras	36	0.0101	0.0003	1.27ns
erro (c)	84	0.0186	0.0002	
total	195	0.6500		

$S_{\bar{y}}$ (profundidades) = 0.003, $S_{\bar{y}}$ (leituras) = 0.003, $S_{\bar{y}}$ (mobilizações x leituras) = 0.007, $S_{\bar{y}}$ (profundidades x leituras) = 0.004, CV (a) = 19.73 %, CV (b) = 13.49 %, CV (c) = 6.85 %.

Quadro E.65. – Teor de água no solo no tratamento D2, em 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(\theta_v + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.0002	0.00020	0.44
mobilizações	6	0.0025	0.00042	0.93
erro (a)	6	0.0027	0.00045	
profundidades	1	0.0756	0.07560	2055.21***
mobilizações x profundidades	6	0.0030	0.00051	13.79***
erro (b)	7	0.0003	0.00004	
leituras	8	0.0300	0.00376	65.10***
mobilizações x leituras	48	0.0046	0.00010	1.68*
profundidades x leituras	8	0.0018	0.00023	3.93***
mobilizações x profundidades x leituras	48	0.0035	0.00007	1.28ns
erro (c)	112	0.0065	0.00006	
total	251	0.1308		

CV (a) = 25.25 %, CV (b) = 7.53 %, CV (c) = 9.07 %.

Quadro E.66. – Teor de água no solo nos tratamentos D1 e D2, em 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(\theta v + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	1	0.0002	0.00023	0.79
mobilizações	6	0.0018	0.00030	1.01ns
erro (a)	6	0.0018	0.00030	
datas de sementeira	1	0.0025	0.00250	52.49***
mobilizações x datas	6	0.0008	0.00013	2.80ns
erro (b)	7	0.0003	0.00005	
profundidades	1	0.0627	0.06270	1551.30***
mobilizações x profundidades	6	0.0010	0.00017	4.21*
datas x profundidades	1	0.0008	0.00078	20.27***
mobilizações x datas x profundidades	6	0.0012	0.00020	4.91**
erro (c)	14	0.0006	0.00004	
fases	3	0.0173	0.00578	183.87***
mobilizações x fases	18	0.0010	0.00006	1.68ns
datas x fases	3	0.0031	0.00103	32.82***
mobilizações x datas x fases	18	0.0014	0.00008	2.38**
profundidades x fases	3	0.0012	0.00041	13.30***
mobilizações x profundidades x fases	18	0.0006	0.00004	1.07ns
datas x profundidades x fases	3	0.0013	0.00044	14.14***
mobilizações x datas x profundidades x fases	18	0.0009	0.00005	1.62ns
erro (d)	84	0.0027	0.00003	
total	223	0.1032		

CV (a) = 19.91 %, CV (b) = 8.13 %, CV (c) = 7.27 %, CV (d) = 6.43 %.

Quadro E.67. – Teor de água no solo no tratamento D1, em 1996. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} (\theta v + 1)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.0049	0.00164	1.07ns
mobilizações	4	0.0063	0.00158	1.03ns
erro (a)	12	0.0184	0.00153	
profundidades	3	0.1160	0.03866	173.43***
mobilizações x profundidades	12	0.0032	0.00026	1.18ns
erro (b)	45	0.0100	0.00022	
leituras	7	0.0794	0.01135	289.24***
mobilizações x leituras	28	0.0013	0.00005	1.20ns
profundidades x leituras	21	0.0075	0.00036	9.08***
mobilizações x profundidades x leituras	84	0.0025	0.00003	0.76
erro (c)	420	0.0165	0.00004	
total	639	0.2660		

CV (a) = 39.91 %, CV (b) = 15.14 %, CV (c) = 6.42 %.

Quadro E.68. – Teor de água do solo no tratamento D1, em 1997. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10} (\theta v + 1) / m3.m^{-3}$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.0019	0.00063	2.42ns
mobilizações	3	0.0011	0.00038	1.44ns
erro (a)	9	0.0024	0.00026	
profundidades	2	0.0280	0.01398	223.14***
mobilizações x profundidades	6	0.0004	0.00007	1.17ns
erro (b)	24	0.0015	0.00006	
leituras	3	0.0165	0.00549	265.10***
mobilizações x leituras	9	0.0007	0.00008	3.67***
profundidades x leituras	6	0.0030	0.00051	24.52***
mobilizações x profundidades x leituras	18	0.0005	0.00002	1.23ns
erro (c)	108	0.0022	0.00002	
total	191	0.0582		

CV (a) = 17.53 %, CV (b) = 8.42 %, CV (c) = 4.96 %.

E.2.5. Propriedades químicas do solo

Quadro E.69. – pH do solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável *pH*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	2.074	0.691	3.33*
mobilizações	6	1.722	0.287	1.38ns
erro (a)	18	3.733	0.207	
profundidades	2	0.324	0.162	2.76ns
mobilizações x profundidades	12	0.785	0.065	1.12ns
erro (b)	42	2.458	0.059	
total	83	11.096		

CV (a) = 5.62 %, CV (b) = 2.99 %.

Quadro E.70. – pH no solo no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável *pH*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	1.080	0.360	6.89**
mobilizações	6	0.350	0.058	1.12 ^{ns}
erro (a)	18	0.940	0.052	
profundidades	2	0.167	0.083	17.50***
mobilizações x profundidades	12	0.020	0.002	0.35
erro (b)	42	0.200	0.005	
total	83	2.757		

$S\bar{y}$ (profundidades) = 0.0⁽¹⁾, CV (a) = 2.50 %, CV (b) = 0.76 %.

(¹) os valores iguais a zero são devidos a arredondamento.

Quadro E.71. – Teor de matéria orgânica no solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável *MO*.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.124	0.041	0.39
mobilizações	2	0.236	0.118	1.10ns
erro (a)	6	0.642	0.107	
profundidades	2	0.111	0.056	7.26**
mobilizações x profundidades	4	0.134	0.033	4.35*
erro (b)	18	0.138	0.008	
total	35	1.386		

$S\bar{y}$ (mobilizações x profundidades) = 0.04, CV (a) = 29.20 %, CV (b) = 7.82 %.

Quadro E.72. – Teor de matéria orgânica no solo no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável MO.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	1.223	0.408	11.16***
mobilizações	6	0.869	0.145	3.96*
erro (a)	18	0.658	0.037	
profundidades	2	1.226	0.613	17.36***
mobilizações x profundidades	12	0.595	0.050	1.40 ^{ns}
erro (b)	42	1.483	0.035	
total	83	6.055		

$S\bar{y}$ (mobilizações) = 0.06, $S\bar{y}$ (profundidades) = 0.04; CV (a) = 15.94 %, CV (b) = 15.56 %.

Quadro E.73. – Teor de fósforo no solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(P_2O_5)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	1.671	0.557	4.33*
mobilizações	6	0.285	0.047	0.37
erro (a)	18	2.314	0.129	
profundidades	2	1.733	0.866	42.07***
mobilizações x profundidades	12	0.521	0.043	2.11*
erro (b)	41(1)	0.844	0.021	
total	82	7.367		

CV (a) = 22.04 %, CV (b) = 8.91 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 1 unidade.

Quadro E.74. – Teor de fósforo no solo no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(P_2O_5)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.048	0.016	2.46 ^{ns}
mobilizações	6	0.148	0.025	3.78*
erro (a)	18	0.118	0.007	
profundidades	2	0.306	0.153	51.09***
mobilizações x profundidades	12	0.074	0.006	2.06*
erro (b)	42	0.126	0.003	
total	83	0.819		

CV (a) = 4.33 %, CV (b) = 2.83 %.

Quadro E.75. – Teor de potássio no solo no tratamento D1 no ano de 1993. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(K_2O)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.146	0.049	1.18ns
mobilizações	6	0.196	0.033	0.79
erro (a)	18	0.746	0.041	
profundidades	2	0.716	0.358	66.15***
mobilizações x profundidades	12	0.280	0.023	4.31***
erro (b)	41 ⁽¹⁾	0.222	0.005	
total	82	2.307		

CV (a) = 9.91 %, CV (b) = 3.10 %.

(1) dados em falta: o número de graus de liberdade foi diminuído de 1 unidade.

Quadro E.76. – Teor de potássio no solo no tratamento D1 no ano de 1995. Análise de variância dos valores da variável transformada $\log_{10}(K_2O)$.

origens da variação	graus de liberdade	soma dos quadrados dos desvios	quadrados médios	F
blocos	3	0.037	0.012	1.54ns
mobilizações	6	0.241	0.040	5.05**
erro (a)	18	0.143	0.008	
profundidades	2	0.315	0.158	52.14***
mobilizações x profundidades	12	0.066	0.006	1.83ns
erro (b)	42	0.127	0.003	
total	83	0.929		

CV (a) = 3.63 %, CV (b) = 2.23 %.

ANEXO F - EFEITO DOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E HIDROLÓGICAS DO SOLO

F.1. Massa volúmica aparente e porosidade do solo

Quadro F.1. – Teor de água no solo ($\theta_m / \text{kg.kg}^{-1}$) no ano de 1993, no momento da determinação da massa volúmica aparente. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios da interacção mobilizações x profundidades relativos à segunda leitura.

estado / fase	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDD	SDF	SDM	
1/3 F1	0.00 - 0.05	0.277	0.263	0.262	0.274	0.263	0.251	0.261	0.264
	0.05 - 0.10	0.277	0.263	0.262	0.274	0.263	0.251	0.261	0.264
	0.10 - 0.15	0.280	0.255	0.244	0.253	0.248	0.241	0.247	0.253
	0.15 - 0.20	0.284	0.248	0.226	0.233	0.233	0.231	0.233	0.241
	0.20 - 0.25	0.282	0.242	0.229	0.230	0.235	0.235	0.234	0.241
	0.25 - 0.30	0.280	0.237	0.231	0.228	0.236	0.238	0.234	0.241
	0.30 - 0.35	0.272	0.236	0.241	0.229	0.234	0.234	0.240	0.241
	0.35 - 0.40	0.263	0.238	0.252	0.231	0.233	0.231	0.247	0.242
	0.40 - 0.45	0.260	0.239	0.251	0.240	0.227	0.227	0.246	0.242
	média	0.275	0.247	0.244	0.244	0.241	0.238	0.245	0.248
2/3 F2	0.00 - 0.05	0.173 a ⁽¹⁾	0.161 abc	0.145 bc	0.166 ab	0.164 ab	0.162 abc	0.141 c	0.159
	0.05 - 0.10	0.173 a	0.161 abc	0.145 bc	0.166 ab	0.164 ab	0.162 abc	0.141 c	0.159
	0.10 - 0.15	0.173 a	0.164 a	0.151 a	0.167 a	0.168 a	0.166 a	0.157 a	0.164
	0.15 - 0.20	0.174 a	0.168 a	0.157 a	0.168 a	0.172 a	0.171 a	0.173 a	0.169
	0.20 - 0.25	0.191 a	0.179 a	0.171 a	0.181 a	0.184 a	0.185 a	0.176 a	0.181
	0.25 - 0.30	0.208 a	0.191 ab	0.186 ab	0.194 ab	0.195 ab	0.200 ab	0.179 b	0.193
	0.30 - 0.35	0.203 a	0.196 a ⁽²⁾	0.200 a	0.211 a	0.202 a	0.204 a	0.199 a	0.202
	0.35 - 0.40	0.198 b	0.201 b ⁽²⁾	0.215 ab	0.228 a	0.209 ab	0.208 ab	0.220 ab	0.211
	0.40 - 0.45	0.199 c	0.209 c ⁽²⁾	0.231 ab	0.243 a	0.216 bc	0.207 c	0.230 ab	0.219
	média	0.188	0.181	0.178	0.191	0.186	0.185	0.180	0.184
média	0.00 - 0.05	0.225	0.212	0.204	0.220	0.214	0.207	0.201	0.212
	0.05 - 0.10	0.225	0.212	0.204	0.220	0.214	0.207	0.201	0.212
	0.10 - 0.15	0.227	0.210	0.198	0.210	0.208	0.204	0.202	0.209
	0.15 - 0.20	0.229	0.208	0.192	0.201	0.203	0.201	0.203	0.205
	0.20 - 0.25	0.237	0.211	0.200	0.206	0.210	0.210	0.205	0.211
	0.25 - 0.30	0.244	0.214	0.209	0.211	0.216	0.219	0.207	0.217
	0.30 - 0.35	0.238	0.216	0.221	0.220	0.218	0.219	0.220	0.222
	0.35 - 0.40	0.231	0.220	0.234	0.230	0.221	0.220	0.234	0.227
	0.40 - 0.45	0.230	0.224	0.241	0.242	0.222	0.217	0.238	0.231
	média	0.232	0.214	0.211	0.218	0.214	0.212	0.213	0.216

(1) Anova θ_m (L2): $F_{\text{mob}}(6, 18) = 0.24$, $F_{\text{prof}}(8, 168) = 78.34^{***}$, $F_{\text{mob} \times \text{prof}}(48, 168) = 1.70^{**}$, CV (a) = 32.15 %, CV (b) = 7.56 %, $S_{\bar{y}}$ (mobilizações x profundidades) = 0.007, (2) valores estimados devido à existência de dados em falta

F.2. Resistência do solo à penetração

Quadro F.2. – Teor de água no solo ($\theta_m / \text{kg.kg}^{-1}$) no ano de 1993, no momento da determinação da resistência à penetração. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores do factor profundidade.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo			média
	ALQ	MOBP	SDF	
0.00 – 0.10	0.148	0.158	0.189	0.165 b ⁽¹⁾
0.10 – 0.20	0.239	0.210	0.216	0.222 a
0.20 – 0.30	0.245	0.220	0.226	0.230 a
0.30 – 0.40	0.251	0.236	0.229	0.239 a
0.40 – 0.50	0.223	0.246	0.233	0.234 a
média	0.221	0.214	0.219	0.218

(¹) Anova θ_m : Fmob(2, 6) = 0.17ns, Fprof(4, 36) = 22.34***, Fmob x prof (8, 36) = 2.16ns; CV (a) = 20.51 %, CV (b) = 10.18 %; $S_{\bar{y}}$ (profundidades) = 0.006

Quadro F.3. – Teor de água no solo ($\theta_V / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$) no ano de 1996, no momento da determinação da resistência à penetração.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo					média
	ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
0.20	0.233	0.212	0.237	0.247	0.247	0.235
0.40	0.296	0.304	0.313	0.299	0.303	0.303
média	0.264	0.258	0.275	0.273	0.275	

Anova θ_V : Fmob(4, 12) = 0.72, Fprof(1, 15) = 233.39***, Fmob x prof (4, 15) = 2.86ns, CV (a) = 7.88 %, CV (b) = 5.20 %, $S_{\bar{y}}$ (profundidades) = 0.003

Quadro F.4.(a) – Teor de água no solo ($\theta_V / \text{m}^3.\text{m}^{-3}$) no ano de 1997, no momento da primeira determinação da resistência à penetração.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo					média
	ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
0.00 - 0.10	0.129 ⁽¹⁾	0.163	0.168	0.141	0.142	0.149
0.10 - 0.20	0.233	0.266	0.253	0.266	0.239	0.252
0.20 - 0.30	0.247	0.301	0.296	0.304	0.249	0.279
0.30 - 0.40	0.249	0.301	0.294	0.301	0.268	0.283
0.40 - 0.50	0.273	0.263	0.277	0.255	0.232	0.260
média	0.226	0.259	0.258	0.253	0.226	0.244

(¹) valores calculados a partir de θ_m e dos valores médios de ρ_{ap} medidos nos tratamentos de mobilização do solo em 1993

Quadro F.4.(b) – Teor de água no solo ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) no ano de 1997, no momento da segunda determinação da resistência à penetração. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interação mobilizações x profundidades.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo					média
	ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
0.20	0.221 c	0.243 b	0.267 a	0.271 a	0.263 a	0.253
0.40	0.276 b	0.290 ab	0.289 ab	0.300 a	0.299 a	0.291
média	0.249	0.267	0.278	0.286	0.281	0.272

Anova θ_V : Fmob(4, 12) = 4.24*, Fprof(1, 15) = 127.67***, Fmob x prof (4, 15) = 3.18*, CV (a) = 7.51 %, CV (b) = 3.92 %, $S_{\bar{y}}$ (mobilizações x profundidades) = 0.005

F.3. Condutividade hidráulica saturada

Quadro F.5. – Teor inicial de água no solo ($\theta_{mi} / kg.kg^{-1}$) no momento da determinação da condutividade hidráulica saturada.

ano	prof. / m	tratamento de mobilização do solo							média
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
1995 ⁽¹⁾	0.00 – 0.10	0.142	0.146	0.144	0.152	0.130	0.136	0.110	0.137
	0.10 – 0.20	0.155	0.122	0.115	0.120	0.142	0.132	0.172	0.137
	média	0.148	0.134	0.129	0.136	0.136	0.134	0.141	0.137
1996 ⁽²⁾	0.00 – 0.10	0.260	0.222	—	0.198	0.213	0.208	—	0.220 a
	0.10 – 0.20	0.239	0.213	—	0.207	0.233	0.218	—	0.222 a
	0.20 – 0.30	0.229	0.185	—	0.177	0.158	0.153	—	0.180 b
	média	0.242 a	0.207 b	—	0.194 b	0.201 b	0.193 b	—	0.207
1997 ⁽³⁾	0.00 – 0.10	0.178	0.194	—	0.159	0.169	0.134	—	0.166 b
	0.10 – 0.20	0.216	0.213	—	0.204	0.206	0.186	—	0.205 a
	0.20 – 0.30	0.214	0.186	—	0.199	0.219	0.188	—	0.201 a
	média	0.202 a	0.198 a	—	0.187 ab	0.198 a	0.169 b	—	0.191

⁽¹⁾Anova [$\log(\theta_{mi} + 1)$] em 1995: Fmob(6, 6) = 0.16ns, Fprof(1,7)=0.00(2)ns, Fmob x prof(6, 7)=2.96ns, CV (a) = 19.77 %, CV (b)= 13.16 %, ⁽²⁾Anova [$\log(\theta_{mi} + 1)$] em 1996: Fmob(4, 4) = 8.64*, Fprof(2,10) = 20.87***, Fmob x prof(8,10) = 1.59ns, CV (a) = 7.39 %, CV (b) = 7.25 %, ⁽³⁾Anova [$\log(\theta_{mi} + 1)$] em 1997: Fmob(4, 4) = 6.78*, Fprof(2,10) = 28.01***, Fmob x prof(8,10) = 2.00ns, CV (a) = 6.12 %, CV (b) = 6.14 %

Quadro F.6. – Teor inicial de água no solo ($\theta_{mi} / kg.kg^{-1}$) no momento da determinação da condutividade hidráulica saturada, no período 3/3 F1, no ano de 1996. Valores médios na entrelinha, na zona de passagem dos rodados do tractor (ER) e na zona sem tráfego (E), e na linha (L) da cultura.

prof. / m	tratamento de mobilização do solo								média
	ALQ				SDD				
	ER	L	E	média	ER	L	E	média	
0.00 – 0.10	0.277	0.294	0.237	0.249	0.237	0.228	0.224	0.229	0.239
0.10 – 0.20	0.269	0.328	0.262	0.286	0.213	0.213	0.198	0.208	0.247
0.20 – 0.30	0.243	0.202	0.230	0.225	0.194	0.160	0.178	0.177	0.201
média	0.263	0.275	0.243	0.260	0.215	0.200	0.200	0.205	0.229

F.4. Teor e potencial de água no solo

F.4.1. Ano de 1993

Quadro F.7. – Teor de água no solo ($\theta_v / m^3.m^{-3}$) no tratamento D1 no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios do factor profundidade e da interacção mobilizações x leituras. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.

estado / fase	profundidade / m	Tratamento de mobilização do solo							média / ΔR
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
3/3 F1(1)	0.00 – 0.10	0.266	0.310	0.294	0.293	0.294	0.332	0.300	0.298 b
	0.10 – 0.20	0.301	0.310	0.323	0.346	0.336	0.327	0.340	0.326 a
	0.20 – 0.30	0.328	0.336	0.332	0.340	0.353	0.358	0.374	0.346 a
	0.30 – 0.40	0.309	0.321	0.365	0.314	0.367	0.332	0.363	0.339 a
	0.40 – 0.50	0.293	0.337	0.348	0.341	0.330	0.323	0.331	0.329 a
	média	0.300	0.323	0.332	0.327	0.336	0.334	0.342	0.328 / 147.8
1/3 F2	0.20	0.215	0.231	0.235	0.240	0.227	0.219	0.182	0.221
	0.40	0.271	0.289	0.307	0.306	0.302	0.300	0.315	0.299
	média	0.243 b	0.260 ab	0.271 a	0.273 a	0.265 ab	0.260 ab	0.249 b	0.260 / 57.4
2/3 F2	0.20	0.176	0.207	0.236	0.216	0.229	0.220	0.231	0.216
	0.40	0.254	0.277	0.294	0.277	0.282	0.284	0.308	0.282
	média	0.215 d	0.242 c	0.265 ab	0.247 bc	0.256 abc	0.252 abc	0.270 a	0.249 / 2.9
3/3 F2	0.20	0.171	0.157	0.141	0.110	0.145	0.148	0.156	0.147
	0.40	0.236	0.256	0.267	0.256	0.255	0.251	0.274	0.256
	média	0.204 ab	0.207 a	0.204 ab	0.183 b	0.200 ab	0.200 ab	0.215 a	0.202 / 0.3
1/3 F3	0.20	0.157	0.186	0.200	0.195	0.213	0.182	0.197	0.190
	0.40	0.243	0.267	0.274	0.269	0.269	0.264	0.295	0.269
	média	0.200 c	0.227 ab	0.237 ab	0.232 ab	0.241 ab	0.223 b	0.246 a	0.230 / 1.1
2/3 F3	0.20	0.116	0.159	0.126	0.153	0.142	0.140	0.133	0.138
	0.40	0.237	0.258	0.249	0.251	0.257	0.245	0.263	0.251
	média	0.177 b	0.209 a	0.188 ab	0.202 a	0.200 a	0.193 ab	0.198 ab	0.195 / 0.1
3/3 F3	0.20	0.157	0.149	0.124	0.141	0.157	0.145	0.164	0.148
	0.40	0.226	0.256	0.241	0.258	0.253	0.226	0.252	0.245
	média	0.192 ab	0.203 ab	0.183 b	0.200 ab	0.205 a	0.186 ab	0.208 a	0.197 / 0.0
E4	0.20	0.139	0.126	0.117	0.128	0.152	0.148	0.137	0.135
	0.40	0.227	0.248	0.223	0.247	0.250	0.228	0.259	0.240
	média	0.183 ab	0.187 ab	0.170 b	0.188 ab	0.201 a	0.188 ab	0.198 a	0.188 / 0.0
média	0.20	0.162	0.174	0.168	0.169	0.181	0.172	0.171	0.171
	0.40	0.242	0.264	0.265	0.266	0.267	0.257	0.281	0.263
	média	0.202	0.219	0.217	0.218	0.224	0.215	0.226	0.217

(1) valores calculados a partir de θ_m e dos valores médios de ρ_{ap} medidos nos tratamentos de mobilização do solo

Quadro F.8. – Teor de água no solo ($\theta_v / m^3.m^{-3}$) no tratamento D2 no ano de 1993. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) às interações mobilizações x profundidades e mobilizações x leituras. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.

estado / fase	prof / m	Tratamento de mobilização do solo							média / ΔR
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD	SDM	
E2	0.20	0.250	0.216	0.286	0.222	0.175	0.216	0.167	0.219
	0.40	0.297	0.314	0.343	0.323	0.301	0.324	0.325	0.318
	média	0.274 b	0.265 bc	0.315 a	0.273 bc	0.238 c	0.269 bc	0.246 bc	0.269 / 205.2
1/3 F2	0.20	0.229	0.204	0.253	0.188	0.221	0.246	0.238	0.226
	0.40	0.273	0.295	0.329	0.311	0.289	0.310	0.311	0.303
	média	0.251 b	0.250 b	0.291 a	0.250 b	0.255 b	0.278 ab	0.275 ab	0.265 / 2.9
2/3 F2	0.20	0.184	0.113	0.125	0.136	0.161	0.118	0.146	0.140
	0.40	0.230	0.261	0.276	0.277	0.253	0.277	0.271	0.264
	média	0.207 a	0.187 a	0.201 a	0.207 a	0.207 a	0.198 a	0.209 a	0.202 / 0.3
2-3/3 F2	0.20	0.164	0.181	0.214	0.203	0.190	0.194	0.200	0.192
	0.40	0.250	0.280	0.287	0.277	0.259	0.274	0.275	0.272
	média	0.207 b	0.231 ab	0.251 a	0.240 ab	0.225 ab	0.234 ab	0.238 ab	0.232 / 1.1
E3	0.20	0.147	0.150	0.179	0.167	0.137	0.126	0.132	0.148
	0.40	0.223	0.267	0.276	0.260	0.255	0.248	0.263	0.256
	média	0.185 b	0.209 ab	0.228 a	0.214 ab	0.196 ab	0.187 b	0.198 ab	0.202 / 0.1
1/3 F3	0.20	0.136	0.153	0.131	0.190	0.144	0.141	0.137	0.147
	0.40	0.205	0.257	0.265	0.275	0.227	0.237	0.259	0.246
	média	0.171 b	0.205 b	0.198 b	0.233 a	0.186 b	0.189 b	0.198 b	0.197 / 0.0
2/3 F3	0.20	0.174	0.124	0.150	0.151	0.107	0.128	0.144	0.140
	0.40	0.210	0.258	0.269	0.256	0.229	0.227	0.266	0.245
	média	0.192 ab	0.191 ab	0.210 a	0.204 a	0.168 b	0.178 ab	0.205 a	0.193 / 0.0
3/3 F3	0.20	0.168	0.115	0.156	0.141	0.142	0.146	0.110	0.140
	0.40	0.196	0.247	0.246	0.243	0.215	0.216	0.248	0.230
	média	0.182 a	0.181 a	0.201 a	0.192 a	0.179 a	0.181 a	0.179 a	0.185 / 0.0
E4	0.20	0.138	0.136	0.115	0.132	0.148	0.155	0.177	0.143
	0.40	0.175	0.238	0.249	0.240	0.230	0.214	0.252	0.228
	média	0.157 b	0.187 ab	0.182 ab	0.186 ab	0.189 ab	0.185 ab	0.215 a	0.186 / 0.0
média	0.20	0.177 ab	0.155 d	0.179 a	0.170 abc	0.158 cd	0.163 bcd	0.161 bcd	0.152
	0.40	0.229 d	0.269 ab	0.282 a	0.274 ab	0.251 c	0.259 bc	0.274 ab	0.252
	média	0.203	0.212	0.230	0.222	0.205	0.211	0.218	0.202

F.4.2. Ano de 1995

Quadro F.9. – Teor de água no solo ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) no tratamento D1 no ano de 1995. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) aos valores médios do factor profundidade.

estado / fase	prof. / m	tratamento de mobilização do solo						média	
		ALQ	ESC+	ESC-	MOBP	SDF	SDD		SDM
1/3 F1	0.00 – 0.10	0.109 ⁽¹⁾	0.135	0.166	0.141	0.192	0.186	0.191	0.160 c
	0.10 – 0.20	0.247	0.251	0.284	0.235	0.272	0.227	0.258	0.254 b
	0.20 – 0.30	0.233	0.266	0.267	0.255	0.295	0.267	0.283	0.267 ab
	0.30 – 0.40	0.239	0.287	0.271	0.300	0.296	0.261	0.276	0.276 ab
	0.40 – 0.50	0.249	0.292	0.295	0.299	0.303	0.279	0.295	0.287 a
	média	0.215	0.246	0.257	0.246	0.272	0.244	0.261	0.249
após fim do ciclo	0.00 – 0.10	0.079	0.100	0.077	0.089	0.152	0.093	0.068	0.094 c
	0.10 – 0.20	0.130	0.126	0.151	0.147	0.192	0.143	0.130	0.146 b
	0.20 – 0.30	0.157	0.151	0.172	0.174	0.200	0.178	0.149	0.169 a
	0.30 – 0.40	0.170	0.174	0.186	0.167	0.201	0.191	0.194	0.183 a
	0.40 – 0.50	0.161	0.168	0.178	0.165	0.144	0.163	0.179	0.165 a
	média	0.139	0.144	0.153	0.149	0.178	0.154	0.144	0.151

⁽¹⁾ valores calculados a partir de θ_m e dos valores médios de ρ_{ap} medidos nos tratamentos de mobilização do solo em 1993

F.4.3. Ano de 1996

Quadro F.10.(a) – Teor de água no solo ($\theta_v / m^3 \cdot m^{-3}$) no tratamento D1 no ano de 1996. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção profundidades x leituras. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.

estado / fase	prof / m	tratamento de mobilização do solo					média / ΔR
		ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
1/3 F1	0.20	0.233	0.212	0.237	0.247	0.247	0.235 b
	0.40	0.295	0.304	0.313	0.299	0.303	0.303 a
	0.60	0.293	0.315	0.329	0.302	0.296	0.307 a
	0.80	0.308	0.309	0.327	0.307	0.292	0.309 a
	média	0.282	0.285	0.302	0.289	0.285	0.289 / 53.3
2/3 F1	0.20	0.216	0.194	0.192	0.219	0.208	0.206 b
	0.40	0.294	0.304	0.310	0.298	0.294	0.300 a
	0.60	0.289	0.314	0.329	0.300	0.294	0.305 a
	0.80	0.297	0.308	0.321	0.302	0.293	0.304 a
	média	0.274	0.280	0.288	0.280	0.272	0.279 / 12.3
3/3 F1	0.20	0.237	0.227	0.251	0.249	0.246	0.242 b
	0.40	0.298	0.311	0.317	0.307	0.311	0.309 a
	0.60	0.297	0.318	0.333	0.307	0.299	0.311 a
	0.80	0.301	0.313	0.346	0.302	0.297	0.312 a
	média	0.283	0.292	0.312	0.291	0.288	0.294 / 72.9
3/3 F1	0.20	0.214	0.199	0.217	0.230	0.244	0.221 b
	0.40	0.268	0.290	0.307	0.297	0.297	0.292 a
	0.60	0.271	0.310	0.324	0.304	0.295	0.301 a
	0.80	0.285	0.310	0.320	0.301	0.289	0.301 a
	média	0.260	0.277	0.292	0.283	0.281	0.279 / 32.0
2/3 F2	0.20	0.147	0.162	0.172	0.131	0.135	0.149 d
	0.40	0.199	0.227	0.240	0.233	0.232	0.226 c
	0.60	0.218	0.253	0.274	0.255	0.242	0.248 b
	0.80	0.230	0.261	0.278	0.269	0.255	0.259 a
	média	0.199	0.226	0.241	0.222	0.216	0.221 / 0.0

Quadro F.10.(b) – Teor de água no solo ($\theta_V / m^3.m^{-3}$) no tratamento D1 no ano de 1996. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) à interacção profundidades x leituras. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.

estado / fase	prof / m	tratamento de mobilização do solo					média / ΔR
		ALQ	ESC+	MOBP	SDF	SDD	
1/3 F3	0.20	0.156	0.155	0.165	0.163	0.145	0.157 c
	0.40	0.199	0.227	0.227	0.226	0.233	0.222 b
	0.60	0.233	0.269	0.282	0.260	0.250	0.259 a
	0.80	0.245	0.270	0.284	0.271	0.251	0.264 a
	média	0.208	0.230	0.240	0.230	0.220	0.226 / 0.0
2/3 F3	0.20	0.148	0.148	0.165	0.148	0.168	0.155 d
	0.40	0.192	0.219	0.221	0.217	0.222	0.214 c
	0.60	0.232	0.269	0.284	0.259	0.246	0.258 b
	0.80	0.272	0.268	0.285	0.256	0.256	0.267 a
	média	0.211	0.226	0.239	0.220	0.223	0.224 / 0.2
após fim do ciclo	0.20	0.143	0.149	0.152	0.159	0.145	0.150 c
	0.40	0.183	0.216	0.205	0.205	0.212	0.204 b
	0.60	0.231	0.271	0.266	0.255	0.246	0.254 a
	0.80	0.243	0.269	0.281	0.260	0.247	0.260 a
	média	0.200	0.226	0.226	0.220	0.213	0.217 / 0.3
média	0.20	0.187	0.181	0.194	0.193	0.192	0.189
	0.40	0.241	0.262	0.268	0.260	0.263	0.259
	0.60	0.258	0.290	0.303	0.280	0.271	0.280
	0.80	0.273	0.289	0.305	0.284	0.273	0.285
	média	0.240	0.256	0.268	0.254	0.250	0.253

F.4.4. Ano de 1997

Quadro F.11. – Teor de água no solo ($\theta_v / m^3.m^{-3}$) no tratamento D1 no ano de 1997. Resultados da aplicação do teste de Duncan ($\alpha = 0.05$) às interações mobilizações x leituras e profundidades x leituras. Precipitação acumulada ($\Delta R / mm$) desde a sementeira e entre leituras.

estado / fase	prof / m	tratamento de mobilização do solo				média / ΔR
		ALQ	ESC+	MOBP	SD	
2/3 F1	0.20	0.166	0.176	0.186	0.179	0.177 c
	0.40	0.256	0.264	0.274	0.271	0.266 b
	0.60	0.272	0.286	0.283	0.277	0.280 a
	média	0.231 b	0.242 a	0.248 a	0.242 a	0.241 / 6.0
E2	0.20	0.169	0.157	0.178	0.209	0.178 c
	0.40	0.243	0.244	0.268	0.268	0.256 b
	0.60	0.256	0.266	0.272	0.273	0.267 a
	média	0.223 c	0.222 c	0.239 b	0.250 a	0.234 / 67.4
2/3 F2	0.20	0.221	0.242	0.266	0.260	0.247 b
	0.40	0.276	0.290	0.289	0.298	0.288 a
	0.60	0.271	0.280	0.277	0.297	0.281 a
	média	0.256 c	0.271 b	0.277 ab	0.285 a	0.272 / 110.0
3/3 F3	0.20	0.153	0.132	0.162	0.159	0.152 b
	0.40	0.220	0.217	0.227	0.227	0.223 a
	0.60	0.229	0.226	0.217	0.214	0.222 a
	média	0.201 ab	0.192 b	0.202 a	0.200 ab	0.199 / 34.1
média	0.20	0.177	0.177	0.198	0.202	0.189
	0.40	0.249	0.254	0.265	0.266	0.259
	0.60	0.257	0.265	0.262	0.265	0.262
	média	0.228	0.232	0.242	0.244	0.237

