

**FERNANDO PAULO DE SOUSA E SÁ CORREIA MARQUES**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÓMICA  
DE SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO**

*Dissertação apresentada à Universidade  
de Évora para obtenção do Grau de  
Doutor em Agronomia.*

**Orientador: Prof. Mário José Gouveia  
Pinto Rodrigues de Carvalho**

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**2009**

**FERNANDO PAULO DE SOUSA E SÁ CORREIA MARQUES**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÓMICA  
DE SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO**

*Dissertação apresentada à Universidade  
de Évora para obtenção do Grau de  
Doutor em Agronomia.*



**Orientador: Prof. Mário José Gouveia  
Pinto Rodrigues de Carvalho**

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**2009**

**À Isabel**

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa o mais sincero reconhecimento a todos os que lhe proporcionaram os meios e o ajudaram na realização deste trabalho, com especial destaque para:

- O Professor Doutor Mário de Carvalho, pela sua orientação, pelos seus conselhos e ensinamentos, pela sua sempre pronta disponibilidade em ajudar, pela sua paciência e pela sua amizade;
- O Professor Doutor Gottlieb Basch, pela sua ajuda na obtenção de meios para a realização dos trabalhos de campo e de laboratório e pelas suas palavras de estímulo;
- O Professor Doutor Pedro Alpendre, pela sua valiosa ajuda na determinação laboratorial dos nitratos;
- O Professor Doutor Ricardo Freixial pelos dados que facultou sobre a sua experiência pessoal com a prática da sementeira directa;
- O Professor Doutor Luís Fernandes pela sua ajuda, na fase final de escrita, na leccionação das disciplinas partilhadas;
- Os Engenheiros Agrícolas Manuel Brandão e Filipa Santos e o Engenheiro Técnico Agrário Manuel Figo, pelas suas inexcedíveis ajudas, ao longo de vários anos, na realização dos trabalhos de campo e de laboratório;
- A Engenheira Técnica Agrária Helena Mafalda Carolino e as técnicas de laboratório Luiseta Palma e Maria das Dores Grilo, pela sua colaboração nas muitas determinações analíticas efectuadas no laboratório de física do solo da Universidade de Évora;
- O Engenheiro Agrícola Nuno Riscado, e o Engenheiro Técnico Agrário Alfredo Casas Novas, pela sua sempre pronta disponibilidade no apoio de campo aos ensaios realizados na herdade da Revilheira;
- O Engenheiro Zootécnico Luís Betencourt, pela sua sempre pronta disponibilidade no apoio de campo aos ensaios realizados na herdade da Abóboda;
- A minha mulher, pela sua enorme paciência e pelo seu incondicional apoio.

# ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XXXIII</b>
<b>I. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
<b>1. A MOBILIZAÇÃO DO SOLO</b> .....	<b>5</b>
1.1. A MOBILIZAÇÃO CONVENCIONAL DO SOLO .....	<b>6</b>
1.2. A MOBILIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO .....	<b>8</b>
1.3. A CONSERVAÇÃO DOS RESÍDUOS NO SOLO .....	<b>12</b>
1.4. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO E A TRAFICABILIDADE .....	<b>14</b>
1.5. ESPECIFICIDADE DO LOCAL .....	<b>16</b>
1.6. O EFEITO DA SEMENTEIRA DIRECTA A CURTO E LONGO PRAZO .....	<b>17</b>
1.7. A RESPOSTA DA SEMENTEIRA DIRECTA EM FUNÇÃO DO TIPO DE ANO .....	<b>19</b>
<b>2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A QUALIDADE DO SOLO</b> .....	<b>22</b>
2.1. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO .....	<b>23</b>
2.1.1. Os SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A ESTRUTURA DO SOLO .....	<b>25</b>
2.1.2. Os SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A POROSIDADE DO SOLO .....	<b>26</b>
2.1.3. Os SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A AGREGAÇÃO DO SOLO .....	<b>32</b>
2.2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A ÁGUA DO SOLO .....	<b>36</b>
2.3. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO .....	<b>39</b>

2.4. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO .....	43
2.5. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO .....	53
2.5.1. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E O AZOTO .....	54
2.5.2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E O FÓSFORO E O POTÁSSIO .....	55
2.5.3. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E O pH DO SOLO .....	57
<b>3. ASPECTOS ECONÓMICOS DOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO.....</b>	<b>58</b>
3.1. A ESCOLHA DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO.....	58
3.1.1. CRITÉRIOS DE TOMADA DE DECISÃO .....	58
3.1.2. O RISCO ASSOCIADO AOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO.....	59
3.2. OS CUSTOS .....	62
3.2.1. CUSTO AMBIENTAL.....	62
3.2.2. CUSTO DE AQUISIÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	64
3.2.3. CUSTO DE PRODUÇÃO.....	65
3.2.3.1. Custo da tracção.....	65
3.2.3.2. O custo do combustível .....	66
3.3. RESULTADO ECONÓMICO .....	68
<b>III. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>73</b>
<b>1. DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE ENSAIO .....</b>	<b>73</b>
1.1. DESCRIÇÃO DO CLIMA.....	74
1.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS .....	80
<b>2. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS .....</b>	<b>82</b>
2.1. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	82
2.2. TÉCNICA CULTURAL.....	84
2.3. PARÂMETROS MEDIDOS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	88
2.3.1. PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO.....	88
2.3.1.1. Porosidade e Densidade Aparente .....	89
2.3.1.2. Resistência à penetração .....	90
2.3.1.3. Estabilidade dos agregados.....	90

2.3.1.4. Humidade .....	91
2.3.1.5. Matéria orgânica, nitratos, fósforo, potássio e potencial hidrogeniónico .....	91
2.3.2. PARÂMETROS RELACIONADOS COM AS CULTURAS .....	92
2.3.3. PARÂMETROS RELACIONADOS COM A ANÁLISE ECONÓMICA .....	95
2.3.3.1. Tempo de Trabalho.....	95
2.3.3.2. Dimensão do Parque de Máquinas .....	96
2.3.3.3. Custo com a Mão-de-obra .....	98
2.3.3.4. Custo de Tracção.....	98
2.3.3.5. Custo de Reparação e Manutenção das Máquinas e Alfaias .....	99
2.3.3.6. Custo de Amortização das Máquinas e Alfaias .....	100
2.3.3.7. Custos Atribuídos ao Capital.....	101
2.3.3.8. Margem líquida .....	102
2.3.3.9. Parâmetros Energéticos .....	103
2.3.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	104
<b>IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>105</b>
<b>1. PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO .....</b>	<b>105</b>
1.1. POROSIDADE .....	105
1.1.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA POROSIDADE DO SOLO .....	105
1.1.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE SOBRE A POROSIDADE DO SOLO .....	110
1.1.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE SOBRE A POROSIDADE DO SOLO .....	113
1.1.4. DISCUSSÃO .....	117
1.2. DENSIDADE APARENTE .....	119
1.2.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO SOBRE A DENSIDADE APARENTE DO SOLO.....	119
1.2.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE SOBRE A DENSIDADE APARENTE DO SOLO ....	120
1.2.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE SOBRE A DENSIDADE APARENTE DO SOLO .....	121
1.2.4. DISCUSSÃO .....	123
1.3. RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E ESTABILIDADE DOS AGREGADOS .....	124

1.3.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO .....	124
1.3.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO ...	125
1.3.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO.....	126
1.3.4. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO DIÂMETRO MÉDIO DOS AGREGADOS DO SOLO .....	128
1.3.5. DISCUSSÃO .....	129
<b>1.4. HUMIDADE DO SOLO .....</b>	<b>131</b>
1.4.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA HUMIDADE DO SOLO .....	131
1.4.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NA HUMIDADE DO SOLO .....	133
1.4.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NA HUMIDADE DO SOLO .....	136
1.4.4. DISCUSSÃO .....	141
<b>1.5. MATÉRIA ORGÂNICA .....</b>	<b>143</b>
1.5.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO .....	143
1.5.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO ...	144
1.5.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO .....	146
1.5.4. DISCUSSÃO .....	150
<b>1.6. NITRATOS .....</b>	<b>153</b>
1.6.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE NITRATOS DO SOLO ..	153
1.6.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE NITRATOS DO SOLO .....	155
1.6.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE NITRATOS DO SOLO .....	158
1.6.4. DISCUSSÃO .....	162
<b>1.7. FÓSFORO .....</b>	<b>164</b>
1.7.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO ..	164
1.7.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO .....	166
1.7.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO .....	167
1.7.4. DISCUSSÃO .....	171



1.8. POTÁSSIO .....	173
1.8.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE POTÁSSIO DO SOLO...	173
1.8.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE POTÁSSIO DO SOLO .....	175
1.8.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE POTÁSSIO DO SOLO .....	176
1.8.4. DISCUSSÃO .....	180
1.9. POTENCIAL HIDROGENIÓNICO (pH) .....	182
1.9.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO pH DO SOLO .....	182
1.9.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO pH DO SOLO .....	183
1.9.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO pH DO SOLO	185
1.9.4. DISCUSSÃO .....	188
<b>2. PRODUÇÃO VEGETAL .....</b>	<b>189</b>
2.1. TRIGO MOLE ( <i>Triticum aestivum</i> L.) .....	189
2.1.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE TRIGO MOLE ( <i>Triticum aestivum</i> L.) .....	189
2.1.2. DISCUSSÃO .....	197
2.2. TRITICALE (X <i>Triticosecale</i> WITTMACK.) .....	201
2.2.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE TRITICALE (X <i>Triticosecale</i> WITTMACK) .....	201
2.2.2. DISCUSSÃO .....	208
2.3. GIRASSOL ( <i>Helianthus annuus</i> L.) .....	212
2.3.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE GIRASSOL ( <i>Helianthus annuus</i> L.) .....	212
2.3.2. DISCUSSÃO .....	216
2.4. FORRAGEM DE AVEIA ( <i>Avena sativa</i> L.) E ERVILHACAS ( <i>Vicia</i> <i>sativa</i> L. E <i>Vicia vilosa</i> L.) .....	218
2.4.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA ( <i>Avena sativa</i> L.) E ERVILHACAS ( <i>Vicia sativa</i> L. E <i>Vicia vilosa</i> L.) .....	218
2.4.2. DISCUSSÃO .....	219
<b>3. AVALIAÇÃO ECONÓMICA .....</b>	<b>221</b>
3.1. TEMPO DE TRABALHO E O PARQUE DE MÁQUINAS .....	221
3.1.1. TEMPO DE TRABALHO .....	221

3.1.2. PARQUE DE MÁQUINAS .....	224
3.2. OS CUSTOS .....	230
3.2.1. ESTRUTURA DE CUSTOS .....	230
3.2.2. CUSTO DA PREPARAÇÃO DA CAMA DA SEMENTE E DA SEMENTEIRA .....	242
3.3. MARGEM LÍQUIDA .....	246
3.4. ENERGIA.....	250
3.5. O POTENCIAL DA SEMENTEIRA DIRECTA .....	254
3.6. DISCUSSÃO .....	258
<b>V. CONCLUSÕES .....</b>	<b>261</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>265</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>293</b>

## RESUMO

Da intercepção entre a importância que os cereais, em particular o trigo, possuem no contexto da agricultura alentejana, a progressiva redução do preço de venda dos cereais em simultâneo com o aumento do custo dos factores de produção, os problemas de carácter agronómico e ambiental levantados pela mobilização do solo e a necessidade de se encontrar uma agricultura cujas práticas culturais se insiram num quadro de desenvolvimento sustentado, resulta a necessidade de procura de sistemas de mobilização do solo que visem uma redução dos custos de produção mas que, simultaneamente, sejam sustentáveis dos pontos de vista ambiental e agronómico. Por outro lado, é sabido que os efeitos dos sistemas de mobilização do solo são condicionados pelo tipo de solo, pelo clima da região e pelas interacções destes entre si e com o tipo de cultura.

Com este trabalho procuramos contribuir para aprofundar o estudo da possibilidade técnica e económica dos sistemas de mobilização reduzida, nomeadamente a Sementeira Directa, substituírem, nas nossas condições de clima mediterrânico, os sistemas de mobilização tradicionais (baseados na lavoura) na cultura dos cereais.

Assim, com o objectivo de comparar o efeito de diferentes sistemas de mobilização do solo sobre vários aspectos relacionados não só com a física e a química do solo, mas também com as culturas, bem como a sua sustentabilidade económica, estudaram-se quatro sistemas com diferentes intensidades de mobilização do solo (mobilização tradicional com o recurso à charrua, mobilização profunda sem reviramento da leiva, mobilização reduzida e sementeira directa), em dois tipos de solo (um com aptidão cerealífera marcada e outro, embora utilizado na cultura do cereais, com uma aptidão mais marginal), onde se praticaram duas rotações (uma em cada solo) baseadas nas culturas do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) e do triticales (*X Triticosecale* Wittmack). A rotação trigo mole – triticales – girassol (*Helianthus annuus* L.) foi a escolhida no solo Pm e a rotação trigo mole - triticales – forragem no solo Px.

Na avaliação económica dos sistemas procurou-se eliminar os efeitos das políticas agrícolas sobre a rentabilidade das actividades, comparando-se apenas a capacidade dos diferentes sistemas de mobilização do solo na redução dos custos de produção e na produtividade das culturas.

Os dados obtidos permitem concluir que o efeito do sistema de mobilização na porosidade do solo manifestou-se principalmente nos poros de maiores dimensões. Contudo, a duração do efeito foi inversa à precipitação ocorrida após as operações, indiciando uma baixa estabilidade dos agregados criados, revelando-se uma contradição dos sistemas de mobilização do solo. A Sementeira Directa, no período inicial em estudo, aumentou a compactação do solo tendo transferido macro e mesoporosidade

para a microporosidade. Os dados obtidos relativos à densidade aparente do solo revelaram um efeito descompactador da mobilização do solo, principalmente nas camadas mais superficiais, e sobretudo no início da cultura, antes da ocorrência da precipitação Outono/Invernal. A resistência à penetração foi influenciada pelos sistemas de mobilização do solo. Assim, a conjugação dos parâmetros analisados (porosidade, densidade aparente e resistência à penetração) indicou que, no período em estudo, a Sementeira Directa conduziu a um solo mais compacto e mais coeso. No entanto, o conjunto dos dados mostra também que os efeitos benéficos da mobilização do solo, seja na redução da densidade aparente e resistência à penetração, seja no aumento da macroporosidade, tendem a ser temporários, desaparecendo estes efeitos mais rapidamente em Invernos chuvosos

Na cultura do girassol os teores de água no solo não foram influenciados pelos sistemas de mobilização monitorizados (Sementeira Directa e Lavoura). Os resultados obtidos não confirmaram a ideia referida em alguma bibliografia, segundo a qual a Sementeira Directa, relativamente aos sistemas de mobilização convencional, tenderá a favorecer um maior armazenamento da água no solo.

O teor de matéria orgânica no solo não foi influenciado pelo sistema de mobilização, tendo a duração deste ensaio revelado-se manifestamente curta para que o expectável efeito positivo da Sementeira Directa sobre o teor de matéria orgânica do solo pudesse fazer-se sentir.

De um modo geral, os sistemas de mobilização do solo afectaram significativamente os teores de fósforo e de potássio encontrados. Os sistemas de mobilização sem reviramento da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel) mostraram a tendência para acumular o fósforo e o potássio na camada mais superficial, ao contrário da Lavoura que ao promover a mistura vertical do perfil de solo analisado, favoreceu a tendência para que os teores de fósforo e potássio fossem semelhantes ao longo do perfil mobilizado.

O pH do solo não foi influenciado pelos sistemas de mobilização.

Nas culturas do trigo mole e do tritcale, a mobilização do solo não influenciou significativamente as produções de grão e de palha. A análise conjunta das produções relativas de grão obtidas nas culturas do trigo mole e do tritcale nos dois locais, mostrou uma tendência para as produções relativas obtidas em Sementeira Directa aumentarem com o tempo. Na cultura do girassol o efeito do sistema de mobilização nem sempre foi evidente o que leva a supor que terão existido outros factores determinantes na produção final. A cultura do girassol pareceu possuir alguma plasticidade das componentes da produção, no entanto, as diferenças de produção de grão, observadas entre anos, pareceram reflectir sobretudo as diferentes precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura. Os resultados obtidos na produção de forragem sugerem que a

Sementeira Directa consegue, relativamente aos outros sistemas, um melhor desempenho em anos secos.

O estudo comparativo das margens líquidas dos quatro sistemas de mobilização do solo, apesar de ter considerado apenas os três anos iniciais, permite mesmo assim verificar que os sistemas de mobilização reduzida (Sementeira Directa e Escarificador) representam um aumento significativo da rentabilidade económica da cultura do trigo mole. No entanto, o aumento da produtividade das culturas em Sementeira Directa com a passagem dos anos, assim como os efeitos benéficos que a manutenção das palhas no terreno têm no aumento da produtividade da terra, não foram considerados nesta comparação, pelo que, a contribuição da Sementeira Directa no aumento da sustentabilidade económica da produção de cereais em solos que lhe são apropriados, apesar de ter ficado demonstrada neste trabalho, terá sido subestimada.



# ÍNDICE DE QUADROS

## II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3. ASPECTOS ECONÓMICOS DOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO

- Quadro II.3.1** Área semeável (ha) com um conjunto homem/tractor em função do tempo (h) disponível (adaptado de BASCH *et al.*, 1997) ..... 62
- Quadro II.3.2** Custo de aquisição (€) do equipamento necessário para cultivar uma exploração com cerca de 150 ha na Alemanha (adaptado de TEBRÜGGE e BÖHRNSEN, 1997) ..... 64
- Quadro II.3.3** Estimativa da energia requerida (litros de gasóleo.ha<sup>-1</sup>) pela mobilização do solo e sementeira para quatro sistemas de mobilização do solo (adaptado de PHILLIPS e PHILLIPS, 1984) ..... 66
- Quadro II.3.4** Diferenças relativas (%) na produção e no resultado económico da sementeira directa comparada com a mobilização convencional (100%) em diferentes locais (valores médios para diferentes culturas em vários anos) – (adaptado de TEBRÜGGE e BÖHRNSEN, 1997) ..... 71

## III MATERIAL E MÉTODOS

### 1. DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE ENSAIO

- Quadro III.1.1** Valores de precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96 a 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1973, relativos à estação udométrica de Vila Nova de São Bento (INMG, 1991) ..... 75
- Quadro III.1.2** Valores de precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96 a 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação udométrica de Reguengos de Monsaraz (INMG, 1991) ..... 75

<b>Quadro III.1.3 Valores mensais da temperatura média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Beja (INMG, 1991) .....</b>	<b>79</b>
---	-----------

<b>Quadro III.1.4 Valores mensais da temperatura média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Évora Currais (INMG, 1991).....</b>	<b>79</b>
--	-----------

<b>Quadro III.1.5 Análise granulométrica dos solos Px (herdade da Abóboda) e Pm (herdade da Revilheira) .....</b>	<b>81</b>
---	-----------

### **III MATERIAL E MÉTODOS**

#### **2. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS**

<b>Quadro III.2.1 Alfaias utilizadas nas mobilizações do solo e na sementeira .....</b>	<b>82</b>
---	-----------

<b>Quadro III.2.2 Rotações praticadas nos ensaios .....</b>	<b>83</b>
---	-----------

<b>Quadro III.2.3 Operações culturais anteriores à sementeira, épocas e objectivos .....</b>	<b>84</b>
--	-----------

<b>Quadro III.2.4 Calendário de operações (sementeira e operações culturais seguintes) nos campos A1, A2 e A3 da herdade da Abóboda e R1, R2 e R3 da herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>87</b>
---	-----------

<b>Quadro III.2.5 Quantidades de factores (semente adubos e herbicidas) aplicadas nas culturas do trigo mole, triticales, forragem e girassol.....</b>	<b>87</b>
--	-----------

<b>Quadro III.2.6 Calendário de recolha de amostras para determinação dos parâmetros relacionados com o solo.....</b>	<b>88</b>
---	-----------

<b>Quadro III.2.7 Correspondência entre os valores de pF e o diâmetro equivalente do maior poro capaz de reter a água contra a respectiva força de extracção.....</b>	<b>89</b>
---	-----------



<b>Quadro III.2.8</b> Datas de contagem das plantas emergidas e do nº de filhos por planta e das colheitas de material vegetal para determinação da matéria seca .....	93
<b>Quadro III.2.9</b> Velocidades, larguras de trabalho e capacidades dos depósitos ou tremonhas das alfaías consideradas na análise .....	96

## **IV RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **1. PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO**

<b>Quadro IV.1.1</b> Efeito do sistema de mobilização do solo na porosidade total (%) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	105
<b>Quadro IV.1.2</b> Efeito do sistema de mobilização do solo em diferentes classes de porosidade (%)(> 300 µm; 300 a 50 µm; 50 a 8,5µm; 8,5 a 0,2 µm e < 0,2 µm) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 .....	106
<b>Quadro IV.1.3</b> Efeito do sistema de mobilização do solo em diferentes classes de porosidade (%) (> 300 µm; 300 a 50 µm; 50 a 8,5µm; 8,5 a 0,2 µm e < 0,2 µm) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Abril de 1999 .....	107
<b>Quadro IV.1.4</b> Efeito do sistema de mobilização do solo em diferentes classes de porosidade (%) (> 50 µm, 50 a 0,2 µm e < 0,2 µm) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e Abril de 1999 .....	109
<b>Quadro IV.1.5</b> Efeito da profundidade na porosidade total (%) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	110
<b>Quadro IV.1.6</b> Efeito da profundidade em diferentes classes de porosidade (%) (> 300 µm; 300 a 50 µm; 50 a 8,5µm; 8,5 a 0,2 µm e < 0,2 µm) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R1, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	111

<b>Quadro IV.1.7 Efeito da profundidade em diferentes classes de porosidade (%)</b> (> 300 $\mu\text{m}$ ; 300 a 50 $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5 $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$ e < 0,2 $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	111
<b>Quadro IV.1.8 Efeito da profundidade em diferentes classes de porosidade (%)</b> (> 50 $\mu\text{m}$ ; 50 a 0,2 $\mu\text{m}$ e < 0,2 $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	112
<b>Quadro IV.1.9 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a porosidade total (%)</b> da camada de solo de 0 a 30 cm nos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	113
<b>Quadro IV 1.10 Efeito da interacção mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%)</b> (> 300 $\mu\text{m}$ ; 300 a 50 $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5 $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$ e < 0,2 $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R1 em Março, da herdade da Revilheira, de 1996 e em Abril de 1999 .....	114
<b>Quadro IV 1.11 Efeito da interacção mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%)</b> (> 300 $\mu\text{m}$ ; 300 a 50 $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5 $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$ e < 0,2 $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	115
<b>Quadro IV.1.12 Efeito da interacção mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%)</b> (> 50 $\mu\text{m}$ ; 50 a 0,2 $\mu\text{m}$ e < 0,2 $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm no campo R1, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e Abril de 1999 .....	116
<b>Quadro IV.1.13 Efeito da interacção mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%)</b> (> 50 $\mu\text{m}$ ; 50 a 0,2 $\mu\text{m}$ e < 0,2 $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm no campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e Abril de 1999 .....	116

<b>Quadro IV.1.14</b> Efeito do sistema de mobilização do solo na densidade aparente da camada de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999.....	119
<b>Quadro IV.1.15</b> Efeito da profundidade na densidade aparente da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999 .....	121
<b>Quadro IV.1.16</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a densidade aparente na camada de solo de 0 a 30 cm do campo R1, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999.....	122
<b>Quadro IV.1.17</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a densidade aparente na camada de solo de 0 a 30 cm do campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999.....	122
<b>Quadro IV.1.18</b> Efeito do sistema de mobilização na resistência à penetração (MPa) nos campos R3, da herdade da revilheira (Dezembro de 1995) e A3, da herdade da Abóboda (Abril de 1996) .....	124
<b>Quadro IV.1.19</b> Efeito da profundidade na resistência à penetração (MPa) nos campos R3, da herdade da Revilheira (Dezembro de 1995) e A3, da herdade da Abóboda (Abril de 1996).....	126
<b>Quadro IV.1.20</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade na resistência à penetração (MPa) no campo A3, da herdade da Abóboda, em Abril de 1996 .....	127
<b>Quadro IV.1.21</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade na resistência à penetração (MPa) no campo R3, da herdade da Revilheira, em Dezembro de 1995 .....	127
<b>Quadro IV.1.22</b> Efeito do sistema de mobilização no diâmetro médio dos agregados (mm) da camada de 0 a 10 cm dos campos R3, da herdade da Revilheira (Dezembro de 1995) e A3, da herdade da Abóboda (Abril de 1996).....	128

<b>Quadro IV.1.23 Efeito do sistema de mobilização sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira em 1999 - (medições efectuadas com <u>TDR</u>) .....</b>	<b>131</b>
<b>Quadro IV.1.24 Efeito do sistema de mobilização sobre a humidade do solo (%) na camada de 10 a 60 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (medições efectuadas com Sonda de neutrões).....</b>	<b>132</b>
<b>Quadro IV.1.25 Comparação entre a humidade do solo (%), medida para as camadas de 0 a 10 cm e de 0 a 30 cm no campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999, e a precipitação (mm) ocorrida entre leituras efectuadas com TDR .....</b>	<b>133</b>
<b>Quadro IV.1.26 Efeito da profundidade sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com TDR entre 30 de Março e 10 de Agosto) .....</b>	<b>134</b>
<b>Quadro IV.1.27 Efeito da profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 30 de Março e 25 de Maio) .....</b>	<b>135</b>
<b>Quadro IV.1.28 Efeito da profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 1 de Junho e 10 de Agosto).....</b>	<b>136</b>
<b>Quadro IV.1.29 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com TDR entre 30 de Março e 25 de Maio).....</b>	<b>137</b>
<b>Quadro IV.1.30 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com TDR entre 1 de Junho e 10 de Agosto).....</b>	<b>138</b>

<b>Quadro IV.1.31 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 30 de Março e 11 de Maio)</b> .....	<b>139</b>
<b>Quadro IV.1.32 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 30 de Março e 29 de Junho)</b> .....	<b>140</b>
<b>Quadro IV.1.33 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 5 de Julho e 10 de Agosto)</b> .....	<b>141</b>
<b>Quadro IV.1.34 Efeito do sistema de mobilização no teor de matéria orgânica (%) da camada de 0 a 30 cm nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998</b> .....	<b>143</b>
<b>Quadro IV.1.35 Efeito do sistema de mobilização no teor de matéria orgânica (%) da camada de 0 a 30 cm nos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1999</b> .....	<b>144</b>
<b>Quadro IV.1.36 Efeito da profundidade no teor de matéria orgânica (%) nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998</b> .....	<b>145</b>
<b>Quadro IV.1.37 Efeito da profundidade no teor de matéria orgânica (%) nos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1999</b> .....	<b>146</b>
<b>Quadro IV.1.38 Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998</b> .....	<b>147</b>

<b>Quadro IV.1.39</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	148
<b>Quadro IV.1.40</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	148
<b>Quadro IV.1.41</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998.....	149
<b>Quadro IV.1.42</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1996 e 1999.....	149
<b>Quadro IV.1.43</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998.....	150
<b>Quadro IV.1.44</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	153
<b>Quadro IV.1.45</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1997.....	154
<b>Quadro IV.1.46</b> Efeito da profundidade no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	156
<b>Quadro IV.1.47</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1997.....	157

<b>Quadro IV.1.48</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	159
<b>Quadro IV.1.49</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	160
<b>Quadro IV.1.50</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	160
<b>Quadro IV.1.51</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 e 1997.....	161
<b>Quadro IV.1.52</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo R2, da herdade da Revilheira, no ano de 1996 .....	161
<b>Quadro IV.1.53</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 e 1997.....	162
<b>Quadro IV.1.54</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	164
<b>Quadro IV.1.55</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998.....	165
<b>Quadro IV.1.56</b> Efeito da profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995 1996 e 1998 .....	166

<b>Quadro IV.1.57</b> Efeito da profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998 .....	167
<b>Quadro IV.1.58</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	168
<b>Quadro IV.1.59</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	169
<b>Quadro IV.1.60</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	169
<b>Quadro IV.1.61</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998 .....	170
<b>Quadro IV.1.62</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998 .....	170
<b>Quadro IV.1.63</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - $P_2O_5$ (ppm) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998 .....	171
<b>Quadro IV.1.64</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	173
<b>Quadro IV.1.65</b> Efeito do sistema de mobilização no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998 .....	174



<b>Quadro IV.1.66</b> Efeito da profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	175
<b>Quadro IV.1.67</b> Efeito da profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998 .....	176
<b>Quadro IV.1.68</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	177
<b>Quadro IV.1.69</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	178
<b>Quadro IV.1.70</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....	178
<b>Quadro IV.1.71</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998 .....	179
<b>Quadro IV.1.72</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1996 e 1998 .....	179
<b>Quadro IV.1.73</b> Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - $K_2O$ (ppm) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998 .....	180
<b>Quadro IV.1.74</b> Efeito do sistema de mobilização no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998.....	182
<b>Quadro IV.1.75</b> Efeito do sistema de mobilização no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos R1, R2 e R3 nos anos de 1995 a 1999.....	183

<b>Quadro IV.1.76 Efeito da profundidade no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 .....</b>	<b>184</b>
<b>Quadro IV.1.77. Efeito da profundidade no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1999 .....</b>	<b>184</b>
<b>Quadro IV.1.78 Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura) .....</b>	<b>185</b>
<b>Quadro IV.1.79 Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura) .....</b>	<b>185</b>
<b>Quadro IV.1.80 Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura) .....</b>	<b>186</b>
<b>Quadro IV.1.81 Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura) .....</b>	<b>186</b>
<b>Quadro IV.1.82 Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura) .....</b>	<b>187</b>
<b>Quadro IV.1.83 Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura) .....</b>	<b>187</b>

## **IV RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2. PRODUÇÃO VEGETAL**

<b>Quadro IV.2.1 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>189</b>
<b>Quadro IV.2.2 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>190</b>
<b>Quadro IV.2.3 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>191</b>
<b>Quadro IV.2.4 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>192</b>
<b>Quadro IV.2.5 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>193</b>
<b>Quadro IV.2.6 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>194</b>
<b>Quadro IV.2.7 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>194</b>
<b>Quadro IV.2.8 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>195</b>

<b>Quadro IV.2.9 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>196</b>
<b>Quadro IV.2.10 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99.....</b>	<b>197</b>
<b>Quadro IV.2.11. Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>201</b>
<b>Quadro IV.2.12 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>201</b>
<b>Quadro IV.2.13 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99.....</b>	<b>202</b>
<b>Quadro IV.2.14 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>203</b>
<b>Quadro IV.2.15 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99.....</b>	<b>204</b>
<b>Quadro IV.2.16 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do triticales na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>205</b>
<b>Quadro IV.2.17 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do triticales na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>206</b>

<b>Quadro IV.2.18 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do triticales na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>206</b>
<b>Quadro IV.2.19 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do triticales na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>207</b>
<b>Quadro IV.2.20 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do triticales na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>208</b>
<b>Quadro IV.2.21 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>212</b>
<b>Quadro IV.2.22 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>213</b>
<b>Quadro IV.2.23 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>214</b>
<b>Quadro IV.2.24 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>215</b>
<b>Quadro IV.2.25 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>216</b>
<b>Quadro IV.2.26 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca (g.m<sup>-2</sup>) da cultura da forragem na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99 .....</b>	<b>218</b>

## **IV RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3. ANÁLISE ECONÓMICA**

- Quadro IV.3.1 Tempos elementares, de tracção e de tarefa para a realização das diferentes operações culturais, calculados para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) ..... 222**
- Quadro IV.3.2 Tempo necessário, tempo disponível e área trabalhada anualmente, calculados para as diferentes operações culturais até à sementeira nos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) ..... 222**
- Quadro IV.3.3 Número de dias com precipitação superior a 5 mm e 10 mm, nas herdades da Abóboda e da Revilheira, no período de 15 de Outubro a 15 de Dezembro nos anos de 1995, 1996 e 1998 ..... 224**
- Quadro IV.3.4 Tempo de trabalho (h) necessário para semear 1 hectare em cada um dos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) ..... 224**
- Quadro IV.3.5 Área semeada a partir da qual o custo de aluguer da tracção necessária para a preparação da cama da semente e da sementeira passa a justificar a existência de parque de máquinas próprio, calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) ..... 225**
- Quadro IV.3.6 Preço de venda das máquinas e equipamentos necessários à preparação da cama da semente e sementeira, para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi, e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole ..... 235**
- Quadro IV.3.7 Produções médias de grão e palha de trigo (kg.ha<sup>-1</sup>) mole obtidas em cada um dos 4 sistemas de mobilização estudados ..... 246**

# ÍNDICE DE FIGURAS

## II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A QUALIDADE DO SOLO

- Figura II.2.1** Previsão das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> relacionadas com o consumo de energia de origem fóssil (Mg (x 10<sup>6</sup>)) (adaptado de EIA, 2009) ..... 45
- Figura II.2.2** Resposta do trigo mole (kg.ha<sup>-1</sup>) ao azoto (kg.ha<sup>-1</sup>) em função do teor do solo em matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm (Fonte: CARVALHO *et al.*, 2005) ..... 46
- Figura II.2.3** Teor de matéria orgânica do solo (%), para as camadas de 0 a 10 cm e 0 a 30 cm, em função da quantidade de resíduos aéreos (Mg.ha<sup>-1</sup>) deixados no terreno durante três anos (Fonte: CARVALHO *et al.*, 2002) ..... 49

## II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3. ASPECTOS ECONÓMICOS DOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO

- Figura II.3.1** Variação da produção de trigo (kg.ha<sup>-1</sup>) com a precipitação (mm), valores obtidos para a região Alentejo e para uma exploração em Évora (adaptado de BASCH *et al.*, 1997) ..... 61
- Figura II.3.2** Previsão do consumo mundial de energia comercializada (GJ (x 10<sup>6</sup>)) (adaptado de EIA, 2009)..... 67
- Figura II.3.3** Consumo mundial de energia, segundo o tipo de combustível comercializado (histórico 1980-2008; previsão 2009-2030) (GJ (x 10<sup>6</sup>)) (adaptado de EIA, 2009) ..... 67
- Figura II.3.4** Preço histórico (1980-2008) e previsional (2009-2030) do petróleo (US\$/barril) (adaptado de EIA, 2009)..... 68

### **III MATERIAL E MÉTODOS**

#### **1. DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE ENSAIO**

- Figura III.1.1** Fotografia aérea do local de ensaios na herdade da Abóboda, assinalando-se os três campos de ensaios A1, A2 e A3 ..... 73
- Figura III.1.2** Fotografia aérea do local de ensaios na herdade da Revilheira, assinalando-se os três campos de ensaios R1, R2 e R3 ..... 74
- Figura III.1.3** Precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1973, relativos à estação udométrica de Vila Nova de São Bento (INMG, 1991) ..... 76
- Figura III.1.4** Precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação udométrica de Reguengos de Monsaraz (INMG, 1991) ..... 76
- Figura III.1.5** Precipitação acumulada (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1973, relativos à estação udométrica de Vila Nova de São Bento (INMG, 1991) ..... 77
- Figura III.1.6** Precipitação acumulada (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação udométrica de Reguengos de Monsaraz (INMG, 1991) ..... 77
- Figura III.1.7** Precipitação diária (mm) no período de 1 de Outubro a 15 de Novembro de 1997 ocorrida na herdade da Abóboda ..... 78
- Figura III.1.8** Precipitação diária (mm) no período de 1 de Outubro a 15 de Novembro de 1997 ocorrida na herdade da Revilheira ..... 78
- Figura III.1.9** Temperatura mensal média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no



período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Beja (INMG, 1991)..... 79

**Figura III.1.10** Temperatura mensal média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Évora Currais (INMG, 1991) ..... 80

### **III MATERIAL E MÉTODOS**

#### **2. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS**

**Figura III.2.1** Esquema de disposição dos talhões e das repetições..... 83

**Figura III.2.2** Sementeira da cultura do trigo mole no campo A3 em Novembro de 1998. (a) e (b) aspectos da execução da sementeira directa (c) meio talhão de Sementeira Directa semeado (d) talhões de Sementeira Directa (à esquerda) e de Lavoura (à direita) após passagem do semeador..... 85

**Figura III.2.3** Sementeira da cultura do girassol no campo R2 em Março de 1999. (a) talhão de Sementeira Directa (b) talhão de Lavoura ..... 85

### **III RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **2. PRODUÇÃO VEGETAL**

**Figura IV.2.1** Produções relativas (%) de trigo mole nos anos de 1995/96, 1996/97 a 1998/99, obtidas em quatros sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), nas herdades da Abóboda e Revilheira ..... 198

**Figura IV.2.2** Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de grão de trigo mole (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), nas herdades da Abóboda e Revilheira ..... 199

**Figura IV.2.3** Produções relativas (%) de triticale nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, obtidas em quatros sistemas de mobilização (Sementeira

Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), nas herdades da <b>Abóboda e Revilheira</b> .....	209
<b>Figura IV.2.4 Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de grão de tritcale (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), nas herdades da Abóboda e Revilheira</b> .....	209
<b>Figura IV.2.5 Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de grão de cereal (trigo mole e tritcale) (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), nas herdades da Abóboda e Revilheira</b> .....	210
<b>Figura IV.2.6 Produções relativas (%) de girassol nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, obtidas em quatros sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na herdade da Revilheira</b> .....	213
<b>Figura IV.2.7 Produções relativas (%) de forragem nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, obtidas em quatros sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na herdade da Abóboda</b> .....	219
<b>Figura IV.2.8 Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de matéria seca de forragem (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), na herdade da Abóboda</b> .....	219

### **III RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3. ANÁLISE ECONÓMICA**

<b>Figura IV.3.1 Número de alfaias próprias necessárias para a realização das operações culturais de preparação da cama da semente e de sementeira, para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada ..</b>	226
<b>Figura IV.3.2 Custo anual com o aluguer de tracção (operador, tractor e alfaia) (€·ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados</b>	

(Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada ..227

**Figura IV.3.3 Custo anual com a tracção ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada .....228

**Figura IV.3.4 Custo anual com o trabalho ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada .....231

**Figura IV.3.5 Custo anual com o combustível ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada .....232

**Figura IV.3.6 Custo anual com reparações do parque de máquinas próprio ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada ..233

**Figura IV.3.7 Custo anual de amortização do parque de máquinas próprio ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada ..234

**Figura IV.3.8 Custo anual com o juro atribuído ao capital de exploração circulante ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada.....236

**Figura IV.3.9 Custo anual com o juro atribuído ao capital de exploração fixo inanimado ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel –

Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada.....	237
<b>Figura IV.3.10 Custo total anual (€·ha<sup>-1</sup>)</b> calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada.....	238
<b>Figura IV.3.11 Estrutura do custo anual (a) valores nominais (€·ha<sup>-1</sup>) e (b) valores relativos (%),</b> para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada (continua) .....	239
<b>Figura IV.3.11 (continuação) Estrutura do custo anual (a) valores nominais (€·ha<sup>-1</sup>) e (b) valores relativos (%),</b> para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada.....	240
<b>Figura IV.3.12 Custo com as operações culturais conducentes à sementeira (€·ha<sup>-1</sup>)</b> calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada ..	243
<b>Figura IV.3.13 Custo com a operação cultural de sementeira (€·ha<sup>-1</sup>)</b> calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada .....	244
<b>Figura IV.3.14 Custo agregado das operações culturais de pré-sementeira e de sementeira (€·ha<sup>-1</sup>)</b> calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada.....	245
<b>Figura IV.3.15 Margem líquida anual (€·ha<sup>-1</sup>)</b> calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador –	

Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole da herdade da Abóboda, em função da área semeada .....	247
<b>Figura IV.3.16 Margem líquida anual (€·ha<sup>-1</sup>)</b> calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole da herdade da Revilheira, em função da área semeada .....	247
<b>Figura IV.3.17 Produtividade de grão (kg·ha<sup>-1</sup>)</b> necessária para a obtenção de uma margem líquida nula, calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada .....	248
<b>Figura IV.3.18 Distribuição dos factores de produção</b> segundo o seu consumo energético (MJ·ha <sup>-1</sup> ) para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole.....	250
<b>Figura IV.3.19 Distribuição relativa dos factores de produção</b> segundo o seu consumo energético (%) para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole .....	251
<b>Figura IV.3.20 Produtividade de grão (kg·ha<sup>-1</sup>)</b> necessária para compensar o consumo energético da cultura nos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na cultura do trigo mole .....	252
<b>Figura IV.3.21 Eficiência de utilização energia (kg·MJ<sup>-1</sup>)</b> , nos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na cultura do trigo mole.....	253
<b>Figura IV.3.22 Eficiência energética dos 4 sistemas de mobilização</b> (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na cultura do trigo mole .....	253

- Figura IV.3.23** Teor de matéria orgânica (%) na camada de 0 a 10 cm do solo, em função da quantidade de resíduos aéreos ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) deixados no terreno durante três anos (Fonte: CARVALHO *et al.* (2002)..... 254
- Figura IV.3.24** Resposta potencial do trigo mole ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) ao azoto ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em função do teor do solo em matéria orgânica (%) (MO), da camada de 0 a 10 cm, num solo Pm, da herdade da Revilheira (segundo CARVALHO *et al.*, 2005)..... 255
- Figura IV.3.25** Margem líquida anual ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da cultura do trigo mole, calculada para os sistemas de mobilização (Sementeira Directa com enfardamento da palha - SD, Sementeira Directa com manutenção da palha – SD2) em função da área semeada ..... 256
- Figura IV.3.26** Eficiência energética dos sistemas de mobilização (Sementeira Directa com enfardamento da palha - SD, Sementeira Directa com manutenção da palha – SD2), na cultura do trigo mole..... 257

## I. INTRODUÇÃO

No início da década de 1980, a Organização da Nações Unidas - ONU retomou o debate das questões ambientais. Do conjunto de iniciativas então desenvolvidas destaca-se o relatório O Nosso Futuro Comum, apresentado em 1987 pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (relatório Brundtland), no qual se propõe o conceito de desenvolvimento sustentado como sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Assim, o Desenvolvimento Sustentável procura o equilíbrio entre protecção ambiental e desenvolvimento económico.

O conceito foi incorporado definitivamente como um princípio, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (a Cimeira da Terra – Eco 92), no Rio de Janeiro em 1992, tendo servido de base para a formulação da Agenda 21, com a qual mais de 170 países, incluindo Portugal, se comprometeram.

Os cereais assumem um papel relevante na actividade agrícola nacional, integrando o quadro de utilização das terras. O seu cultivo encontra-se justificado quer como suporte da alimentação humana quer ainda pelo seu papel na alimentação dos efectivos pecuários ou, ainda mais recentemente, pela sua utilização na produção de bio-combustíveis. Em Portugal, a sua área semeada tem diminuído ao longo dos anos (cerca de meio milhão de hectares entre 1980 e 2006), e de uma forma mais acentuada a partir dos últimos 15 anos (INE, 2007). Para este decréscimo terão contribuído múltiplos factores, dos quais se destacam a liberalização do comércio mundial, a descida do preço de intervenção, e o carácter progressivamente desligado dos apoios ao rendimento, até ao desligamento total com a Reforma Antecipada de 2003 e a introdução do Regime de Pagamento Único - RPU. Apesar desta redução de área, os cereais continuam a representar uma parte importante da Superfície Agrícola Utilizada - SAU (mais de 10% em 2005), sendo a cultura do trigo responsável por cerca de um terço desta superfície (INE, 2007). O Alentejo é a principal região produtora de cereais (cerca de 55% da área semeada situa-se nesta região), de que se destacam as culturas do trigo com mais de 85% da área semeada e do triticale (*X Triticosecale* Wittmack), que embora pouco representativa no contexto nacional, a sua área semeada nesta região representou, em 2006, cerca de 94% do total nacional.

No que diz respeito à economia dos cereais temos assistido, desde 1995, a um decréscimo continuo e regular do índice de preços dos cereais ao nível do produtor, ao mesmo tempo que o índice de preços de bens e serviços de consumo corrente na

agricultura apresenta uma tendência de crescimento no mesmo período, mais acentuada nos últimos anos. De entre os produtos de consumo corrente cujos preços mais cresceram entre 1995 a 2005 destacam-se os adubos e correctivos (31,4%) e a energia e lubrificantes (39,2%), devido à sua grande dependência do preço do petróleo (INE, 2007).

Na agricultura mediterrânica e semi-árida, de que é exemplo a agricultura cerealífera de sequeiro no Alentejo, o controlo de infestantes é feito com uma operação primária profunda (tradicionalmente por lavoura) seguida por algumas operações secundárias para preparação de cama da semente. Este tipo de mobilização diminui a estabilidade estrutural do solo e deixa a superfície do solo desprotegida, e deste modo predisposta à formação de crosta. Este sistema de mobilização do solo, assente na charrua e nas subsequentes mobilizações secundárias, cujas repetidas passagens asseguram a criação de uma cama da semente adequada à instalação da cultura, obriga, por razões de escassez de tempo disponível, a mobilizar o solo quando o teor de água deste se encontra abaixo do óptimo. Por esta razão são criados torrões de grande dimensão, obrigando à passagem posterior de uma grade-de-discos (frequentemente três ou mais passagens) de forma a destorroar o solo e obter-se uma adequada cama da semente.

Para além da maior exigência de tempo necessário para a realização das operações culturais, estes sistemas de mobilização do solo aumentam o risco de erosão, uma vez que o solo nu fica exposto aos diferentes agentes erosivos (o vento, a gota de chuva e a água de escorrência)

Com estas operações culturais a decomposição da matéria orgânica é mais rápida, o que pode conduzir a um decréscimo do seu conteúdo no solo, levando a uma diminuição da sua fertilidade (ALVES, 1961; JENKINSON e AYANABA, 1977; CARVALHO *et al.*, 1996; LÓPEZ-BELLIDO *et al.*, 1997).

Da intercepção entre a importância que os cereais, em particular o trigo, possuem no contexto da agricultura alentejana, a redução do preço de venda dos cereais em simultâneo com aumento do custo dos factores de produção, os problemas de carácter agronómico e ambiental levantados pela mobilização do solo e a necessidade de se encontrar uma agricultura cujas práticas culturais se insiram num quadro de desenvolvimento sustentado, resulta a necessidade de procura de sistemas de mobilização do solo que visem uma redução dos custos de produção mas que simultaneamente sejam sustentáveis dos pontos de vista ambiental e agronómico.



É frequente encontrar-se na bibliografia a referência de que os efeitos dos sistemas de mobilização do solo são específicos para cada local. Muitos autores concordam que em solos que expandam as produções obtidas sob sementeira directa são iguais ou inferiores àquelas obtidas com sistemas de mobilização do solo que baseados na grade-de-discos ou no chisel (BLEVINS e FRYE, 1993; UNGER, 1994; HAMMEL, 1995). No entanto, estes resultados não são confirmados nos solos argilosos no clima semi-árido de Marrocos (BOUZZA, 1990; KACEMI, 1992, citados por MRABET, 2000) ou no sul de Espanha em anos secos (LÓPEZ-BELLIDO *et al.*, 1996), ou ainda no sul de Portugal onde se compararam as produções de trigo obtidas em sementeira directa com as obtidas no sistema de mobilização convencional (CARVALHO e BASCH, 1994). Outros trabalhos relatam a existência de maiores produções de grão de cereais em regiões semi-árida com sementeira directa de que as obtidas com mobilização convencional em solos de textura média a fina, não sucedendo o mesmo em solo de textura grosseira. Ao contrário, COX *et al.* (1990a) numa região húmida reporta melhor adaptabilidade dos sistemas de sementeira directa e de mobilização reduzida em solos de textura grosseira especialmente nos anos húmidos. HUGHES *et al.* (1992) observou reduções de 22% na produção de forragem de milho (*Zea mays* L.) sob sementeira directa quando comparada com mobilização convencional nos anos secos mas não nos anos húmidos.

Os efeitos específicos da prática da mobilização de conservação nas propriedades do solo, também podem ser contraditórios devido às variações nos solos e nas condições ambientais.

Alguns investigadores relatam uma maior coesão do solo sob mobilização reduzida do que sob mobilização convencional (DOUGLAS, 1986; BRAIM *et al.*, 1992; HORNE *et al.*, 1992), enquanto outros reportam ausência de diferenças, ou mesmo um comportamento oposto (MIELKE *et al.*, 1984; PACKER *et al.*, 1984). Geralmente, nas camadas superficiais, os solos com mobilização convencional tendem a ter teores de água inferiores que os solos com sementeira directa, à medida que a macroporosidade e os baixos níveis de resíduos aumentam a perda de água para a atmosfera (UNGER e FULTON, 1990).

Pode concluir-se que os efeitos dos sistemas de mobilização do solo parecem estar condicionados pelo tipo de solo, pelo clima da região e pelas interacções destes entre si e com o tipo de cultura.

Com este trabalho procuramos contribuir para aprofundar o estudo da possibilidade técnica e económica dos sistemas de mobilização reduzida, nomeadamente a Sementeira Directa, substituir, nas nossas condições de clima mediterrânico, os sistemas de mobilização tradicionais (baseados na lavoura) na cultura dos cereais.

Assim, com o objectivo de comparar o efeito de diferentes sistemas de mobilização do solo sobre vários aspectos relacionados não só com a física e a química do solo, mas também com as culturas, bem como a sua sustentabilidade económica, estudaram-se quatro sistemas com diferentes intensidades de mobilização do solo, em dois tipos de solo (um com aptidão cerealífera marcada e outro, embora utilizado na cultura do cereais, com uma aptidão mais marginal), onde se praticaram duas rotações (uma em cada solo) baseadas nas culturas do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) e do triticale (X *Triticosecale* Wittmack).

Na avaliação económica dos sistemas procurou-se eliminar os efeitos das políticas agrícolas sobre a rentabilidade das actividades, comparando-se apenas a capacidade dos diferentes sistemas de mobilização do solo na redução dos custos de produção e na produtividade das culturas.

Naturalmente, dada a natureza do presente trabalho, a avaliação é realizada apenas nos primeiros anos de adopção dos diferentes sistemas de mobilização, sabendo nós que a estabilização dos efeitos dos sistemas estudados exigem uma muito maior duração dos estudos a efectuar.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. A MOBILIZAÇÃO DO SOLO

#### O QUE É A MOBILIZAÇÃO DO SOLO

Um sistema agrícola é caracterizado pela data e natureza das operações culturais utilizadas.

A mobilização do solo consiste num conjunto de operações sendo cada uma delas definida pela natureza da força que aplica ao solo e pelo tamanho e localização espacial dos volumes de solo afectados por essa força. Assim, é razoável afirmar que um sistema de mobilização do solo se define pelo momento, profundidade, tipo e intensidade das operações de mobilizações que o constituem.

#### PARA QUE SERVE A MOBILIZAÇÃO DO SOLO

A mobilização do solo é uma das principais técnicas de manejo do solo, usada por uma variedade de razões. Segundo WATTS *et al.* (1996a) o controlo de infestantes, a incorporação dos resíduos das culturas, a preparação da cama da semente, a melhoria da infiltração da água ou ainda a redução da perda de água por evaporação, constituem algumas dessas razões.

A preparação da cama da semente, um dos propósitos da mobilização do solo, visa a alteração da estrutura de modo a criar condições que favoreçam a germinação das sementes, a emergência das plântulas e o crescimento das plantas cultivadas. Para a preparação da cama da semente a mobilização frequentemente pulveriza o solo permitindo não só que as raízes cresçam mas também um fácil fluxo de água e ar.

A cama da semente deve reunir as condições óptimas para a germinação das sementes. A pulverização do solo deve promover a existência de agregados com diâmetros compreendidos entre 0,5 a 1 mm até 5 a 6 mm. Torrões demasiado pequenos (menos de 0,5 mm) podem comprometer uma boa drenagem, uma vez que podem bloquear os poros de maiores dimensões, por outro lado, torrões de grandes dimensões podem conduzir a um deficiente contacto entre o solo e a semente.

A grande dificuldade na criação da cama da semente reside na dificuldade de obter estas condições óptimas o mais próximo da data de sementeira e em circunstâncias que possibilitem a sua manutenção no tempo de modo a possibilitar uma boa instalação da cultura (RUSSELL, 1973).

A mobilização da superfície do solo afecta a reflexão de energia e a transmissão de vapor de água. Esta alteração da camada superficial aumenta a rugosidade da superfície a qual por sua vez conduz à redução do albedo e ao aumento de evaporação por concentrar o calor na superfície. Com o aumento da rugosidade aumenta também a superfície de solo exposto ao ar daí resultando uma mais fácil penetração deste. Por estas razões a superfície de um solo mobilizado seca mais rapidamente que a de um solo não mobilizado.

Nos ensaios de Russell anteriores ao uso de herbicidas (1930-1939), as infestantes constituíam o principal factor responsável pela obtenção de fracas produções de trigo (*Triticum ssp.*) e cevada (*Hordeum vulgare* L.), justificando-se, assim, a necessidade da utilização de sistemas de mobilização do solo que conseguissem controlar a infestação existente. A lavoura ao revirar a leiva consegue o enterramento do material vegetal que se encontra à superfície, e portanto resolve em parte o problema das infestantes. O controlo das infestantes que entretanto emergem até à sementeira é conseguido com o recurso a passagens sucessivas de uma alfaia secundária, como por exemplo a grade-de-discos.

Segundo BOIZARD *et al.* (2002) a intensidade e frequência dos eventos que conduzem à compactação dos solos cultivados dependem não só do sistema cultural e do clima, mas também do tipo de mobilizações praticadas.

## **1.1. A MOBILIZAÇÃO CONVENCIONAL DO SOLO**

De acordo com BAUEMER e BAKERMANS (1973) a mobilização convencional constitui um sistema tradicional de mobilização do solo, consistindo numa operação primária profunda a que se seguem algumas operações secundárias para preparação de cama da semente.

Em muitas regiões do mundo ocidental, a mobilização convencional assenta na charrua e nas subsequentes mobilizações secundárias cujas repetidas passagens asseguram a criação de cama da semente adequada à instalação da cultura. No decorrer destas operações culturais os agregados do solo são desintegrados em vez de

quebrados e rearranjados segundo linhas de clivagem, tal como sucederia normalmente através de processos naturais.

É sabido que existe um teor de água no solo óptimo para a mobilização do solo, para o qual o número produzido de torrões ou agregados de grandes dimensões é mínimo. Quando o teor de água do solo fica aquém deste óptimo, o resultado é a produção de grandes torrões que têm que ser quebrados com uma ou mais mobilizações subsequentes (WATTS e DEXTER, 1998). O sistema de mobilização do solo assente na lavoura obriga, por razões de tempo disponível, a mobilizar o solo quando o teor de água deste se encontra abaixo do óptimo. Por esta razão a grande dimensão do torrões criados obriga à passagem posterior de uma grade-de-discos (frequentemente três ou mais passagens) de forma a destorroar o solo e se obter uma adequada cama da semente.

Na agricultura mediterrânica e semi-árida, o controlo de infestantes é feito tradicionalmente por lavoura. Este tipo de mobilização diminui a estabilidade estrutural do solo e deixa a superfície do solo desprotegida e, deste modo, predisposta à formação de crosta.

Este sistema de mobilização convencional (lavoura seguida de sucessivas gradagens) é também criticável por outras razões. O aumento do risco de erosão do solo, constitui uma dessas razões, uma vez que o solo nu fica exposto aos agentes erosivos, de que são exemplos o vento, a gota de chuva e a água de escorrência.

Outra crítica a estas operações culturais reside na mais rápida decomposição da matéria orgânica, que supostamente leva a um decréscimo do seu conteúdo no solo e, assim, conduz a uma diminuição da estabilidade dos agregados.

A mobilização profunda promove o aumento da porosidade total, sobretudo pelo aumento do número de macroporos possibilitando, assim, uma maior drenagem (GOSS *et al.*, 1984).

O aparecimento dos herbicidas, particularmente os sistémicos, tornou dispensável a lavoura como a principal operação de combate às infestantes, mesmo as de multiplicação vegetativa. Por outro lado, os acréscimos de erosão originados pela mobilização intensiva do solo, a par da perda de fertilidade que lhe está associada (redução dos teores de matéria orgânica no solo), desaconselham a prática da preparação da cama da semente com o recurso a sistemas de mobilização convencional.

## 1.2. A MOBILIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO

O interesse numa agricultura mais sustentável tem aumentado à medida que aumenta o reconhecimento que a intensificação agrícola pode afectar de um modo adverso a qualidade do ambiente. Por exemplo, como consequência de uma mobilização excessiva a matéria orgânica do solo pode sofrer perdas, conduzindo a uma redução da fertilidade física e química do solo. Tais alterações nas condições do solo podem ter um impacto significativo na produção afectando a actividade biológica e a dinâmica dos nutrientes (SALINAS-GARCÍA *et al.*, 1997). As propriedades físicas do solo, tais como a agregação e porosidade, influenciam directamente o crescimento das plantas, através dos seus efeitos no teor de água no solo, temperatura, arejamento e impedância mecânica, que por sua vez afecta o crescimento da raiz e emergência da cultura (FERRERAS *et al.*, 2000).

Apesar de no passado a mobilização do solo ser benéfica para o estabelecimento e sucesso da cultura, novos herbicidas e sistemas de mobilização de conservação alteraram drasticamente os métodos de produção nos nossos dias. A acumulação de resíduos à superfície e a sementeira directa constitui um mimetismo dos ecossistemas naturais.

LAL (1989) afirma que a mobilização de conservação é específica para o solo e para as condições do local, e por isso nenhuma cópia simples de qualquer prática cultural poder ser universalmente aplicada.

Para UNGER (1984) a mobilização de conservação é basicamente a redução do número de mobilizações e a manutenção dos resíduos das culturas à superfície do solo.

Segundo MANNERING e C. R. FENSTER (1983) mobilização de conservação é um termo que cobre um leque de práticas que têm como características comuns, o potencial de redução de perda de solo e água, quando comparadas com a mobilização convencional.

CTIC (1984) definiu mobilização de conservação como qualquer sistema de mobilização do solo que conserve a água do solo, reduza a erosão do solo e deixe pelo menos 30% da superfície do solo coberta com resíduos da cultura anterior.

Os sistemas alternativos de mobilização do solo foram criados como reflexo da investigação e de ensaios de campo e vão no sentido de minimizar a interferência com o solo. São genericamente conhecidos como sistemas de mobilização de conservação, deles fazendo parte a mobilização mínima ou mobilização reduzida, a mobilização em faixas ou mobilização na zona e a sementeira directa, também designada na bibliografia, por mobilização-zero ou não-mobilização.

O sistema de mobilização reduzida assenta, geralmente, na utilização de alfaias de mobilização vertical (escarificadores), ficando interdita a utilização da charrua e da fresa. A utilização da grade de discos só poderá ser encarada de forma muito limitada e apenas em situações em que uma quantidade muito elevada de resíduos o exija. Embora neste sistema toda a superfície do terreno seja mobilizada, a profundidade de trabalho não excede habitualmente os 10 a 15 cm. Segundo vários autores, este tipo de mobilização superficial pode fazer com que a porosidade do solo seja mais contínua, melhorar o crescimento radicular, aumentar a capacidade de retenção da água e reduzir a evaporação (RYDBERG, 1990; COMIA *et al.*, 1994; RILEY *et al.*, 1994). A desvantagem deste sistema reside na dificuldade de controlar as infestantes, pelo que a aplicação de herbicidas pós-sementeira é maior neste sistema, a não ser que o controlo de pré-sementeira seja feito, tal como na sementeira directa, com o recurso à aplicação de herbicidas.

Nos sistemas de mobilização na zona a superfície do terreno apenas em parte é mobilizada, correspondendo esta área mobilizada a faixas de largura variável, no interior das quais é realizada a sementeira da cultura. Esta intervenção tanto pode ser realizada antecipadamente em relação à sementeira, como em simultâneo com esta. O recurso a estes sistemas de mobilização conduz à utilização indispensável de herbicidas de pré-sementeira, como forma de controlar infestantes. Estes sistemas estão, geralmente, associados a culturas de entrelinha larga (como o girassol (*Helianthus annuus* L.) ou o milho (*Zea mays* L.)),

A sementeira directa dispensa a mobilização prévia do solo, sendo o próprio semeador, e apenas na linha de sementeira, que promove a mobilização necessária à abertura do sulco, deposição e enterramento da semente. Este sistema obriga à utilização de semeadores com características especiais, que frequentemente são designados por semeadores de sementeira directa. Outro aspecto importante deste sistema reside no facto do controlo das infestantes existentes antes da sementeira ser feito através de uma monda de pré-sementeira, recorrendo-se a um herbicida total e de acção não residual.

A descoberta e o desenvolvimento comercial dos herbicidas, forneceram uma nova solução para o controlo das infestantes. Durante a Segunda Guerra Mundial foram descobertos herbicidas de pós-emergência como o 2,4D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) ou o MCPA (ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético). Nas décadas de 50 e 60 surgiram as triazinas e as ureias. Os herbicidas foram, desde então, constituindo-se, cada vez mais, um substituto económico para a função de controlo mecânico das infestantes, desempenhada pela mobilização do solo. O desenvolvimento, a partir dos anos 70 do século passado, de semeadores capazes de semear adequadamente num solo coberto

com os resíduos da cultura anterior, foi de crucial importância para a prática da sementeira directa.

Segundo HALVORSON *et al.* (2001) os sistemas de sementeira directa e de mobilização mínima permitiram aos produtores das Grandes-planícies semi-áridas dos Estados Unidos da América, intensificarem a frequência de cultivo quando comparado com a rotação cultura-alqueive.

As respostas das culturas, aos sistemas de mobilização de conservação do solo, são diversas. Esta variabilidade é devida às complexas interações entre as condições pré-existentes no solo e respectivas alterações causadas pelas mobilizações, as necessidades das plantas e as condições climáticas. Por exemplo, é sabido que diferenças de produção, entre mobilização convencional e mobilização de conservação, variam grandemente entre tipos de solo com textura fina, geralmente sendo menos adequados para a mobilização reduzida ou sementeira directa (COX *et al.*, 1990a).

Em Espanha as produções obtidas com a sementeira directa e a mobilização reduzida têm sido geralmente similares ou maiores às obtidas com a mobilização convencional (HERNÁNZ *et al.*, 1995; LÓPEZ-FANDO e ALMENDROS, 1995; MURILLO *et al.*, 1998).

Segundo CARVALHO e BASCH (1995) de um modo geral, nas condições do sequeiro mediterrânico, os melhores resultados com a sementeira directa são obtidos com culturas de Inverno, sucedendo o inverso com as culturas de Primavera de sequeiro, principalmente devido ao aumento da resistência à penetração com a diminuição do teor de água no solo.

No caso da cultura dos cereais com mobilização de conservação, as produções elevadas de grão são normalmente atribuídas ao aumento do armazenamento de água no solo e consequente utilização pela cultura, especialmente nas regiões áridas e semi-áridas. As produções mais baixas são atribuídas a uma maior prevalência de doenças, maiores infestações e uma maior imobilização do azoto. LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (1996) referem que, em casos onde a humidade do solo foi limitante para o crescimento da cultura, a produção de grão foi sempre igual ou superior na mobilização de conservação relativamente à mobilização convencional com charrua, e positivamente correlacionada com uma mais precoce e maior emergência e crescimento outonal da cultura. Alguns autores, como o caso de RAO e DAO (1996), encontram no decréscimo da disponibilidade de azoto a razão para as menores produções, que por vezes ocorrem nos sistemas de mobilização de conservação. No entanto, a retenção de resíduos promovida pela mobilização de conservação pode, com o decorrer do tempo, melhorar a estrutura do solo e o ciclo dos nutrientes.



Para além das respostas produtivas à mobilização de conservação se relacionarem principalmente com a conservação adicional de água e de nutrientes e com o aumento da eficiência do seu uso, um outro conjunto de respostas, geralmente menor, à mobilização de conservação, pode também desempenhar um papel significativo nalgumas situações. É exemplo a possível modificação da temperatura do solo, por acção dos resíduos deixados à superfície, poder afectar a actividade das raízes e a absorção de nutrientes, na camada superficial do solo. Este efeito pode revelar-se benéfico se as temperaturas existentes forem muito elevadas, ou pelo contrário o efeito pode tornar-se negativo se a temperatura existente já for reduzida.

As práticas culturais de conservação melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas ao manterem ou aumentarem os níveis de matéria orgânica do solo (EDWARDS *et al.*, 1992; FRANZLUEBBERS *et al.*, 1999). Contudo o efeito das práticas de conservação é por vezes contraditório e depende do tipo de solo, clima e histórico das práticas anteriores (PRASAD e POWER, 1991). As condições do solo, a rotação de culturas e a extensão do período estudado também não podem ser ignorados, quando avaliamos o resultado da comparação de sistemas de mobilização do solo.

A mobilização de conservação protege o solo contra a erosão hídrica e eólica e reduz a evaporação do solo, promovendo um maior teor de água no solo. Ao ser evitado a formação de crosta, pela interceptação das gotas de chuva pelos resíduos das culturas, aumentam as possibilidades da água se infiltrar. Sobretudo nos climas semi-áridos, a mobilização de conservação é uma das melhores opções para armazenar e conservar a água. Contudo, a sementeira directa pode eventualmente compactar a camada superficial do solo como verificaram LÓPEZ *et al.* (1996) ou HAMMEL (1989) e ainda MAHBOUBI *et al.* (1993), que afirmam que a produção obtida com sementeira directa pode conduzir a uma excessiva compactação da superfície do solo, com os consequentes efeitos adversos no crescimento da cultura, ou reduzir a disponibilidade de azoto para a cultura. Esta redução da disponibilidade de azoto tem sido atribuída a uma menor mineralização, maior desnitrificação e lavagem, maior volatilização e imobilização do azoto do solo.

Um outro aspecto positivo da mobilização de conservação prende-se com a emergência das infestantes que ocorre após a emergência da cultura.

Os ensaios realizados por CALADO (2005) permitiram verificar que a sementeira directa conseguiu uma maior sincronia na emergência da infestação pós-emergência, ao contrário da mobilização convencional, onde a emergência das infestantes se mostrou mais escalonada no tempo.

Esta concentração temporal da emergência das infestantes, evita o atraso da monda de pós-emergência com o propósito de obter um maior número de plantas

emergidas, como acontece com frequência nos sistemas convencionais de mobilização do solo. Torna-se assim possível na sementeira directa, a antecipação da monda de pós-emergência em relação às datas tradicionais. Esta antecipação conduz a uma maior eficácia da monda, pois, uma vez que as infestantes são mais pequenas consegue-se um controlo eficaz com a utilização de doses inferiores às recomendadas (por vezes, metade da mínima recomendada) (BARROS *et al.*, 2005).

### 1.3. A CONSERVAÇÃO DOS RESÍDUOS NO SOLO

A cobertura do solo com os resíduos da cultura anterior constitui uma prática que combina a conservação com os efeitos sobre a produtividade do solo. O seu potencial de conservação baseia-se na existência de cobertura do solo, proporcionando assim uma camada protectora do impacto das gotas de água (chuva ou rega) na superfície do solo, extremamente eficaz na redução da erosão do solo, bem como de permitir uma mudança na ecologia do solo. Ao nível dos efeitos a médio prazo sobre a produtividade do solo, a cobertura de resíduos, por a diminuir a erosão (que está na origem da perda de fertilidade) e por aumentar o teor de matéria orgânica do solo, aumenta a produtividade da terra, e conduz a um aumento na eficiência de utilização de factores de produção e em particular dos fertilizantes.

Quando nos referimos à cobertura do solo com resíduos das culturas anteriores como prática cultural de conservação devemos ter em consideração a definição apresentada por ERENSTEIN (2002) num artigo de revisão. Segundo este autor, a cobertura do solo com resíduos constitui uma tecnologia através da qual no momento da emergência da cultura a superfície do solo está coberta pelo menos em 30% por resíduos orgânicos da cultura precedente.

Para JOHNSON-MAYNARD *et al.* (2007), quando a sementeira directa é utilizada como prática de controlo da erosão, a superfície do solo coberta com resíduos, após a passagem do semeador, deve ser no mínimo de 30%, podendo, no entanto, em circunstâncias mais exigentes, o nível de cobertura ser superior.

A maioria dos benefícios da mobilização de conservação exige a manutenção à superfície do solo dos resíduos das culturas. Contudo, a eficiência dos resíduos das culturas depende da sua persistência no tempo, uma vez que a quantidade de resíduos à superfície pode ser consideravelmente reduzida pela mobilização do solo e por decomposição.

TISDALL e OADES (1982), estudando o efeito, na dinâmica dos resíduos da cevada (*Hordeum vulgare* L.) durante o pousio, de três sistemas de mobilização do solo (sementeira directa, mobilização reduzida com escarificador e mobilização convencional

com lavoura), verificaram que a sementeira directa foi o sistema que permitiu que a superfície do solo ainda conservasse uma cobertura de 10 - 15% mesmo após um pousio de 17 a 18 meses, e variando a quantidade de resíduos observada após 11 a 12 meses entre 20 a 40% da massa total. O mesmo estudo permitiu constatar que as operações primárias de mobilização dos sistemas de mobilização reduzida e convencional (escarificação e lavoura, respectivamente) tiveram a maior influência na incorporação dos resíduos conduzindo, logo após a operação cultural, a reduções da cobertura do solo de 50-60% (escarificação) e 90-100% (lavoura).

Os sistemas de mobilização do solo conservacionistas, tais como a sementeira directa e a mobilização reduzida, quando associados à retenção dos resíduos à superfície do solo, são frequentemente recomendados como medidas de controlo da erosão, de aumento do armazenamento de água no solo e de aumento da eficiência de utilização da água.

A sementeira directa, em combinação com a retenção dos resíduos das culturas à superfície do solo, reduz substancialmente o escoamento superficial e, por consequência, a erosão hídrica do solo, podendo, ainda, reduzir a evaporação do solo e o custo total de preparação da cama da semente.

A sementeira directa e a retenção dos resíduos podem a longo prazo melhorar a estrutura do solo, conduzindo a uma redução adicional dos riscos de erosão. A associação entre a prática da sementeira directa com a cobertura do solo com resíduos e a diminuição do risco de erosão do solo (erodibilidade) está bem estabelecida em diversos trabalhos (MCGUINNESS *et al.*, 1971; HARROLD e EDWARDS, 1974; OWENS *et al.*, 1983; OWENS *et al.*, 1989; EDWARDS e OWENS, 1991; THOMAS *et al.*, 1992; EDWARDS *et al.*, 1993; LANGDALE *et al.*, 1994).

As razões da eficácia de conservação do sistema de sementeira directa variam com o solo e a região ecológica. Em alguns casos a redução da erosão do solo resulta principalmente do efeito protector da cobertura do solo com os resíduos da cultura. Noutros casos, especialmente onde o sistema de sementeira directa é usado há muito tempo, a eficácia da conservação do sistema de sementeira directa quando comparada com a de sistemas baseados na lavoura resulta de uma melhor estrutura do solo, medida como percentagem de agregação, tamanho de agregados ou coesão dos agregados, e pela macroporosidade e continuidade dos poros (MAHBOUBI e LAL, 1998).

A par destes resultados desejáveis existe a possibilidade destas modificações produzirem alguns efeitos negativos, como o aumento das doenças, dos problemas com

as infestantes, imobilização temporária do azoto, e uma redução da temperatura do solo. CANTERO-MARTÍNEZ *et al.* (2003) constataram efeitos negativos na produção da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.) causados por *Mayetiola mineuri* Mesnil e por *Tetramesa tritici* Fitch quando os resíduos de palha não foram incorporados com a mobilização do solo.

A presença de resíduos pode, também, estimular o crescimento de micoflora e fauna que pode ser patogénica, benéfica ou, competir para os nutrientes em particular o azoto.

Uma quantidade elevada de resíduos à superfície pode conduzir a uma redução da germinação devido a um, eventual, deficiente contacto entre a semente e o solo, e a uma menos uniforme cama da semente. No entanto, a melhoria das tecnologias e das práticas culturais, nomeadamente o tipo de semeador e a uniformidade do espalhamento dos resíduos, permite ultrapassar este aparente obstáculo.

As práticas culturais que deixem resíduos à superfície do solo podem reduzir ou eliminar a formação de crosta (CASSEL *et al.*, 1995).

Noutros casos, JONES *et al.* (1994) conclui que a sementeira directa em condições de semi-aridez, com a habitual baixa produção de resíduos, revela-se não ser suficiente para prevenir a formação de crosta, uma vez que a pouca quantidade de resíduos mostra-se insuficiente para interceptar o impacto da gota de água, daí resultando a formação de crosta e uma diminuição da infiltração.

Parece, pois, poder concluir-se que a obtenção plena dos benefícios atribuídos à sementeira directa só é atingida se uma quantidade significativa de resíduos permanecer à superfície do solo, o que obriga, por exemplo, no caso dos cereais a conservar, pelo menos parcialmente, a palha no terreno.

#### **1.4. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO E A TRAFICABILIDADE**

Um aspecto importante que devemos considerar quando ponderamos um sistema de mobilização do solo, prende-se com maior ou menor capacidade que temos para realizar as operações culturais que, do ponto de vista agronómico, se justificam a cada momento.

A necessidade de entrar no terreno ocorre ao longo do ciclo cultural, sendo variável o estado de humidade do solo, e por isso diferentes as consequências. Os estragos provocados pelos eixos pesados da maquinaria agrícola aumentam quando o solo está húmido, uma vez que a coesão do solo fica diminuída quando o solo possui teores

elevados de água. A patinagem das rodas também aumenta os danos devido ao processo de corte que ocorre quando o solo está húmido.

Por outro lado é sabido que os pesos das diferentes máquinas usadas nas operações culturais aumentaram três ou quatro vezes nas últimas três décadas e que o número de operações pode ser superior a dez por ano. Esta capacidade de intervenção está, portanto, dependente da maior ou menor traficabilidade que o solo oferecer.

Os sistemas de mobilização do solo que, por uma maior desagregação conduzam a um maior período de tempo em que o terreno não oferece condições para resistir ao tráfego das máquinas, estão em desvantagem, e podem comprometer intervenções atempadas. De facto, a menor resistência dos solos mobilizados e a patinagem das rodas dos tractores aumentam o risco de destruição da estrutura, o que agrava o período durante o qual o solo permanece encharcado após uma chuvada, e por isso interdito ao tráfego de máquinas.

Cerca de 30% do terreno é traficado pelos pneus da maquinaria agrícola mesmo nos sistemas de sementeira directa. Nos outros sistemas de mobilização reduzida o valor excede os 60% e com a prática da mobilização convencional a área percorrida pelos pneus ultrapassa os 100% durante um ciclo cultural (ERBACH, 1986; ERBACH *et al.*, 1992). Estes dados conduzem-nos à ideia de que são os sistemas onde os pneus da maquinaria agrícola necessitam de percorrer maior superfície de terreno, aqueles que, pela natureza das suas mobilizações, mais contribuem para potenciar a redução das condições de traficabilidade.

TEBRÜGGE e WAGNER (1995), baseados em catorze anos de ensaios em diferentes solos, com diferentes rotações de cultura e sujeitos a diferentes sistemas de mobilização do solo, verificaram que a sementeira directa, comparada com a mobilização convencional, reduz o tempo necessário para a instalação das culturas, como, ainda, oferece uma melhor traficabilidade à custa de uma maior resistência à pressão exercida pelos pneus.

Do ponto de vista da traficabilidade a prática da sementeira directa parece ser vantajosa, quando comparada com os outros sistemas de mobilização, uma vez que o risco de destruição da estrutura se encontra minorado, permitindo que o solo mais facilmente ofereça condições para o tráfego do equipamento necessário à realização das tarefas culturais.

## 1.5. ESPECIFICIDADE DO LOCAL

É frequente encontrar-se na bibliografia a referência de que os efeitos dos sistemas de mobilização do solo são específicos para cada local.

DEXTER (1979) citado por DEXTER e BIRKAS (2004), numa tentativa de prever a estrutura do solo resultante da mobilização do solo, elaborou um modelo empírico no qual os parâmetros estruturais do solo foram estimados a partir do produto de factores determinados experimentalmente, nos quais se incluía o tipo de solo, a alfaia de mobilização do solo, e a cultura antecedente. Uma conclusão deste trabalho foi a de que o resultado da mobilização do solo depende muito mais das condições do solo do que do tipo de alfaia utilizado.

Muitos autores concordam que, em solos expansíveis, as produções obtidas sob sementeira directa são iguais ou inferiores àquelas obtidas com sistemas de mobilização do solo, baseados na grade-de-discos ou no chisel (BLEVINS e FRYE, 1993; UNGER, 1994; HAMMEL, 1995). No entanto, estes resultados não são confirmados nos solos argilosos no clima semi-árido de Marrocos (BOUZZA, 1990; KACEMI, 1992, citados por MRABET, 2000) ou para o sul de Espanha em anos secos (LÓPEZ-BELLIDO *et al.*, 1996) ou, ainda, no sul de Portugal onde se compararam as produções de trigo obtidas em sementeira directa com as obtidas no sistema de mobilização convencional (CARVALHO e BASCH, 1994).

Alguns autores referem maiores produções de grão de cereais em regiões semi-áridas com sementeira directa de que as obtidas com mobilização convencional em solos de textura média a fina, não sucedendo o mesmo em solo de textura grosseira. Ao contrário COX *et al.* (1990a) numa região húmida reporta melhor adaptabilidade dos sistemas de sementeira directa e de mobilização reduzida em solos de textura grosseira, especialmente nos anos húmidos. HUGHES *et al.* (1992) observou reduções de 22% na produção de forragem de milho (*Zea mays* L.) sob sementeira directa quando comparada com mobilização convencional nos anos secos mas não nos anos húmidos.

Os efeitos específicos da prática da mobilização de conservação nas propriedades do solo, também podem ser contraditórios devido às variações nos solos e outras condições ambientais.

Alguns investigadores relatam uma maior coesão do solo sob mobilização reduzida do que sob mobilização convencional (DOUGLAS, 1986; BRAIM *et al.*, 1992; HORNE *et al.*, 1992), enquanto outros reportam ausência de diferenças, ou mesmo um comportamento oposto (MIELKE *et al.*, 1984; PACKER *et al.*, 1984). Geralmente, nas camadas superficiais os solos com mobilização convencional tendem a ter teores de

água inferiores do que os solos com sementeira directa, à medida que a macroporosidade e os baixos níveis de resíduos aumentam a perda de água atmosférica (UNGER e FULTON, 1990).

Pode concluir-se que os efeitos dos sistemas de mobilização do solo parecem estar condicionados pelo tipo de solo, pelo clima da região, e com as interacções destes entre si e com o tipo de cultura.

## 1.6. O EFEITO DA SEMENTEIRA DIRECTA A CURTO E LONGO PRAZO

Os efeitos benéficos da sementeira directa nem sempre são evidentes no início. Existem muitos trabalhos em que se atribuem as menores produções obtidas com a sementeira directa à eventual dificuldade das raízes vencerem uma maior impedância mecânica da camada superficial. Nalguns solos mal estruturados este facto tende, com o tempo a ser mitigado com o surgimento de agregados mais estáveis e uma porosidade mais contínua.

Alguns investigadores trabalhando em solos com diferentes características, reportam que o crescimento inicial do trigo e a produção de grão sob sistemas de mobilização de conservação foram inferiores àqueles verificados sob sistemas de mobilização convencional, responsabilizando factores físicos do solo como as maiores causas da redução do crescimento (CORNISH e LYMBERY, 1987; KIRKEGAARD *et al.*, 1994; KIRKEGAARD *et al.*, 1995). Estes autores concluem que a alta impedância mecânica e um arejamento pobre reduziram o crescimento radicular nos sistemas de mobilização de conservação. Também LARNEY e KLADIVKO (1989) e OUSSIBLE *et al.* (1992) sugerem que o crescimento radicular pode ser afectado por uma elevada resistência mecânica do solo, restringindo o fornecimento de água e nutrientes. Alguns autores como é o caso de EVANS *et al.* (1996) referem a necessidade de uma sub-solagem como forma de aliviar a compactação e de melhorar a prestação das culturas instaladas, tornando-se esta necessidade particularmente pertinente em solos de textura fina e mal estruturados que tenham sido anteriormente sujeitos a mobilizações intensivas.

O desenvolvimento de maiores populações de vermes do solo, na sementeira directa, relativamente à mobilização convencional, é geralmente atribuído à menor perturbação do solo, menos danos físicos e menor susceptibilidade de predação pelas aves, combinado com um fornecimento mais contínuo de alimento e condições ambientais mais favoráveis. No entanto, o aumento da fauna do solo que pode, nalguns

casos, verificar-se em poucos anos, não se reflecte imediatamente na melhoria visível dos aspectos físicos do solo.

Num estudo realizado durante apenas três anos JOHNSON-MAYNARD *et al.* (2007) observaram um aumento da densidade de minhocas do solo nos talhões de sementeira directa em relação aos talhões com mobilização convencional. Estes autores registaram 149,9 indivíduos.m<sup>-2</sup> na sementeira directa e 37,7 indivíduos.m<sup>-2</sup> na mobilização convencional durante a Primavera e 58,4 indivíduos.m<sup>-2</sup> na sementeira directa e 17,1 indivíduos.m<sup>-2</sup> na mobilização convencional durante o Verão. Apesar desta diferença significativa da densidade de indivíduos após os três anos, o pouco tempo decorrido não foi suficiente para que a densidade aparente do solo, a condutividade hidráulica saturada e a estabilidade dos agregados registassem qualquer diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas de mobilização do solo.

Por vezes na sementeira directa, quando comparada com outros sistemas de mobilização do solo, observam-se sistemas radiculares mais pequenos, reduções no vigor da cultura e nas produções obtidas. Em solos onde a estrutura foi degradada em consequência de repetidas mobilizações, a sementeira directa pode, inicialmente, não ser bem sucedida, até que o processo de regeneração natural de estrutura do solo seja predominante. A dificuldade dos agricultores reside no período de transição entre o sistema baseado na mobilização do solo e a sementeira directa.

BONFIL *et al.* (1999) observaram que apenas a partir do terceiro ano de ensaio as produções obtidas com a sementeira directa superaram as produções obtidas com a lavoura, relacionando este facto com o aumento do teor de matéria orgânica do solo e com o aumento da estabilidade dos agregados do solo na camada de 0 a 2,5 cm.

GOVAERTS *et al.* (2005) num ensaio de sequeiro com as culturas do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) e do milho (*Zea mays* L.), em extreme e em rotação, verificaram que foram necessários 5 anos para que os benefícios da sementeira directa fossem evidentes. As maiores produções foram obtidas com a prática da sementeira directa e com os resíduos das culturas deixados à superfície do terreno. Já quando a sementeira directa foi praticada sem se deixarem os resíduos, as produções obtidas foram inferiores àquelas observadas com a mobilização convencional.

A prática da sementeira directa quando antecedida por sistemas de mobilização intensiva pode, por vezes, apresentar no início alguns aspectos negativos, como uma maior resistência oferecida ao crescimento das raízes, ou uma menor disponibilidade de azoto, quer por imobilização biológica, quer pela redução da taxa de mineralização. Por outro lado, os efeitos benéficos da sementeira directa não são imediatos. Os aumentos da estabilidade dos agregados (contribuindo para a redução do risco de erosão), da fauna do solo (nomeadamente da população de minhocas), da continuidade da



porosidade e do teor de matéria orgânica, são processos morosos e muitas vezes interdependentes. Não é, pois, de estranhar que em certas condições a sementeira directa necessite de alguns anos até que o seu potencial se manifeste.

### 1.7. A RESPOSTA DA SEMENTEIRA DIRECTA EM FUNÇÃO DO TIPO DE ANO

O relato das diferenças na produção de trigo sujeito a sementeira directa ou a mobilização convencional não coincide normalmente. Enquanto que nos trabalhos de alguns autores não se verifica a existência de diferenças de produção em culturas de cereais (UNGER, 1994; SCHILLINGER, 2001), noutros (LAWRENCE *et al.*, 1994; SINGH *et al.*, 1998; BONFIL *et al.*, 1999) observa-se melhores produções com a sementeira directa, facto atribuído a um maior armazenamento de água no solo e, por isso, uma maior eficiência de utilização da água.

LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (1996) verificaram que em anos secos a sementeira directa é mais produtiva que a mobilização convencional, enquanto que HALVORSON *et al.* (2000) mostraram que quando a precipitação é maior a situação inverte-se com a mobilização convencional a obter produções mais elevadas.

Também RAO e DAO (1996), num estudo realizado durante três anos no sul da Itália com trigo duro (*Triticum durum* Desf.), verificaram que a sementeira directa era melhor que a mobilização convencional para precipitações inferiores a 300 mm, enquanto que um aumento do valor da precipitação realçava a resposta da mobilização convencional.

Um estudo realizado no Canadá por BRANDT (1992) mostrou que, desde que o controlo das infestantes fosse adequado, a produção de grão melhorava com a sementeira directa. Porém, nem todos os ensaios realizados neste país indicam maiores produções com sementeira directa quando comparada com a mobilização convencional. Por exemplo, ARSHAD e DOBB (1991) citados por GOVAERTS *et al.* (2005) constataram que a produções de cevada (*Hordeum vulgare* L.) obtidas com sementeira directa, relativamente às obtidas com mobilização convencional, foram maiores em anos secos, menores em anos muito húmidos e idênticas nos outros anos.

Nos sistemas agrícolas praticados nas condições mediterrânicas, as mudanças de fertilidade do solo causadas pela sementeira directa são, por vezes, menos evidentes do que em climas húmidos ou em condições de regadio. As limitações impostas pela escassez de água são, frequentemente, apontadas como justificação. Não obstante, e

após um período longo, algumas diferenças entre os sistemas de mobilização do solo começam a surgir.

Num solo argiloso no sul de Espanha, GIRÁLDEZ e GONZÁLEZ (1994) observando uma rotação de girassol (*Helianthus annuus* L.) - grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) - trigo durante doze anos constataram que a sementeira directa registava relativamente à mobilização convencional, uma melhoria do armazenamento de água no solo motivado pela melhoria das condições de infiltração e pela redução do escoamento de superfície. No entanto, estas melhorias nem sempre se reflectiram nas produções obtidas.

No que se refere às culturas de Primavera, a sementeira directa em sequeiro pode apresentar alguns problemas no início do ciclo cultural, nomeadamente a possibilidade de um reduzido teor de água no solo associado a uma maior impedância mecânica provocar um menor crescimento da cultura, reflectindo-se posteriormente nas produções obtidas.

Num ensaio de sequeiro, CARVALHO e BASCH (1994) obtiveram com a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) produções muito variáveis, registando num ano a sementeira directa apenas 40% do valor obtido para a mobilização convencional, enquanto que nos dois anos seguintes as produções obtidas para a sementeira directa, embora inferiores às do sistemas de mobilização convencional, não foram estatisticamente diferentes. Para estes autores as perdas de produção dependem da precipitação ocorrida no início do ciclo cultural e do teor de água do solo no momento da sementeira. Se durante as primeiras semanas após a emergência da cultura a humidade do solo for reduzida, a taxa de crescimento da cultura é negativamente afectada, devido sobretudo ao crescimento radicular reduzido. Esta redução no crescimento da cultura não consegue muitas das vezes ser posteriormente compensado, mesmo que as condições de humidade se tornem mais favoráveis.

Nas culturas de Primavera em sequeiro, a antecipação da data de sementeira, sempre que as condições de humidade do solo o permitam, conseguindo que o crescimento inicial da cultura ocorra num período em que ainda é frequente a ocorrência de precipitação, pode constituir uma forma de mitigar a redução da produção. SILVA (2002), num ensaio com girassol (*Helianthus annuus* L.) de sequeiro, mostrou que o sucesso desta cultura em sementeira directa depende de se conseguir semear cedo, para que as plantas se instalem ainda com água, isto é, num período em que a ocorrência de precipitação é mais provável.

Com frequência a sementeira directa é, nas nossas condições de semi-aridez, considerada mais favorável em anos secos, por aumentar o armazenamento de água no

solo e reduzir a evaporação. No entanto, condições de secura no início do ciclo, particularmente em solos em se iniciou a prática da sementeira directa, podem levar a uma redução irreparável do crescimento inicial do sistema radicular da cultura, pois, não havendo ainda uma rede contínua de bioporos, os baixos teores de água do solo aumentam a resistência à penetração. Pelo contrário nos anos húmidos, em condições de cultura, onde as aplicações de adubos de cobertura e as mondas têm de ser feitas de tractor, a maior traficabilidade dos solos em sementeira directa pode ser importante na produção obtida pela cultura.

## 2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A QUALIDADE DO SOLO

O solo constitui o ambiente básico, embora substituível em condições especiais (caso da hidroponia e das plantas parasitas), para o desenvolvimento das plantas. É onde se desenvolvem as raízes ou partes modificadas do caule. Os vários aspectos da qualidade do solo condicionam, assim, o desempenho das diferentes culturas.

Vários artigos chamam à atenção para a importância que a qualidade do solo tem na obtenção de uma agricultura sustentável, que tenta equilibrar a produtividade, o lucro e a protecção ambiental.

A qualidade do solo é referida por KARLEN *et al.* (1997) como “a capacidade de um determinado tipo de solo funcionar, dentro de um ecossistema natural ou intervencionado, de forma a sustentar a produtividade de plantas e animais, mantendo ou aumentando a qualidade da água e do ar, e suportar a saúde e presença humana” .

Os indicadores utilizados para avaliar a qualidade do solo variam com o sistema agrícola, tipo de solo e utilização da terra.

ARSHAD e COEN (1992) sugerem a profundidade da camada do solo que restringe o crescimento radicular, a capacidade para a água utilizável, a densidade aparente, a resistência à penetração, a condutividade hidráulica, a estabilidade dos agregados, o teor de matéria orgânica do solo, a disponibilidade de nutrientes, o pH e a condutividade eléctrica, como indicadores da qualidade do solo. A razão desta escolha reside na circunstância destas medições responderem, geralmente, aos diferentes maneios do solo.

KARLEN *et al.* (1992) sugerem que a mobilização do solo, descrita por medições estruturais como por exemplo, a porosidade e a agregação, constitui um índice útil da qualidade física do solo, ao passo que possíveis indicadores da qualidade química do solo incluem o pH, a catiões de troca, a salinidade e o carbono orgânico.

Para MULLINS *et al.* (1990); CHAN e MULLINS (1994); CHAN (1995) a coesão do solo, a estabilidade dos agregados e a dispersão da argila revelaram-se propriedades físicas úteis na caracterização da mobilização do solo em Alfisolos. HULUGALLE e ENTWISTLE (1997) na caracterização de Vertisolos utilizaram a macroporosidade, o volume específico, a estabilidade dos agregados, as características de contracção do solo, o limite plástico, o volume e a profundidade das fendas, a infiltração da água e a coesão do solo. Outros trabalhos consideraram que a quantidade de argila mecanicamente despersível é uma medida apropriada da condição da estrutura do solo (SHANMUGANATHAN e OADES, 1982; CHAN, 1989; DEXTER e CHAN, 1991; CARON *et al.*, 1992).

## 2.1. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

As propriedades físicas do solo, nomeadamente os aspectos físicos da cama da semente são determinantes na germinação e conseqüente emergência da cultura, bem como no crescimento que se lhe segue e na produção que se obtém. O estado nutritivo da cama da semente é de importância secundária, uma vez que as reservas das sementes asseguram os nutrientes necessários na fase inicial de desenvolvimento das plantas. No caso particular da germinação do trigo, e no que respeita ao fornecimento de nutrientes, esta apenas se torna independente das reservas da semente quando se dá o aparecimento da terceira folha (MILTHORPE e MOORBY, 1974).

É sabido que para além da temperatura e do potencial hídrico do solo, as características mecânicas da cama da semente (o tamanho e estabilidade dos agregados, a densidade aparente e a resistência à penetração) constituem alguns dos principais factores que afectam a germinação, a emergência e o estabelecimento da cultura nas regiões semi-áridas.

A temperatura afecta a taxa de crescimento do trigo. (LINDSTROM *et al.*, 1976). HAYHOE *et al.* (1993), estudando o efeito de sistemas de mobilização do solo nas taxa de emergência do milho (*Zea mays* L.), constataram que a sementeira directa necessitava, em média, de mais 2 dias do que a mobilização convencional para atingir 50% de emergência, tendo os autores concluído que este atraso na emergência poderia, em grande medida, ser explicado pelas temperaturas do solo mais reduzidas nos tratamentos com sementeira directa.

O intervalo de tempo entre a sementeira e a emergência aumenta com a diminuição do potencial hídrico do solo (LINDSTROM *et al.*, 1976). A importância agronómica deste intervalo de tempo torna-se evidente quando o relacionamos com a produção da cultura como é o caso de GAN *et al.* (1992) que nos reportam que as plantas de trigo que emergiram mais cedo contribuíram mais para a produção da cultura do que aquelas que emergiram depois. Esta afirmação não pode constituir uma regra de aplicação geral, uma vez que não considera as situações adversas como quando se verificam condições de encharcamento inicial do solo.

DEXTER e YOUNG (1992) definiram a física do solo como a ciência que lida com estados de energia das diferentes fases (sólida, líquida e gasosa) do sistema solo e visa a quantificação dos fluxos destas fases que são produzidas por gradientes de energia. O estudo do estado de energia e do fluxo de água em relação com a heterogeneidade

especial das diferentes fases, habitualmente referida como estrutura do solo, é central na física do solo

Contudo, a física do solo diz respeito a mais do que água, fluxos de calor e gás através da superfície do solo e dentro do solo. A mecânica é um dos ramos mais antigos da física e no caso da mecânica do solo lida com a forma como o sistema solo altera o seu tamanho, forma e heterogeneidade, em resposta à imposição de diferentes potenciais mecânicos.

Factores como a água, o oxigénio, a temperatura, a resistência mecânica e a sua combinação afectam directamente a emergência da cultura e o crescimento radicular. A densidade aparente, a agregação, a estabilidade dos agregados e a distribuição do tamanho dos poros são propriedades físicas do solo e estão intimamente relacionadas com a produção da cultura, na medida em que afectam o teor de água no solo, o arejamento, a temperatura e a resistência mecânica (LETEY, 1985).

Diferentes sistemas de mobilização do solo podem modificar de modo distinto as propriedades físicas do solo dependendo de vários factores (MAHBOUBI *et al.*, 1993).

Os efeitos das mobilizações nas propriedades físicas do solo são incertas e variáveis, uma vez que dependem de factores vários como o histórico das culturas, o tipo de solo, as condições climáticas e o sistema de mobilização anterior. Por exemplo, alguns autores não encontraram efeito da mobilização do solo nas características de transmissão de água no solo (OBI e NNABUDE, 1988), enquanto que outros encontraram efeitos benéficos da sementeira directa nas propriedades de retenção de água relativamente à mobilização convencional do solo (BLEVINS *et al.*, 1971; DATIRI e LOWERY, 1991). Outros, ainda, afirmam que a evidência dos efeitos necessita de tempo, como VOORHEES *et al.* (1984) nos relatam que, no caso de um solo limo-argiloso e para algumas propriedades físicas, o efeito da prática de mobilização de conservação pode ser detectado após 5 anos.

CARVALHO e BASCH (1995), num ensaio de 6 anos num cambissolo vértico, reportam que a densidade aparente aumentou e a porosidade total decresceu com a sementeira directa mas apenas nos primeiros 10 cm de solo. Abaixo desta profundidade sucedeu o inverso. Para todas as camadas estudadas (0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm) a estabilidade dos agregados e a resistência à penetração aumentaram na sementeira directa. O solo sob sementeira directa tornou-se mais firme, mais estável, com uma melhor infiltração e uma mais elevada capacidade de armazenamento da água.

### 2.1.1. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A ESTRUTURA DO SOLO

Existem muitas formas de definir a estrutura do solo.

DEXTER (1988) refere-se à estrutura do solo como “a heterogeneidade espacial dos diferentes componentes ou propriedades do solo”. A configuração interna da matriz do solo é uma outra definição possível para a estrutura do solo.

Segundo JUMA (1993), a mistura diversificada de minerais do solo, matéria orgânica e porosidade, resultantes da interacção contínua no tempo de processos biológicos, físicos e químicos, definem conjuntamente a estrutura do solo.

Para COSTA (1985) a estrutura do solo constitui a característica física do solo expressa pelo tamanho, forma e arranjo das partículas e dos respectivos vazios, onde são consideradas não só as partículas individuais (areia, limo e argila) com também as partículas agregadas. De acordo com este autor, a estrutura pode distinguir-se em tessitura e pedalidade ou agregação, sendo a primeira respeitante ao arranjo entre as partículas primárias e agregadas e dos vazios que a elas estão associadas, enquanto que pedalidade respeita ao tamanho, forma e arranjo dos agregados.

Os agregados estruturais são constituídos por partículas terrosas (com frequência partículas primárias) onde as forças de ligação entre estas partículas constituintes são mais fortes do que as forças de ligação entre agregados. Conforme a complexidade do nível de organização dos agregados do solo, podemos distinguir macroagregados e microagregados, conforme se consiga ou não fazer macroscopicamente a sua distinção. COSTA (1985), adaptando a tipologia dos agregados e o grau de coesão dos seus constituintes, referidos no manual de campo do departamento de agricultura do Estado norte-americano (SOIL SURVEY STAFF, 1951), considera sete tipos de macroagregados, que se distinguem pela sua forma (laminar, prismático, colunar, anisoforme anguloso, anisoforme subanguloso, granuloso e grumoso), e quatro graus de agregação (sem agregação, fraco, moderado e forte).

O termo estrutura do solo expressa mais um conceito qualitativo do que uma propriedade directamente quantificável. A estrutura do solo é a chave na compreensão do funcionamento do solo, e muitos aspectos importantes para esta compreensão encontram-se referidos em DEXTER (1988) e KAY (1990).

Para ROGER-ESTRADE *et al.* (2004) a determinação da estrutura do solo pode ser feita através de um grande número de métodos a diferentes escalas, que podem ser classificados em três grupos: (i) caracterização da porosidade (ii) descrição da fase sólida do solo (agregados, torrões, etc.) e (iii) avaliação das propriedades do solo directamente ou indirectamente com as características da fase sólida ou da porosidade.



Duas funções importantes do solo são a retenção e transmissão de água. Estas funções possuem um impacto directo na produtividade da cultura e no meio-ambiente. A água armazenada no perfil do solo é essencial para a sobrevivência das plantas e de outros organismos vivos, nos períodos em que não ocorre precipitação.

O armazenamento e movimento da água no solo são largamente controlados por aspectos estruturais do solo, especialmente na camada superficial onde a possibilidade de ocorrer formação de crosta, ou o resultado de uma eventual compactação, podem contribuir para dificultar ou mesmo impedir o acesso à água.

Na revisão efectuada por GUÉRIF *et al.* (2001) fica claro que vários aspectos da estrutura do solo (como por exemplo a agregação) são fortemente influenciados por processos como a mobilização do solo, o sistema cultural e o clima.

A estrutura do solo na camada arável é influenciada por factores de origem humana (rasto da maquinaria agrícola e das alfaias de mobilização do solo) e factores naturais (clima, fauna e raízes). Estes factores podem causar compactação, fragmentação e até o deslocamento do solo. Assim, são os efeitos combinados destes factores que alteram as características do solo que definem a sua estrutura (DEXTER, 1988).

Diferentes aspectos da estrutura do solo, como o tamanho, o tipo (forma), e a estabilidade dos agregados, a quantidade total, a continuidade e as classes de poros, afectam decisivamente a infiltração e a drenagem da água ao longo do perfil do solo, a germinação e o crescimento radicular das plantas, como ainda, a traficabilidade do terreno pelas máquinas e alfaias.

Uma estrutura com agregados estáveis, e com macroporosidade contínua, favorece a infiltração e a drenagem. Agregados granulosos ou grumosos proporcionam boas condições para a existência de uma boa cama da semente.

### **2.1.2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A POROSIDADE DO SOLO**

A porosidade do solo corresponde aos espaços intersticiais entre as partículas do solo, primárias ou agregadas.

DANIELSON e SUTHERLAND (1986) consideram que, para a caracterização do solo como meio para o crescimento das plantas, é mais importante a informação quantitativa sobre a quantidade, tamanho, configuração ou distribuição dos poros, do que a determinação dos diferentes tamanhos das partículas/agregados.



A porosidade de um solo varia com a sua textura, geralmente num solo agrícola cerca de 30% a 60% do seu volume refere-se à porosidade. Segundo COSTA (1985) a porosidade no horizonte superficial dos solos minerais situa-se entre 30% a 50%, no caso de solos de textura grosseira e 40% a 60% nos de textura mais fina.

Poros de diferentes tamanhos, formas e continuidade são criados por factores abióticos (mobilização do solo e tráfico da maquinaria agrícola, secagem e humedecimento, congelamento e descongelamento) e por factores bióticos (crescimento radicular, actividade da fauna do solo). Formas diferentes de matéria orgânica estabilizam poros de diferentes tamanhos e, deste modo, aumentam a persistência destes quando o solo é sujeito a diferentes stresses.

COSTA (1985), considerando o diâmetro dos poros, distingue dois tipos de porosidade: a macroporosidade a que correspondem os poros com diâmetros superiores a 50 - 100  $\mu\text{m}$ ; e a microporosidade a que correspondem os poros com diâmetros inferiores a 30 - 50  $\mu\text{m}$

Sendo os vermes do solo responsáveis pela maior fracção da biomassa total de invertebrados nos ecossistemas terrestres temperados (EDWARDS e BOHLEN, 1996, citados por SHUSTER *et al.*, 2000), é razoável pensar que estes organismos desempenham um papel importante na porosidade do solo, sobretudo se este não for perturbado de modo a destruir-se a porosidade originada por esta fauna do solo. LAVELLE (1997) divide a fauna do solo em três grupos utilizando como critério a largura corporal: i) a microfauna com largura corporal em média inferior a 0,2 mm, vive na microporosidade (aquela que retém a água), compreende principalmente protozoários e nemátodos; ii) a mesofauna com largura corporal em média entre 0,2 a 2 mm, vive na macroporosidade (aquela que não retém a água) inclui microartropodes (principalmente ácaros e pequenos organismos da família dos anelídeos); iii) a macrofauna com largura corporal em média superior a 2 mm, inclui térmitas, minhocas e grandes artrópodes. Esta macrofauna têm a capacidade de escavar o solo exercendo, mais do que a mesofauna, um grande impacto na macroporosidade do solo (LAVELLE, 1997).

Como já se afirmou, a porosidade do solo refere-se aos espaços entre as partículas e unidades estruturais de um solo. O tamanho e a distribuição desses espaços são importantes para o crescimento das plantas porque afectam o armazenamento e o movimento da água e dos gases assim como o crescimento das raízes. A presença de porosidade contínua, constituída por poros com diâmetros compreendidos entre os 5  $\mu\text{m}$  e os 50  $\mu\text{m}$ , é importante para o movimento da água ao longo do perfil de solo e para as trocas gasosas (PAGLIAI *et al.*, 1984). No entender de PAGLIAI *et al.* (1995), alterações adversas na estrutura do solo podem ser reconhecidas

quantificando a redução da proporção dos poros de transmissão (50 a 500  $\mu\text{m}$  de diâmetro).

A porosidade do solo joga um papel crítico na produtividade biológica e na hidrologia dos solos agrícolas. Os poros com diferentes tamanhos, formas e continuidades, influenciam com estas características a infiltração, o armazenamento e a drenagem da água, o movimento e a distribuição dos gases e a maior ou menor facilidade de penetração no solo das raízes.

A porosidade constitui um factor importante na infiltração da água no solo, uma vez que a transmissão de água no perfil do solo depende do número de macroporos e de biocanais. A taxa de infiltração é controlada pelo tamanho dos poros e pela sua continuidade, desempenhando os macroporos um papel importante na infiltração rápida.

Estudos para quantificar o fluxo de água nos macroporos, em condições de sequeiro, revelaram que mais de 70% de fluxo da água pode ser feito através de macroporos (WATSON e LUXMOORE, 1986; WILSON e LUXMOORE, 1988).

LIN *et al.* (1996) relatam que 10% dos macroporos e os mesoporos (diâmetros compreendidos entre 60 e 500  $\mu\text{m}$ ) foram responsáveis por cerca de 89% do fluxo de água.

Alguns autores referem os macroporos como sendo responsáveis pela porosidade efectiva do solo, relacionada com a condutividade hidráulica saturada (AHUJA *et al.*, 1989). A macroporosidade reflecte a fracção da porosidade total que está aberta à infiltração aquando da ocorrência de uma chuvada. Para AZOOZ *et al.* (1996) a fracção de volume da porosidade total com poros de diâmetro superior a 150  $\mu\text{m}$  é considerada como a porosidade efectiva para a drenagem livre da água por acção da gravidade.

Por outro lado, a fracção de volume da porosidade total com poros inferiores a 7,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro é classificada como porosidade efectiva para a retenção da água disponível para as plantas.

Qualquer actividade, como por exemplo a mobilização do solo ou o tráfico de máquinas, que reduza a porosidade do solo implica um aumento da densidade aparente do solo o que pode ter como consequência uma pior drenagem interna e um menor arejamento.

A existência de porosidade que garanta um arejamento adequado, durante as fases de germinação e emergência, não é, em condições normais de campo, um problema. Segundo BOUAZIZ (1987) a taxa de difusão do oxigénio raramente constitui um factor limitante da germinação e emergência, uma vez que é frequente observar nas condições de campo um índice de vazios (rácio entre o volume de poros e o volume das

partículas do solo) situado entre 0,7 e 1,2 a que correspondem volumes de porosidade de cerca de 40% e 55%, respectivamente.

Um solo com macroporos oferece um grande potencial de crescimento para as raízes porque estas podem, assim, passar através de zonas com grande impedância mecânica.

A geometria do poro (tamanho, forma e distribuição) e a estrutura do solo são afectadas pelo tipo de mobilização do solo, e influenciam o armazenamento e transmissão de água no solo (AZOOZ *et al.*, 1996).

Uma mudança física que é expectável que ocorra no solo depois da substituição de um sistema de mobilização para a sementeira directa é o tipo e o arranjo dos poros. Muitos factores tais como a cobertura do solo com resíduos, a população de minhocas, a continuidade da porosidade do solo e a estrutura do solo evoluem conjuntamente quando um sistema de mobilização é alterado para sementeira directa, tornando difícil determinar quais os factores responsáveis pelo aumento da infiltração. Por exemplo, solos nus com poros verticais podem responder de modo muito diferente ao de solos com a mesma estrutura de poros mas cobertos com resíduos (ELA *et al.*, 1992).

As alterações da porosidade total estão relacionadas com as alterações no tamanho dos poros. Esta relação pode diferir com o tipo de solo. SCHJØNNING e RASMUSSEN (2000) encontraram em solos arenosos e solos limo-argilosos, um menor volume de macroporos (diâmetro superior a 30  $\mu\text{m}$ ) na sementeira directa do que na lavoura, tendo observado o contrário em solos areno-argilosos. Por outro lado KAY e VANDENBYGAART (2002) afirmam que ao converter um solo, de mobilização de conservação para sementeira directa, tem-se geralmente como consequência um aumento do volume de poros com diâmetros entre 100 e 500  $\mu\text{m}$  e um decréscimo de poros com diâmetros entre 30 e 100  $\mu\text{m}$ .

A mobilização do solo destrói os bioporos gerados pela acção das raízes, insectos e minhocas e aumenta a quantidade de porosidade devida a factores aleatórios. Enquanto a porosidade total de um solo mobilizado é frequentemente maior que a de um solo não mobilizado (VERMEUL *et al.*, 1993), os poros são de uma geometria diferente podendo ter efeitos diferentes no crescimento das raízes, infiltração da água e difusão do ar. Por exemplo, EHLERS *et al.* (1983) verificaram que a profundidades superiores a 50 cm a maioria das raízes cresciam em bioporos.

CHANEY *et al.* (1985) e CARTER (1992a) concluíram a partir das suas experiências que a sementeira directa não só pode reduzir a porosidade total, como

pode também alterar a distribuição do tamanho dos poros, isto é, os poros maiores tendem a desaparecer e os poros mais pequenos tendem a predominar.

A mobilização convencional aumenta, num curto prazo, o volume de poros de maiores dimensões, mas destrói a continuidade dos macroporos. VAN-ES *et al.* (1999) mediram um aumento de 300% na macroporosidade após a lavoura, verificando a subsequente diminuição após assentamento do solo.

Sob sementeira directa a porosidade total é geralmente menor que aquela verificada com mobilização convencional, mas os sistemas de poros são mais contínuos, já que as galerias deixadas pelas raízes, minhocas e formigas não são destruídas. A nova distribuição das classes de tamanho dos poros provocada pela mobilização é muito instável e tende a alterar-se com o decorrer do ciclo cultural. A mobilização ao soltar o solo promove a formação de mais macroporos no início do ciclo cultural, mas a persistência desta alteração depende largamente da estabilidade estrutural do solo, da precipitação que ocorra depois da mobilização e do tráfico de campo que se lhe segue.

A densidade aparente, sendo um reflexo da porosidade do solo, influencia as relações ar-água e a produtividade potencial de um solo. Uma maior densidade aparente na sementeira directa do que na mobilização convencional foi observada por GANTZER e BLAKE (1978), após 6 anos de cultura de milho (*Zea mays* L.) num solo argilo-limoso no Minesota, e por PIDGEON e SOANE (1977), em solos areno-limosos na Escócia após 7 anos de cevada (*Hordeum vulgare* L.).

CHANG e LINDWALL (1992) após 8 anos em três rotações (trigo (*Triticum aestivum* L.) em monocultura; trigo – girassol (*Helianthus annuus* L.); e trigo – cevada (*Hordeum vulgare* L.) - girassol) com três sistemas de mobilização (convencional; mínima; sementeira directa) verificaram que, em geral, a densidade aparente na zona mobilizada era maior nos solos com sementeira directa do que na mobilização convencional, mas abaixo desta camada os valores passaram a ser inferiores. Curiosamente a taxa de infiltração não registou diferenças entre os sistemas de mobilização.

A maior densidade aparente, e conseqüentemente menor porosidade, pode ou não ter um reflexo negativo nas produções obtidas. GILL e AULAKH (1990) estudaram, na Zâmbia, a resposta da produção de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) de sequeiro e da densidade aparente do solo a alguns sistemas de mobilização do solo (sementeira directa, mobilização reduzida e mobilização convencional). O estudo revelou uma relação negativa entre a densidade aparente do solo e produção de trigo mole, tendo

sido a sementeira directa o sistema de mobilização do solo onde se observaram as maiores produções e, curiosamente, os menores valores de densidade aparente. Por outro lado, CHRISTIAN e BACON (1990) num estudo idêntico, mas realizado na Grã-Bretanha, verificaram que as diferenças de produção observadas entre os vários sistemas de mobilização do solo eram pequenas e inconsistentes.

Vários estudos concordam que os solos com sementeira directa têm maior taxa de infiltração, maior capacidade de armazenamento de água e menores perdas por escoamento superficial do que os solos mobilizados. Isto é atribuído a um aumento da estabilidade dos agregados e à criação de bioporos verticais pelas raízes e minhocas. Tais bioporos são mais efectivos para a água, movimento do ar e crescimento radicular porque são mais contínuos, menos tortuosos e mais estáveis do que os poros criados durante a lavoura. LAL e VANDOREN-JR (1990), em solos onde a sementeira directa era praticada há muito tempo (25 anos), observaram bioporos estáveis e cuja continuidade atingia os 60 cm de profundidade.

Por outro lado, WUEST (2001) estudando o efeito acumulado da sementeira directa na quantidade de bioporos, verificou que a única diferença significativa entre um campo com 17 anos de sementeira directa e um outro com apenas 1 ano de sementeira directa foi ao nível dos bioporos acima de 1 mm de diâmetro, onde a sementeira directa de longa duração possuía mais de 30% a 100% de bioporos, provavelmente devido a um aumento da actividade das minhocas. Observou ainda que mais de 99% dos poros medidos possuíam menos de 1 mm de diâmetro, não tendo existido diferenças nos dois campos até 80 cm de profundidade estudada, o que significa que não existiu uma acumulação de bioporos acima ou abaixo da camada arável no sistema de longa duração. O mesmo estudo sugere que os bioporos com diâmetros compreendidos entre os 50 a 500  $\mu\text{m}$  representam mais de metade do volume total de bioporos.

Pode concluir-se que a macroporosidade desempenha um papel fundamental na infiltração rápida, assim como na drenagem interna, e facilita o arejamento do solo e o crescimento radicular em solos com grande impedância.

A mobilização do solo destrói os bioporos, e aumenta o volume de poros, se bem que, com frequência, somente num curto prazo. Por outro lado o solo em sementeira directa possui, de um modo geral, menos porosidade, apresentando esta, no entanto, maior continuidade. Com a sementeira directa verifica-se uma maior taxa de infiltração, o que proporciona um menor escoamento superficial, diminuindo, assim, o risco de erosão, aumento este da infiltração que resulta do aumento da estabilidade estrutural dos agregados da superfície do solo.

### 2.1.3. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A AGREGAÇÃO DO SOLO

Como se referiu anteriormente, os agregados do solo, são constituídos por conjuntos de partículas terrosas (primárias ou agregadas) nos quais as forças que unem as partículas constituintes são mais fortes do que as forças responsáveis pela ligação dos agregados uns aos outros (COSTA, 1985). Com muita frequência encontramos referência na bibliografia ao termo agregado como sinónimo de torrão (resultado de certo tipo de mobilização do solo) não correspondendo, portanto, ao conceito de pedo ou agregado estrutural definido em COSTA (1985).

A agregação do solo, nomeadamente os aspectos relacionados com o tamanho dos agregados e a sua maior ou menor estabilidade, condiciona outros aspectos físicos do solo. Para RUSSELL (1973) a resistência dos agregados à disrupção deve, em qualquer tipo de solo, constituir o principal critério para a escolha do método de mobilização do solo.

Dado que a erosão do solo é determinada não só pela erosividade da precipitação e do escoamento à superfície do solo, mas também pela erodibilidade do solo, e uma vez que esta é fortemente afectada pela sua agregação (tipo, tamanho e estabilidade dos agregados) (MAHBOUBI e LAL, 1998), fica evidente por que razão a agregação do solo é um factor importante na resistência da sua superfície à erosão.

A agregação do solo relaciona-se também com a compactação do solo, na medida em que um solo com fraca agregação é facilmente compactável.

Variações sazonais foram observadas em várias propriedades dos solos, como sejam o conteúdo de carbono orgânico no solo, a coesão do solo e a erodibilidade (COOTE *et al.*, 1988; KOK e MCCOOL, 1990). A maior erodibilidade do solo é habitualmente observada durante o Inverno e início da Primavera quando comparada com o Verão e final do Outono e é frequentemente atribuída à baixa coesão do solo e à elevada humidade do solo (BAJRACHARYA e LAL, 1992). A estrutura e a erodibilidade do solo são propriedades inter-dependentes, e são fortemente influenciadas pelas variações sazonais do clima e dos factores pedológicos induzidos pelo clima. Muitos estudos mostram fortes variações sazonais na erodibilidade, com os valores máximos observados durante o Inverno e os mínimos durante o Verão (IMERSON e VIS, 1984; DOUGLAS, 1986; BAJRACHARYA e LAL, 1992).

A resistência da estrutura do solo contra stresse externo é também conhecida como estabilidade da agregação do solo. DEXTER (1988) distingue dois tipos principais

de estabilidade: (i) a estabilidade à água, que consiste na capacidade do solo manter a sua estrutura sob a acção da água e (ii) a capacidade do solo relativamente seco manter a sua estrutura sob a acção de stresse mecânico externo, como é o caso da compactação imposta pelas máquinas e alfaías agrícolas.

Observações da melhoria da estrutura do solo sem que houvesse uma apreciável mudança na concentração da matéria orgânica total do solo, levou à sugestão de que algumas fracções específicas da matéria orgânica do solo estão envolvidas na estabilização dos agregados (ROBERSON *et al.*, 1991). A estabilização dos agregados é pressuposta depender principalmente dos microrganismos do solo, devido a um efeito combinado do enredo das partículas do solo por hifas de fungos e da exudação de biopolímeros pegajosos especialmente polissacarídeos (TISDALL e OADES, 1982; CHENU *et al.*, 1994; MILLER e DICK, 1995; DEGENS, 1997).

Os polissacarídeos presentes na agregação do solo são predominantemente de origem microbiana (BURNS *et al.*, 1986) e tem sido demonstrado que são directamente produzidos durante a decomposição dos resíduos das plantas (CHAPMAN e LYNCH, 1984). Assim, a continua aplicação de resíduos no solo e a existência de uma população microbiana activa na produção destes agentes de ligação é vital para a criação e manutenção de uma estrutura do solo estável.

Têm sido propostos vários modelos, correlacionando a dinâmica dos agregados com as variações da matéria orgânica do solo. TISDALL e OADES (1982) propuseram um modelo de formação dos agregados onde a matéria orgânica se associa com três diferentes unidades físicas do solo: (i) partículas de limo e argila (ii) microagregados (diâmetro < 0,25 mm) e (iii) macroagregados (diâmetros compreendidos entre 0,25 mm e os 10 mm). Este modelo foi aplicado por vários autores para explicar as acumulações de matéria orgânica, frequentemente observadas nos sistemas de mobilização do solo com sementeira directa relativamente aos sistemas que utilizavam a mobilização convencional. De acordo com os mesmos autores a mobilização do solo causa a redução da quantidade de macroagregados, mas não afecta a estabilidade dos microagregados

Segundo BRAUNACK e DEXTER (1989) e HILLEL (1998) os macroagregados, quando comparados com os microagregados, evidenciam pouca resistência à acção mecânica e à acção da água.

Sob condições de sequeiro HADAS *et al.* (1978) mediu o grau de agregação e os *inputs* energéticos envolvidos em várias práticas de mobilização do solo, verificando que a obtenção de agregados de pequena dimensão requeria, em condições de secura um

enorme *input* energético, ao passo que a mobilização do mesmo solo humedecido produziu agregados de menor dimensão com um *input* energético inferior.

Segundo RUSSELL (1973) a cama da semente óptima é constituída por agregados com diâmetros compreendidos entre 1 a 5 mm, e que possuam até 15% de material fino (< 0,250 mm), por forma a bloquearem os poros maiores. Os agregados com estas dimensões, para além permitirem que haja um adequado contacto entre a semente e o solo, por forma a facilitar o movimento da água para dentro da semente, promovem, ainda, um adequado arejamento.

BRAUNACK e DEXTER (1988) estudando o efeito do tamanho dos agregados da cama da semente na formação de crosta superficial, no crescimento e na produção do trigo mole (*Triticum aestivum* L), verificaram que o número de dias até à emergência era inferior, para agregados de menores dimensões. A percentagem de emergência foi maior quando o tamanho dos agregados estava compreendido entre 2 e 4 mm. Observaram, ainda, que embora a presença de crosta aumentasse o número de dias até à emergência, e reduzisse a percentagem de emergência, a produção da cultura não terá sofrido com isso qualquer efeito significativo.

BOUAZIZ *et al.* (1990), num trabalho sobre a força de emergência exercida pelas sementes de trigo mole (*Triticum aestivum* L.), constataram que embora a máxima força exercida pelo coleóptilo do trigo fosse cerca de 30 g, a percentagem de emergência foi de 100% para valores inferiores a 25 g, tendo estes resultados levado à conclusão que, para uma cama da semente ideal para o trigo, não deverá haver torrões com diâmetro superior a 30 mm.

O tipo de alfaia utilizada afecta o tamanho dos agregados produzidos. BHUSHAN e B. P. GHIDYAL (1971) verificaram que os agregados formados pela charrua de aivecas eram maiores que os agregados formados pelo escarificador.

PINHEIRO *et al.* (2004), afirmam que a proporção de agregados com diâmetros iguais ou superiores a 2 mm pode ser um indicador apropriado da influência dos sistemas de mobilização do solo na agregação. Estes autores constataram que na camada superficial de solo de 0 a 5 cm, os agregados com estas dimensões representavam na sementeira directa 50% do total dos agregados, enquanto que no sistema mobilização convencional esta proporção foi apenas de 30%.

Estes resultados são explicados pelo facto da prática da sementeira directa permitir uma agregação contínua ao longo do tempo, ao contrário da mobilização convencional que interrompe anualmente o processo de agregação.



Segundo GOMEZ *et al.* (2001) os sistemas de sementeira directa reduzem a degradação estrutural, podendo mesmo revertê-la, quando comparados com sistemas de mobilização convencional, mostrando, geralmente, maior estabilidade dos agregados após vários anos de prática.

De acordo com BEARE *et al.* (1994) a sementeira directa melhora a macroagregação o que conduz a um aumento da protecção física da matéria orgânica do solo. Para estes autores os microagregados não são, normalmente, afectados pelos sistemas de mobilização do solo.

A perturbação da estrutura, nomeadamente ao nível da estabilidade dos agregados de um solo não mobilizado, acontece sempre que esse solo sofre mobilização, sendo essa perturbação tanto maior quanto maior for a intensidade do sistema de mobilização adoptado.

DOUGLAS e GOSS (1982) encontraram, no caso de um solo previamente sujeito a pastagem permanente, que a estabilidade da camada superficial declinou depois de sementeira directa mas menos que na lavoura. Resultados idênticos foram relatados por TOMLINSON (1974) e BOONE *et al.* (1976) (estes últimos citados por WATTS *et al.* (1996b). Estes resultados podem encontrar explicação no facto da influência da intensidade de mobilização do solo na estabilidade ter sido condicionada pela circunstância da sementeira directa ter resultado numa acumulação de matéria orgânica estabilizadora perto da superfície (POWLSON e JENKINSON, 1980) e por uma maior mineralização nos solos perturbados (RUSSELL, 1973).

Conclui-se que a estabilidade da agregação parece ter uma correlação positiva com a quantidade de matéria orgânica do solo, e que o tamanho dos agregados influencia a emergência das plantas, sendo por sua vez condicionado pelo tipo de alfaia utilizada para mobilizar o solo.

Com a sementeira directa o processo de agregação é contínuo no tempo, ao contrário do que sucede com mobilização convencional onde este processo é interrompido anualmente.

A sementeira directa parece também favorecer a macroagregação, o que promove o aumento da protecção física da matéria orgânica.

A manutenção, na sementeira directa, da rede de hifas dos fungos que envolvem os agregados do solo, constitui outro mecanismo pelo qual a sementeira directa aumenta a estabilidade dos agregados.

## 2.2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A ÁGUA DO SOLO

É sabido que o teor de água no solo desempenha um papel importante no efeito provocado pela mobilização do solo sobre a sua estrutura. Os solos são geralmente mais friáveis quando mobilizados no limite de plasticidade ou ligeiramente abaixo. Com o aumento do teor de água a friabilidade diminui, passando a ocorrer a deformação. A dispersibilidade da argila aumenta com o teor de água durante a mobilização, uma vez excedido um mínimo crítico (KAY, 1990). O processo repetido de humedecimento e secagem aumenta a variabilidade das forças de coesão e da porosidade do solo, cria zonas de falhas e conduz a uma progressiva diminuição da coesão (DEXTER *et al.*, 1984) e do tamanho (SHIEL *et al.*, 1988) dos agregados. Os agregados maiores possuem um maior número de zonas de falhas com pouca coesão e por isso são mais susceptíveis a alterações estruturais induzidas pelo humedecimento e secagem.

A água é tipicamente um dos factores mais limitantes para a produção de sequeiro nas regiões semi-áridas. No clima mediterrânico, onde a precipitação anual é bastante variável, e a sua distribuição é irregular ao longo do ano, o armazenamento de água no solo é da maior importância para a estabilização das produções.

As produções obtidas na região mediterrânica são, normalmente, baixas e bastante variáveis devido à elevada variabilidade sazonal da precipitação, com 85% da precipitação anual a ocorrer durante os meses de Outubro a Abril. Contudo a maior quantidade ocorre durante o Outono e o Inverno, surgindo, assim, um défice hídrico na Primavera, que provoca no trigo de sequeiro um stress moderado durante a antese cuja severidade aumenta durante o enchimento do grão. Esta variação da precipitação é responsável por 75% da variação da produção de trigo (KUN, 1988, citado por OZPINAR, 2006).

Os sistemas de sementeira directa, quando comparados com sistemas de mobilização convencional, reduzem a degradação estrutural, mostrando, geralmente, após vários anos de prática maior infiltração (MCGARRY *et al.*, 2000).

GIRÁLDEZ e GONZÁLEZ (1994) verificaram que em solos argilosos de baixa permeabilidade, a sementeira directa permitiu que as fendas superficiais permanecessem abertas até às primeiras chuvas outonais, aumentando deste modo a taxa de infiltração da água.

Os resíduos das culturas reduzem o escoamento superficial e a erosão, preservando a estrutura da superfície do solo e providenciando uma barreira física contra as forças erosivas, resultando, assim, num aumento da infiltração da água.

O efeito da sementeira directa na infiltração da água no perfil do solo é mais evidente em solos argilosos, como parece demonstrar um ensaio de 4 anos, realizado no sudeste da Austrália (Victoria), onde a sementeira directa em geral, principalmente com retenção da palha, ofereceu grandes e consistentes aumentos da água armazenada nos solos de textura pesada (solos argilosos), numa região de 420 mm de precipitação. Nos solos mais leves (solos limo-arenosos) e um regime pluviométrico inferior (343 mm) a vantagem, quer da sementeira directa quer da retenção da palha à superfície, no armazenamento de água no solo foi menos evidente (O'LEARY e CONNOR, 1997). Segundo os mesmos autores a eficácia da cobertura do solo com palha depende da interacção entre não só a capacidade de armazenamento de água do solo, do tempo, e das condições em que se encontra a superfície do solo. O'LEARY e CONNOR (1997) referem (citando vários autores) valores entre 1 000 e 7 000 kg.ha<sup>-1</sup> como a quantidade mínima de palha para se conseguir uma resposta benéfica.

O teor de água no solo e o azoto são, possivelmente, os factores que mais fortemente influenciam a produção, em particular no caso dos cereais. O primeiro destes factores, depende da precipitação e da sua distribuição durante a época de crescimento da cultura, mas também está condicionado pela capacidade que o sistema tem para a conservar. PAPENDICK e MILLER (1977) relatam que a produção de trigo revelou potencial de crescimento de 20% através da conservação adicional de 20 mm de água, numa zona com a precipitação de 250 mm.

O impacto de vários sistemas de mobilização do solo, na conservação da humidade nos 5 cm superficiais, foi objecto de um estudo de KARLEN *et al.* (1994) onde, após 12 anos de ensaios, constaram que o solo no caso da sementeira directa possuía uma humidade gravimétrica mais elevada quando comparada com a obtida nos sistemas de mobilização que utilizavam o chisel ou a lavoura.

A maior capacidade de armazenamento de água nos sistemas de mobilização de conservação pode ser atribuída ao aumento da infiltração, à redução da evaporação e a mudanças na distribuição do tamanho dos poros (GANTZER e BLAKE, 1978; DAO, 1993).

A cobertura do solo com resíduos (condição indispensável num sistema de mobilização de conservação) não só protege a superfície do solo da erosão e aumenta o armazenamento de água no solo, minimizando a formação de crosta e elevando a infiltração, como também reduz directamente a evaporação (RUSSELL, 1939; GREB *et al.*, 1967; SMIKA, 1983; FISCHER, 1987).

Vários factores contribuem para a conservação da água no perfil do solo sob sementeira directa. Os resíduos da cultura à superfície são um desses factores,

contribuindo para a conservação da água através de múltiplos efeitos no balanço hídrico. Reduzem a evaporação ao moderarem a temperatura do solo (devido ao ensombramento da superfície do solo) e ao aumentarem a resistência à passagem do vapor de água do solo para a atmosfera. O efeito dos resíduos na diminuição da evaporação só é, no entanto, significativo em regiões de chuva frequente ou em regadio.

No que respeita ao teor de água no solo o sistema de sementeira directa com a retenção de resíduos à superfície tem um potencial considerável para pode aumentar a eficiência de utilização da água e estabilizar as produções nas regiões semi-áridas. A cobertura do solo com resíduos constitui uma prática agronómica com potencial para aliviar o stress hídrico, quer através da redução da evaporação quer através do aumento da infiltração, oferecendo, assim, algumas vantagens em relação aos sistemas convencionais de mobilização. A prática agronómica antiga envolve a utilização da charrua como mobilização primária, seguida de várias mobilizações secundárias superficiais, com o objectivo de controlar a infestação. Estas operações de mobilização do solo, necessárias à remoção das infestantes, provocam uma maior evaporação à superfície do solo.

Segundo GODWIN (1990) durante períodos prolongados de tempo seco, uma fina camada de solo solto, por uma mobilização do solo que quebre a continuidade dos poros, restringe melhor a evaporação do que a cobertura do solo com resíduos das culturas anteriores.

LYLES e WOODRUFF (1962) concluíram que a humidade do solo à data da mobilização influenciava o tamanho dos agregados produzidos e, ainda, que os agregados formados com baixo teor de água no solo tinham três ou quatro vezes mais resistência ao esmagamento, que aqueles formados com teores mais elevados.

O conteúdo de água do solo constitui um aspecto importante na influência que é exercida pela mobilização do solo na estrutura dos agregados e nas condições da superfície do solo. A sua influência, na macroestrutura resultante da mobilização do solo, encontra-se bem descrita em LYLES e WOODRUFF (1962), OJENIYI e DEXTER (1979) e WATTS e DEXTER (1994).

Vários autores efectuaram revisões sobre os efeitos dos sistemas de mobilização do solo nas características físicas, químicas e biológicas do solo, bem como no desenvolvimento das culturas e nas suas produções (McCALLA e ARMY, 1961; UNGER e McCALLA, 1980; UNGER e STEWART, 1983; LAL, 1989; GODWIN, 1990; BLEVINS e FRYE, 1993; CANNELL e HAWES, 1994). Estes efeitos foram estudados em vários solos e condições climáticas. A conclusão geral é a de que nenhum sistema de

mobilização do solo é apropriado para todas as situações. Os sistemas de mobilização de conservação (incluindo a sementeira directa) quase sempre aumentam o armazenamento de água no solo, aumentando a infiltração e reduzindo a evaporação. Como regra geral, a mobilização de conservação tem melhores prestações em solos bem a moderadamente bem drenados nos climas áridos a semi-áridos. Por outro lado, nas regiões húmidas e sub-húmidas em solos mal drenados estes sistemas de mobilização não se revelam atraentes. Em solos com tendência para a compactação severa, para a formação de crosta e com fraca capacidade de infiltração, é necessária a utilização de alguma forma de mobilização do solo, de modo a facilitar o desenvolvimento das raízes e da cultura (LAL, 1989).

A sementeira directa e a cobertura do solo com resíduos favorecem a infiltração e a redução da evaporação, contribuindo assim para potenciar o armazenamento de água no solo. Contudo, nas condições da agricultura mediterrânica de sequeiro, a grande influência da mobilização do solo faz-se sentir principalmente na infiltração da água no perfil do solo e de forma menos evidente na evaporação. Mais raramente o efeito da mobilização se faz sentir na retenção de água no solo ou na drenagem profunda.

### **2.3. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO**

A resistência à penetração tem em si mesmo pouco valor, no entanto ela correlaciona-se com vários outros aspectos que possuem uma importância agronómica prática directa, como por exemplo, a força de tracção necessária ao desempenho das alfaias agrícolas (e assim, a energia requerida), a traficabilidade dos veículos e o crescimento (ou taxa de alongamento) das raízes das plantas.

As medições de resistência à penetração feita com penetrómetro de cone podem ser úteis para determinar os valores de coesão do solo. No entanto, a circunstância da resistência à penetração poder variar significativamente com o teor de água no solo, implica que medições feitas em tempos diferentes, onde é expectável uma variação da densidade aparente e/ou da humidade do solo, não possam ser comparadas de ânimo leve. BUSSCHER *et al.* (1997) afirmam que a variação do teor de água no solo pode mascarar o efeito de tratamentos na coesão do solo, quando esta é avaliada através da resistência à penetração.

A resistência à penetração com penetrómetro de cone é, assim, um indicador variável da coesão do solo, pelo que são normalmente necessárias várias leituras para caracterizar a resistência à penetração, quer espacialmente que temporalmente.

No penetrómetro de cone a resistência à penetração é definida como sendo a força necessária à penetração, dividida pela área do cone. A velocidade de penetração durante a medição pode ter impacto no valor final. Se a velocidade de penetração muda com uma aceleração, então a força de resistência oferecida pelo solo aumentará e vice-versa. Assim, a Sociedade Americana de Engenharia Agrícola e Biológica (ASAE, 1998) recomenda uma velocidade constante de  $3 \text{ cm.s}^{-1}$ .

Embora a coesão do solo medida, como resistência à penetração seja habitualmente correlacionada com a penetrabilidade das raízes, não é fácil fazer essa associação, devido à capacidade que estas têm, por um lado de produzir exudados que interagem com a agregação e, por outro, de seguirem o caminho de menor resistência (SOANE e PIDGEON, 1975). De facto, o estudo da interacção entre o crescimento das raízes e a coesão do solo ou impedância mecânica não pode ignorar duas abordagens comportamentais: (i) os órgãos das plantas (raízes) expandem-se na porosidade existente no solo; ou (ii) os mesmos órgãos criam o seu próprio espaço deformando o solo

Deste modo, a medição da resistência à penetração determinada com penetrómetro de cone é uma medida empírica da coesão do solo, amplamente utilizada como forma de avaliar os efeitos de compactação ou de desprendimento causados no solo pelas alfaias de mobilização. O penetrómetro de cone pode também ser usado na determinação do crescimento e penetração das raízes. Quanto mais elevado for o valor maior é a quantidade de energia que a raiz necessita despender para alargar os poros do solo. GERARD *et al.*, 1982) mostraram que aumentos da resistência à penetração conduziram a um decréscimo do crescimento e alongamento das raízes. No entanto, esta medição apresenta sempre a limitação de o penetrómetro não ser capaz de seleccionar o percurso com menor resistência. Assim, o penetrómetro será muito útil para avaliar a resistência à penetração em sistemas com mobilização do solo, uma vez que as alfaias tendem a tornar o solo mais isotrópico. No entanto, em sistemas de sementeira directa, caracterizados por uma grande variação espacial das propriedades do solo, o penetrómetro será de interesse limitado.

O nível a partir do qual a coesão do solo impede o alongamento das raízes varia com a espécie, Diferentes autores apresentam diferentes valores, mas normalmente situam-se entre 2000 e 3000 kPa (ATWELL, 1993). LETEY, 1985) reporta um valor limite mais baixo (1800 kPa). Segundo KRZIC *et al.*, 2000) 2500 kPa é o valor

considerado limitante para o crescimento radicular. KHALILIAN *et al.* (1991), citados por BAYHAN *et al.* (2002) referem que, valores de resistência à penetração superiores a 1000 kPa, causaram reduções nas produções obtidas.

É difícil quantificar as alterações provocadas pela mobilização devido à sua variabilidade temporal e espacial. EHLERS *et al.* (1983) relatam um decréscimo da coesão média da superfície do solo de 0,27 kPa no momento da mobilização, para 0,15 kPa duas semanas após e 0,75 kPa um mês depois, que coincidiu com o aumento do teor de água de 0,042 para 0,081 Mg.m<sup>-3</sup> e, subsequente, diminuição para 0,036 Mg.m<sup>-3</sup>. Também DOUGLAS (1986) reporta o aumento da coesão do solo com o aumento da densidade aparente e a redução do potencial hídrico.

Segundo EHLERS *et al.* (1983) a coesão do solo ou impedância mecânica influencia o crescimento das raízes da cultura e subsequentemente a produção. Este parâmetro físico do solo, entre outros, é normalmente alterado pela mobilização do solo (ou falta dela), mas a magnitude dessa mudança varia com os diferentes solos e condições agro-ambientais.

Depois de analisar o impacto de quatro sistemas de mobilização do solo (lavoura, chisel, mobilização em faixas e sementeira directa) e subsequente tráfico de campo, BAUDER *et al.* (1985) verificaram que o sistema de mobilização do solo e o subsequente tráfico tiveram um efeito significativo na densidade aparente e na resistência à penetração até aos 22 cm de profundidade.

Um estudo realizado onde se efectuaram medições com penetrómetro de cone em solos sujeitos a sementeira directa, mobilização convencional e reduzida, indica que muita da variabilidade encontrada nas condições de campo é causada pelas mobilizações do solo e pelo subsequente tráfico (GRUBER e TEBRUGGE, 1990). Estes autores relatam, ainda, que os valores mais elevados para a pressão exercida sobre o solo foram obtidos nos sistemas de mobilização convencional, verificando que a susceptibilidade do subsolo à compactação foi muito menor, para os sistemas de mobilização reduzida.

No período imediatamente a seguir à mobilização do solo são geralmente medidas menores coesões (resistência à penetração) do que na sementeira directa, uma vez que a mobilização desagrega o solo. Este facto pode por vezes constituir um incentivo à utilização da mobilização do solo nos agricultores que possuam solos já degradados. Contudo, este efeito é efémero já que o terreno tende a assentar com a precipitação que

ocorre depois, sendo este fenómeno tanto mais evidente quanto mais instável for a estrutura do solo (HERMAWAN e CAMERON, 1993). Outro estudo (MANOR *et al.*, 1991) relata que a lavoura relativamente ao chisel solta mais o solo, no entanto, processos naturais que entretanto ocorrem e a mobilização secundária para a preparação da cama da semente provocam no solo, após a sementeira, uma recompactação que conduz à mesma densidade que existia anteriormente.

HILL (1990) encontrou na camada superficial de 16 cm uma resistência à penetração 2 a 5 vezes superior na sementeira directa quando comparada com a lavoura. Esta diferença torna-se menor com solo seco apesar das diferenças absolutas dos valores aumentarem. Relatos de resistência à penetração com mobilização de conservação iguais ou inferiores aos verificados com mobilização convencional (MIELKE *et al.*, 1984; PACKER *et al.*, 1984; SIMMONS e CASSEL, 1989; HERMAWAN e CAMERON, 1993) envolvem habitualmente solos estruturalmente instáveis nos quais a mobilização aumenta a dispersão, desagregação e assentamento depois da ocorrência de uma forte precipitação.

De facto, é habitual em estudos de longa duração (BAUDER *et al.*, 1981; HILL e CRUSE, 1985; HAMMEL, 1989; UNGER e JONES, 1998), observar-se que a coesão do solo nas camadas superiores do perfil do solo, é maior nos sistemas de sementeira directa ou mobilização mínima quando comparada com sistemas de mobilização convencional.

Numa rotação de trigo (*Triticum aestivum* L.) – sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – Pousio, UNGER e JONES (1998) verificaram que, na camada superficial, o solo em sementeira directa possuía uma maior resistência à penetração do que no tratamento com mobilização mínima. Alguns estudos (VYN e RAIMBAULT, 1993; UNGER e JONES, 1998) embora encontrassem um aumento da resistência à penetração com a profundidade, verificaram, no entanto, que a influência dos sistemas de mobilização diminuía com a profundidade.

O uso intensivo da maquinaria agrícola e o aumento da potência dos tractores resultaram num aumento da utilização de alfaias pesadas, o que fez surgir alguns problemas, como é o caso da compactação do solo. Esta compactação do solo, medida como um aumento da resistência oferecida pelo solo ao penetrómetro, reduz, necessariamente, a penetrabilidade do solo pelas raízes das plantas, uma vez que, nestas circunstâncias, não existem, normalmente, bioporos que permitam a passagem das raízes.



Do ponto de vista físico, a compactação e compressão de uma dada massa de solo não saturada resulta na diminuição do seu volume e no aumento da densidade aparente. O processo é acompanhado pela redução da fracção gasosa.

De acordo com BRADFORD e GUPTA (1986) a densidade aparente máxima que resulta da aplicação de uma certa quantidade de energia à massa de solo é designada por compactibilidade. Por outro lado HÅKANSSON (1990) utilizou o termo compactidade para designar o estágio final que atinge o solo após a aplicação de uma força externa.

A compactação do solo é sempre prejudicial, embora por vezes algum nível de compactação seja benéfico, nomeadamente para aumentar a área de contacto entre as raízes e as partículas do solo no sentido de permitir o aumento da absorção de água e nutrientes. Isto pode ser alcançado utilizando rodas compactadoras ou rodas de tractor que exerçam pouca pressão no solo. Com o propósito de se poder distinguir a necessidade de compactação, daquela que é verdadeiramente nefasta, GUPTA e ALLMARAS (1987) propõem o termo compactação excessiva.

É consensual que o efeito da mobilização do solo na resistência à penetração possui uma grande variação temporal. De facto, mobilização do solo diminui a coesão do solo num período inicial, mas esse efeito perde-se com o tempo, de forma mais acentuada após a ocorrência de precipitação e, dependendo da rapidez deste fenómeno, da estabilidade estrutural do solo. A sementeira directa oferece, normalmente, uma maior resistência na camada superficial, relativamente aos sistemas com mobilização do solo. No entanto, com a profundidade este efeito diminui, chegando em muitos casos a não existir. Contudo, em sistemas de sementeira directa é frequente não existir uma relação directa entre a resistência à penetração e o crescimento das raízes, devido à porosidade contínua no solo, cujo traçado não consegue ser acompanhado pelo penetrómetro.

## **2.4. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**

A matéria orgânica do solo é constituída por resíduos de plantas e de animais em diferentes graus de decomposição, produtos excretados pelos organismos vivos, produtos de síntese originados à custa dos anteriores, incluindo ainda microrganismos vivos que não são possíveis de distinguir e separar da matéria orgânica morta (COSTA (1985). Deste modo, podemos dizer que a matéria orgânica do solo é composta por

biomassa viva e materiais em diferentes estados de decomposição e diferentes graus de associação com matérias minerais.

Os solos possuem um papel chave no balanço global do carbono, contendo 3,5% das reservas da Terra, comparando com 1,7% existente na atmosfera, 8,9% nos combustíveis fósseis, 1,0% no biota e 84,9% nos oceanos (LAL *et al.*, 1995).

Há muito que é reconhecido que a matéria orgânica é um componente importante dos solos e que a manutenção, ou a melhoria, da “saúde” dos solos implica a manutenção, ou o aumento, dos seus teores em matéria orgânica. LOVELAND e WEBB (2003) referem que o valor crítico de concentração da matéria orgânica do solo, abaixo do qual podem potencialmente ocorrer sérios riscos de declínio da qualidade do solo, é de 3,4% (equivalente a cerca de 2% de carbono orgânico).

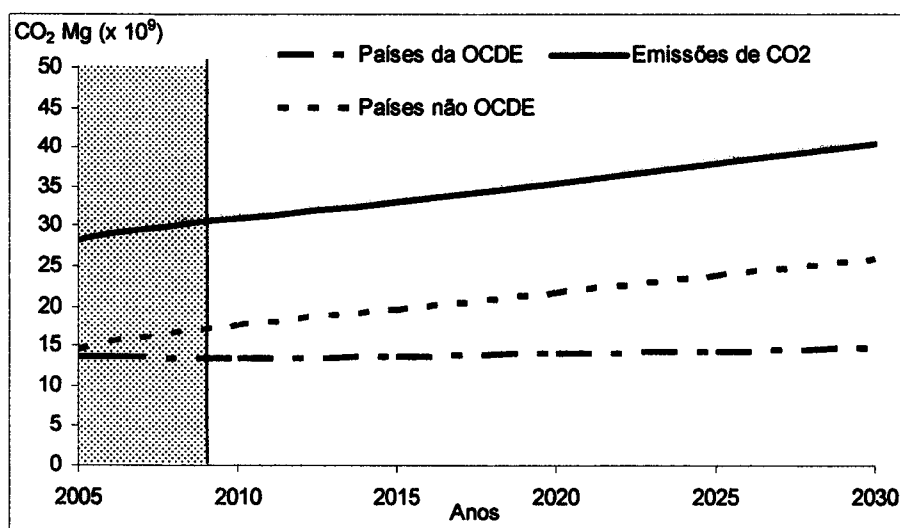
Os gases com efeito de estufa aprisionam a radiação infra-vermelha, aumentando a capacidade da atmosfera para absorver calor. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) são os “gases de estufa” mais importantes daqueles que estão relacionados com a actividade humana. O dióxido de carbono é um produto da respiração e da combustão de combustíveis fósseis, enquanto que as perdas de óxido nitroso resultam da aplicação de fertilizantes azotados e de estrume.

Segundo EIA (2009) as emissões de carbono relacionadas com o consumo de energia de origem fóssil crescerão previsivelmente 44% entre 2005 e 2030. Com economias em franco crescimento e profundamente assentes nos combustíveis fósseis, os países não-OCDE em desenvolvimento, cujas emissões de CO<sub>2</sub> em 2005 excediam em cerca de 7% as emissões dos países OCDE, passarão a emitir, segundo a previsão de EIA (2009) mais 77% que estes países (figura II.2.1).

Esta mudança global do clima resultante do efeito de estufa provocado pela emissão crescente de gases como o dióxido de carbono, trouxe para a ribalta a importância da matéria orgânica do solo, não só porque o aumento desta melhora a fertilidade do solo, mas por causa do seu impacto no balanço global do carbono, através do sequestro do carbono atmosférico no solo.

O impacto que a mobilização do solo exerce no sequestro do carbono é um aspecto importante a ter em consideração, quando pensamos à escala global. HALVORSON *et al.* (2002), no Dakota do Norte, estimaram que com um sistema de sementeira directa eram sequestrados 233 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de carbono orgânico, comparando com 25 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> obtidos com a mobilização reduzida e com a perda de 141 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> com a mobilização convencional.

Estudos nas planícies canadianas mostraram que a sementeira directa, combinada com práticas agronómicas adequadas (fertilização, cobertura do solo), aumentou o nível de carbono orgânico do solo. Este sistema conseguiu sequestrar mais de  $300 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  em clima semi-árido e de  $800 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  em clima sub-húmido, relativamente aos outros sistemas de mobilização do solo.



**Figura II.2.1** Previsão das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> relacionadas com o consumo de energia de origem fóssil (Mg) (x 10<sup>9</sup>) (adaptado de EIA (2009))

A mineralização da matéria orgânica do solo liberta nutrientes para o solo, que por sua vez podem tornar-se disponíveis para a absorção das plantas, converterem-se em formas inacessíveis para as mesmas plantas, perdidos para a atmosfera, lavados e erodidos. As taxas destes processos dependem das condições climáticas e da natureza individual de cada nutriente. À medida que a matéria orgânica do solo sofre depleção a fertilidade química e física do solo vão-se perdendo, trazendo como consequência inevitável o aumento dos custos de produção e, com frequência, a redução da produtividade.

Assim, o aumento de quantidade de matéria orgânica do solo está associado à melhoria da sua qualidade, expressando-se através da melhoria da nutrição vegetal, de uma maior facilidade de mobilizar o solo e de preparar a cama da semente, do aumento da estabilidade dos agregados, da melhoria da capacidade do solo ceder água a valores de sucção inferiores e do aumento da porosidade do solo.

É sabido que o teor de matéria orgânica do solo é tipicamente baixo na agricultura de sequeiro na região mediterrânica (LÓPEZ-BELLIDO *et al.*, 1997), o que se reflecte na

nutrição vegetal. De facto, em climas de temperatura média anual elevada, a maior taxa de mineralização da matéria orgânica constitui um problema (JENKINSON e AYANABA, 1977). Também, ALVES (1961), referindo-se às condições do sul de Portugal, concluiu no mesmo sentido, isto é, da dificuldade em manter teores aceitáveis de matéria orgânica no solo.

A reduzida eficiência da adubação azotada em cereais, frequente nos anos em que os Invernos são húmidos e motivada pela incapacidade de nesses anos se fazer a aplicação oportuna desse nutriente, é segundo CARVALHO *et al.* (1996) uma consequência dos baixos teores de matéria orgânica do solos, que regra geral se observam nos solos portugueses. Esta relação entre a eficiência da adubação e o teor de matéria orgânica do solo é evidente num ensaio de adubação azotada em trigo mole (*Triticum aestivum* L.) realizado durante quatro anos onde CARVALHO *et al.* (2005) avaliaram a eficiência da adubação azotada em função diferentes níveis de matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm do solo. Utilizando a equação que estes autores encontraram, em que a produção de grão de trigo é uma função da adubação azotada e do teor do solo em matéria orgânica (camada de 0 a 10 cm), podemos traçar o gráfico da figura II.2.2.

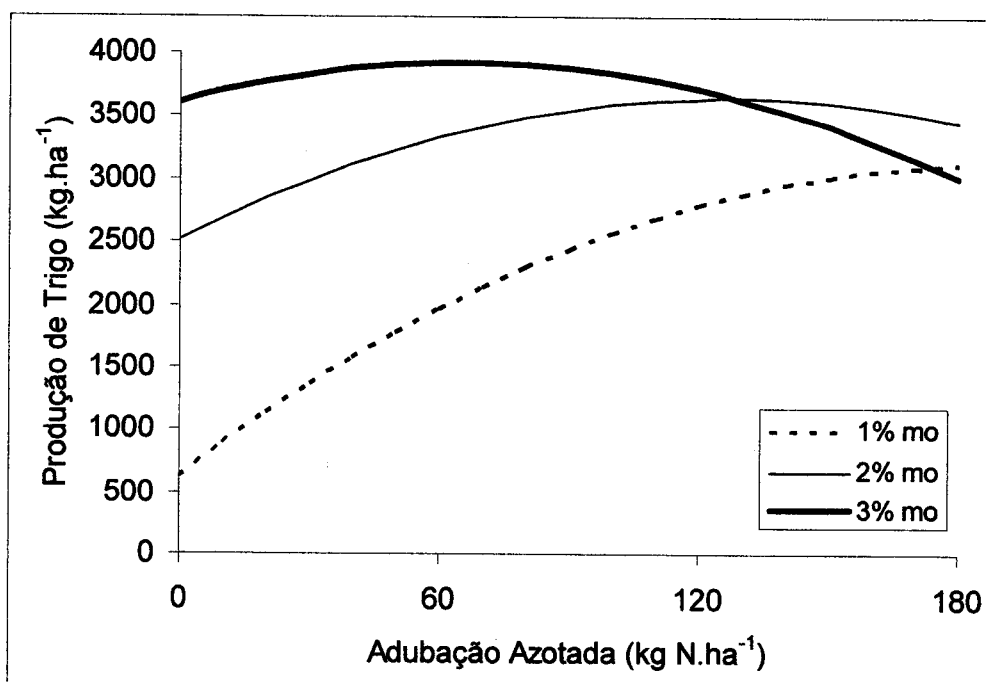


Figura II.2.2 Resposta do trigo mole (kg.ha<sup>-1</sup>) ao azoto (kg.ha<sup>-1</sup>) em função do teor do solo em matéria orgânica (%) na camada de 0 a 10 cm (Fonte: CARVALHO *et al.*, 2005)

Para além dos factores climáticos e pedológicos a forma como instalamos e gerimos agronomicamente uma cultura constitui também um factor que influencia o nível de matéria orgânica no solo (PARTON *et al.*, 1987). A mobilização intensiva do solo e a remoção dos resíduos das culturas causam o declínio da matéria orgânica do solo.

As mobilizações do solo, sobretudo, a mobilização convencional utilizada para o controlo de infestantes e para a preparação da cama da semente, são o principal agente produtor de distúrbio do solo e, conseqüentemente, da modificação da estrutura do solo, aumentando a perda potencial de matéria orgânica através da erosão e do aumento da decomposição biológica. Esta última, despoletada pela mobilização do solo, é, quantitativamente, tida como a primeira fonte de perda de matéria orgânica (RASMUSSEN *et al.*, 1998). Também BALESSENT *et al.* (2000) relatam que a prática da mobilização convencional, ao envolver um reviramento do solo, conduziu a um decréscimo do carbono orgânico do solo.

Os sistemas de mobilização intensiva destroem os agregados do solo, promovendo deste modo a perda de carbono orgânico ao tornarem o solo mais susceptível à oxidação e à erosão. Este facto é confirmado em vários trabalhos como o de (RASMUSSEN e COLLINS, 1991), onde se constata que a mobilização convencional com o recurso à charrua aumenta as perdas de matéria orgânica do solo. Também RHOTON (2000), durante os primeiros 4 anos de lavoura registou uma perda de 10% da matéria orgânica inicial, ou ainda GREGORICH *et al.* (1998) que encontraram perdas (por mineralização) de 20% a 30% do carbono orgânico, na maioria dos solos submetidos a uma agricultura arável.

Em condições semi-áridas a adopção da mobilização de conservação pode, através do aumento da quantidade de resíduos, contribuir para favorecer a acumulação de matéria orgânica. CARVALHO e BASCH (1995), num ensaio de 6 anos relatam um aumento da matéria orgânica na sementeira directa, podendo este aumento ser proporcional à quantidade de resíduos deixados no terreno (CARVALHO *et al.*, 2002). Segundo LAL (1993) a mobilização de conservação aumenta a concentração do carbono orgânico do solo conduzindo a uma melhoria da qualidade e da resiliência do solo.

Vários estudos permitem afirmar que a mobilização reduzida retém uma grande quantidade de matéria orgânica no solo. Segundo BLEVINS *et al.* (1983) a mudança da mobilização convencional para a sementeira directa aumenta a actividade microbiana no solo até se alcançar um nível estável e elevado de matéria orgânica. BLEVINS *et al.* (1983), num ensaio de mobilização do solo realizado durante um período de 10 anos

com a cultura do milho (*Zea mays* L.), verificaram que, na camada superficial de 0 a 5 cm, os valores obtidos na sementeira directa para o carbono orgânico e para o azoto foram aproximadamente o dobro, daqueles que foram obtidos com a mobilização convencional.

Segundo PINHEIRO *et al.* (2004), a sementeira directa registou na camada de 0 a 5 cm, uma concentração de carbono orgânico superior à da mobilização convencional,  $19 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $11 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente. No entanto a camada de 5 a 10 cm não registou diferenças significativas tendo a média observada sido de  $13 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Por exemplo, LAL (1985), num estudo de 6 anos onde culturas sucessivas de milho (*Zea mays* L.) foram submetidas a dois sistemas de mobilização do solo (sementeira directa e lavoura mais grade), constatou que o teor de matéria orgânica do solo na camada de 0 a 10 cm tinha aumentado 7% na sementeira directa, enquanto que no caso da lavoura se tinha verificado um decréscimo de 72%.

CAMBARDELLA e ELLIOT (1992), verificaram que ao fim de 20 anos, a rotação trigo - pousio sob sementeira directa apresentava mais  $6,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de carbono orgânico do que o sistema baseado na lavoura.

OLSON *et al.* (2005), após 12 anos de ensaios, verificaram que a camada superficial de 0 a 15 cm dos talhões de lavoura possuíam níveis de carbono orgânico significativamente inferiores aos níveis registados para os talhões de sementeira directa e de chisel. Após os 12 anos do estudo com uma rotação de milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.), o tratamento de sementeira directa registou  $47,0 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de carbono orgânico no solo, enquanto que os tratamentos com chisel e lavoura registaram ( $43,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$  e  $37,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$ , respectivamente).

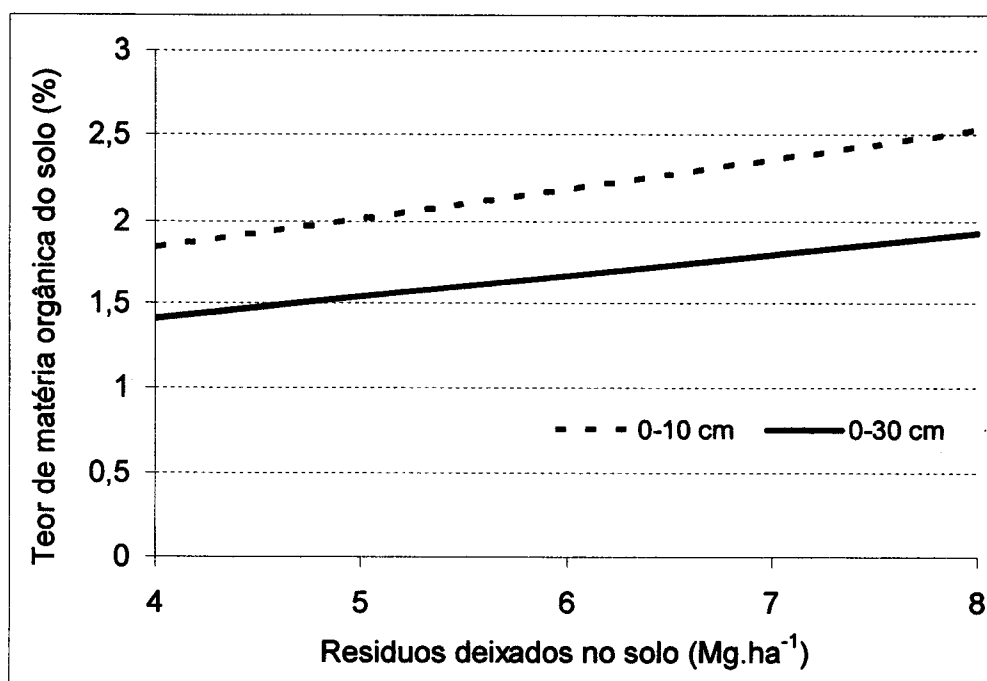
MRABET *et al.* (2001), num estudo de 11 anos envolvendo cinco rotações (trigo (*Triticum* ssp.) - pousio, trigo - forragem - pousio, trigo - milho (*Zea mays* L.) - pousio, trigo - lentilha (*Lens culinaris* Medik.) - pousio e trigo em monocultura), observaram, na camada superficial de 0 a 20 cm, um aumento de 13,6% do carbono orgânico nos solos sujeitos a sementeira directa, enquanto que nos solos com mobilização convencional, este indicador da qualidade do solo não foi significativamente alterado.

BAYER *et al.* (2002), ao fim de 9 anos comparando sementeira directa com mobilização convencional verificaram que, para uma profundidade de 0 a 17,5 cm, a quantidade de carbono do solo com sementeira directa excedia em 25% ( $7,55 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) os valores encontrados para o solo com mobilização convencional.

CARTER (1992b), verificou que ao fim de 5 anos o nível de carbono orgânico do solo na camada superficial (0 a 5 cm) tinha aumentado em 10 a 17% com a sementeira directa e com a mobilização reduzida, relativamente à mobilização convencional com lavoura.

GERMON e TAUREAU (1991), citados por LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (1997), mostraram que, apenas ao fim de 4 anos e nos centímetros superficiais do solo com sementeira directa, o teor de azoto orgânico do solo aumentou, por comparação com o solo com mobilização convencional.

CARVALHO *et al.* (2002), num ensaio realizado nas condições do sequeiro Alentejano com a rotação girassol (*Helianthus annuus* L.) – trigo (*Triticum aestivum* L.) – forragem – triticales (*X Triticosecale* Wittmack)) (sendo o girassol posteriormente substituído pela tremocilha (*Lupinus luteus* L.)), onde todas culturas foram instaladas em sementeira directa, e sendo deixado no terreno todas as palhas das culturas para grão, conseguiram, apenas ao fim de três anos, obter aumentos significativos do teor de matéria orgânica na camada de 0 a 30 cm de um solo que tinha à partida 0,96% (figura II.2.3). Estes autores concluem que o nível baixo de matéria orgânica nos solos agrícolas em Portugal, não é uma consequência inevitável do clima Mediterrânico, mas resultado de sistemas de mobilização demasiado intensivos e de sistemas culturais em que poucos ou nenhuns resíduos deixam no solo.



**Figura II.2.3** Teor de matéria orgânica do solo (%), para as camadas de 0 a 10 cm e 0 a 30 cm, em função da quantidade de resíduos aéreos (Mg.ha<sup>-1</sup>) deixados no terreno durante três anos (Fonte: CARVALHO *et al.*, 2002)

Existem, no entanto, trabalhos publicados onde os autores não encontraram influência dos sistemas de mobilização do solo nos níveis de matéria orgânica. Por exemplo, LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (1997), num ensaio com 5 rotações (trigo (*Triticum*

*aestivum* L. - girassol (*Helianthus annuus* L.), trigo - grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), trigo - fava (*Vicia faba* L.), trigo - pousio e trigo em monocultura), onde estudaram o efeito do sistema de mobilização do solo (sementeira directa e mobilização convencional) no teor de matéria orgânica do solo, não observaram, ao fim de 6 anos, qualquer efeito do sistema de mobilização do solo em qualquer das três profundidades analisadas (0 a 30 cm, 30 a 60 cm e 60 a 90 cm). Estes autores referem a necessidade de períodos mais longos para se poderem observar diferenças, uma vez que na sua opinião, em condições de sequeiro nas regiões semi-áridas, a quantidade de resíduos que as culturas deixam no solo é pequena.

A ideia da necessidade de tempo para serem visíveis alterações nos teores de matéria orgânica do solo é partilhada por RASMUSSEN e COLLINS (1991) que afirmam que só podem ser detectadas mudanças apreciáveis na matéria orgânica do solo em ensaios de longa duração (20 a 30 anos),

Embora exista a evidência de que a redução da intensidade da mobilização do solo, em especial a sementeira directa, pode resultar em sequestro do carbono, existem autores que ao considerarem mais camadas de solo para além da camada superficial, não observaram globalmente diferenças. ANGERS *et al.* (1997) mediram, durante 11 anos no oeste do Canadá, as diferenças no carbono orgânico em solos com mobilização sem reviramento (sementeira directa e chisel) e solos com mobilização convencional (lavoura anual) e concluíram que apesar da maioria dos solos com mobilização reduzida terem, relativamente à lavoura, mais carbono orgânico na camada superficial de 0 a 10 cm, este facto era compensado pela menor quantidade de carbono orgânico que se registava nas camadas inferiores.

DUIKER e DOUGLAS (2006) observaram mais matéria orgânica na camada de 0 a 15 cm da sementeira directa e do chisel mais grade do que na da lavoura mais grade. Na sementeira directa o teor de matéria orgânica do solo foi maior nos 5 cm superficiais, mas decaiu drasticamente em profundidade. O teor de matéria orgânica do chisel mais grade não era tão elevado à superfície como no caso da sementeira directa, mas não declinou tão depressa como nesta. Na lavoura mais grade o teor de matéria orgânica era baixo mas uniforme ao longo dos primeiros 15 cm de profundidade.

DOLAN *et al.* (2006), analisando amostras de solo de um campo experimental com 23 anos, verificaram que a camada de 0 a 10 cm do solo com sementeira directa tinha uma quantidade de carbono orgânico 30% superior aos valores registados para a lavoura e para o chisel. O padrão foi inverso à profundidade de 20 a 25 cm, onde foi encontrado significativamente mais carbono orgânico no tratamento com lavoura (26 Mg.ha<sup>-1</sup>), do que no tratamento com sementeira directa (13 Mg.ha<sup>-1</sup>), facto que poderá possivelmente ser atribuído ao enterramento dos resíduos pela inversão da



leiva. O carbono orgânico observado até à profundidade de 50 cm não variou significativamente entre sistemas de mobilização do solo.

Mesmo para a camada superficial, parece haver uma diminuição em profundidade do benefício da sementeira directa. ZIBILSKÉ *et al.* (2002) verificaram para as camadas de 0 a 4 cm e de 4 a 8 cm que a sementeira directa conduziu a uma significativamente maior quantidade de carbono orgânico do que a mobilização convencional. As concentrações registadas na sementeira directa foram, relativamente à mobilização convencional, maiores em 58% e 15% nas camadas de 0 a 4 cm e de 4 a 8 cm, respectivamente.

SHUKLA e LAL (2004), usando explorações com sementeira directa no Estado do Ohio, encontraram incrementos dos *stocks* de carbono orgânico de 5% por ano para a camada de 0 a 10 cm e de 2,5 por ano para a camada de 10 a 20 cm.

Os resíduos deixados à superfície estão frequentemente sujeitos a flutuações de humidade variando de seco a molhado, estando estas condições extremas em claro contraste com as condições em que se encontram os resíduos enterrados. Segundo BEARE *et al.* (1993), os resíduos enterrados decompõem-se a uma taxa 3 a 4 vezes superior àquela a que se decompõem os resíduos deixados à superfície. Estes dados parecem sugerir que a redução da disponibilidade de oxigénio pode não ser suficiente para baixar a taxa de decomposição e que quanto maior contacto solo-resíduo melhor são as condições de humidade, promovendo deste modo uma aceleração da decomposição.

A redução do contacto solo-resíduo e a variação extrema da humidade e da temperatura à superfície do solo desempenham, seguramente, importantes papéis na redução das taxas de decomposição dos resíduos à superfície. No entanto, existem trabalhos que mostram que a camada superficial do solo com sementeira directa contém mais humidade e é mais fria do que num solo sujeito à lavoura (DORAN *et al.*, 1998).

Alterações no carbono orgânico total verificadas após a mudança do sistema de mobilização do solo, podem ser explicadas, em parte, pelo modo como o carbono se encontra ligado nas diferentes fracções da matéria orgânica (leve e pesada). Estas fracções possuem diferentes taxas de degradação bioquímica e microbiana, bem como diferentes acessibilidades.

A fracção leve da matéria orgânica, definida como a fracção com densidade inferior a  $1,7 \text{ g.cm}^{-3}$  e separada do solo antes da desagregação (GREGORICH e ELLERT, 1993), é quimicamente muito próxima da palha degradada e tem, geralmente, uma taxa

de decomposição muito rápida. A fracção retida da matéria orgânica tem uma densidade inferior a  $1,7 \text{ g.cm}^{-3}$ , mas só é separada após dispersão por ultra-sons. Esta fracção mostra um grau de decomposição mais avançado e um *turnover* mais lento. A fracção pesada, com uma densidade superior a  $1,7 \text{ g.cm}^{-3}$ , é composta principalmente por material altamente decomposto, e com uma taxa de decomposição muito lenta. As mudanças nestas diferentes fracções, especialmente nas fracções de baixa densidade, podem ser mais sensíveis ao impacto causado pela mobilização do solo do que a matéria orgânica total.

A importância da fracção leve da matéria orgânica, incluindo a que se encontra livre bem como aquela que está aprisionada dentro dos agregados, é reconhecida pelo seu papel na formação e na estabilidade da estrutura do solo, especialmente na estabilização dos macroagregados (diâmetro superior a  $250 \mu\text{m}$ ) (MILLER e JASTROW, 1990, citados por TAN *et al.*, 2007).

TAN *et al.* (2007), num trabalho onde estudaram a influência da mobilização do solo na distribuição das fracções leve e pesada da matéria orgânica, verificaram que os solos com sementeira directa preservaram mais 94% da fracção leve do que com mobilização convencional. A massa da fracção leve decresceu com o aumento da profundidade, mas aumentou significativamente com o aumento do tamanho dos agregados. Na sementeira directa a concentração de carbono na fracção leve foi sempre significativamente maior em todas as classes de agregados. As concentrações de carbono na fracção pesada foram de 10 e  $8 \text{ g.kg}^{-1}$  na sementeira directa e na mobilização convencional, respectivamente. No que respeita à quantidade total de carbono orgânico do solo a fracção pesada registou 76% na lavoura e 63% na sementeira directa. Estes dados sugerem a existência de uma maior protecção do carbono da fracção leve pelos agregados do solo. O ganho de carbono orgânico verificado, após a conversão da mobilização convencional para a sementeira directa, é primeiramente atribuído ao aumento da concentração de carbono na fracção leve. Assim, a fracção que aumenta tem um particular significado no que respeita à estabilização dos agregados e à libertação de nutrientes. Assim, é possível que em solos com ocupação cultural antiga e baixo teor em matéria orgânica, a maior parte desta seja de elevada densidade. Nestas circunstâncias, se o sistema cultural deixar poucos resíduos, é natural que a influência do sistema de mobilização do solo na evolução do seu conteúdo em matéria orgânica seja muito pequena, uma vez que a taxa de mineralização da fracção mais evoluída é sempre muito baixa, independentemente do sistema de mobilização.

A sementeira directa, tem um importante impacto no sequestro global do dióxido de carbono, contribuindo, assim, positivamente para a redução do efeito de estufa.

O aumento da matéria orgânica do solo, além de possuir este efeito ambiental, está associado à melhoria da qualidade do solo, de que é exemplo o aumento da eficiência da fertilização azotada, em solos onde ela é baixa em consequência dos baixos teores de matéria orgânica.

Os baixos teores de matéria orgânica, frequentes nas condições mediterrânicas, resultantes de taxas de mineralização elevadas e de mobilizações intensivas do solo, não constituem uma realidade inultrapassável. Práticas culturais, como a sementeira directa, que promovam a redução da taxa de mineralização e que conservem os resíduos das culturas no terreno, conseguem aumentar os níveis de matéria orgânica do solo.

## **2.5. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO**

A mobilização do solo também afecta a concentração e disponibilidade dos nutrientes (ETANA *et al.*, 1999). A resposta da fertilidade química do solo é específica do local e depende do tipo de solo, sistema cultural, clima, aplicação de fertilizantes e restantes práticas culturais.

A alteração da frequência e da intensidade da mobilização do solo afecta as propriedades químicas do solo e a distribuição de nutrientes ao longo do perfil deste.

A distribuição dos nutrientes num solo é influenciada pelo sistema de mobilização do solo que utilizamos. No sistema de sementeira directa a adubação à superfície, com nutrientes imóveis, tende a fazer com que estes se acumulem na camada superficial do solo, nomeadamente na camada de 0 a 5 cm (FOLLETT e PETERSON, 1988). O eventual efeito acidificante dos fertilizantes azotados e fosfatados estará, assim, limitado a uma estreita camada superficial. Na sementeira directa, comparativamente com o solo mobilizado, a densidade de raízes é geralmente maior perto da superfície do solo (THOMAS e FRYE, 1984). Assim, é de supor que uma proporção muito maior de nutrientes sejam absorvidos perto da superfície do solo na sementeira directa do que em solos mobilizados. Por exemplo, MACKAY *et al.* (1987) calcularam que a absorção de fósforo na camada de 0 a 7,5 cm foi de 39% na sementeira directa, comparativamente com os 28% verificados para a mobilização convencional.

### 2.5.1. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E O AZOTO

O destino do azoto no sistema solo-planta depende de uma variedade de factores edáficos, climáticos e agronómicos. Em consequência de uma precipitação sazonal errática e inadequada que caracteriza a agricultura mediterrânica de sequeiro, a produção cerealífera é baixa e variável.

A disponibilidade de água no solo é um factor crucial, ao limitar a expressão do potencial produtivo do trigo e a sua resposta à adubação azotada (GARABET *et al.*, 1998). A quantidade óptima de azoto a aplicar depende da produção esperada que, por sua vez, está condicionada pela humidade que o solo tem durante o ciclo cultural.

LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (1996) mostraram, numa ensaio de longa duração, que em anos secos (precipitação inferior a 450 mm durante o ciclo da cultura) a resposta do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) à fertilização azotada era fraca ou inexistente.

Segundo LOOMIS e CONNOR (1992), citados por CANTERO-MARTÍNEZ *et al.* (2003), quando a água limita fortemente o desempenho da cultura, a deficiência de azoto pode reduzir o crescimento inicial e promover deste modo uma distribuição mais favorável do uso da água pela cultura, entre o período vegetativo e o período reprodutivo. Como resultado desta utilização da água obter-se-iam produções menores mas mais estáveis.

De um modo geral a curto prazo, a mobilização do solo promove o aumento do teor de azoto mineral por via de uma maior mineralização da matéria orgânica. Assim, em condições de semi-aridez e para quantidades limitantes de azoto aplicado, a produção tende, aparentemente, a ser maior com a mobilização do solo em anos húmidos e com a sementeira directa em anos secos.

DOLAN *et al.* (2006) analisando amostras de solo de um campo experimental com 23 anos, verificaram que a camada de 0 a 10 cm do solo com sementeira directa tinha uma quantidade de azoto 30% superior aos valores registados para a lavoura e para o chisel. O padrão foi inverso à profundidade de 20 a 25 cm, onde foram encontrados significativamente mais carbono orgânico e azoto no tratamento com lavoura ( $1,5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) do que no tratamento com sementeira directa ( $1,2 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), facto que pode ser atribuído ao enterramento dos resíduos pela inversão da leiva.

SIKORA *et al.* (1996) referem que 99% do azoto total existente no solo está contido nos diferentes componentes da matéria orgânica do solo. Este facto torna evidente que a maior ou menor disponibilidade de azoto no solo está intimamente correlacionada com o maior ou menor conteúdo dos solos em matéria orgânica.

Por vezes nos sistemas de sementeira directa, quando comparados com sistemas de mobilização convencional, o azoto pode tornar-se menos disponível para a planta devido a uma maior imobilização microbiana concentrada nos resíduos das culturas à superfície e que possuem uma elevada razão C/N. Uma grande razão C/N é frequentemente encontrada nas palhas dos cereais e se estas são deixadas no terreno após a colheita é possível que ocorra imobilização do azoto. Uma maior desnitrificação devido a uma humidade do solo mais elevada pode também contribuir para uma menor disponibilidade de azoto para as plantas no sistema de sementeira directa. Contudo, as perdas de azoto por desnitrificação só são significativas em condições de solos encharcados e deficiente arejamento. É contudo verdade que nem todos os estudos entre sementeira directa e mobilização convencional confirmam a ideia de uma maior perda de azoto por lavagem na sementeira directa. LAMB *et al.* (1985) constataram que as perdas por erosão e por lavagem podiam ser minimizadas substituindo a lavoura pela sementeira directa. De facto, os sistemas de mobilização reduzida ou de conservação podem minimizar a perda de azoto por lavagem, uma vez que a infiltração preferencial devida à presença de caminhos de fluxo preferencial (*preferencial flow pathways*) diminui a lavagem do azoto.

É frequente encontrar na bibliografia referência a ensaios onde, nos anos húmidos, a sementeira directa se mostra menos produtiva, quando comparada com outros sistemas de mobilização. Para este comportamento contribui, em muitas das vezes, as condições ideais de ensaio, possibilitando as adubações de cobertura nos momentos desejados. Contudo, esta é, frequentemente, uma ideia errada, pois é justamente nos anos húmidos, quando o teor de água dos solos não permite o tráfego de máquinas, de forma a se conseguir a realização atempada de mondas ou de adubações de cobertura, que o sistema de sementeira directa tem vantagem.

A mobilização do solo aumenta a disponibilidade de azoto a curto prazo por via do aumento da taxa de mineralização. No entanto, a prática continuada da sementeira directa pode, por via do aumento do teor de matéria orgânica, compensar este fenómeno. Por outro lado, a existência de caminhos de fluxo preferencial nos solos com sementeira directa, favorece a drenagem no perfil através dessas vias, reduzindo as perdas por lavagem, podendo no entanto serem maiores as perdas por desnitrificação.

## **2.5.2. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E O FÓSFORO E O POTÁSSIO**

A mobilização de conservação, que reduza a mistura do solo e deixe os resíduos das culturas à superfície do solo, conduz a uma estratificação dos nutrientes,

verificando-se, nomeadamente no caso do fósforo e do potássio, uma elevada concentração nos centímetros superficiais do solo.

Muitos estudos, como o de OLSON *et al.* (2005), mostram que solos sob sementeira directa exibem uma forte estratificação do fósforo, com uma elevada concentração nos 5 cm superficiais, seguida de um acentuado decréscimo abaixo desta profundidade.

Num estudo sobre os efeitos da mobilização do solo na distribuição do fósforo nas camadas superficiais do solo, SELLES *et al.* (1997) determinaram que existia um aumento significativo da concentração de fósforo nos 4 cm superficiais de um solo sujeito à 5 anos a sementeira directa, afirmando que a maioria deste aumento foi devido à acumulação de formas instáveis de fósforo.

FRANZLUEBBERS e HONS (1996) encontraram na sementeira directa maiores concentrações de fósforo e de potássio na camada de 0 a 5 cm, do que na mobilização com grade-de-discos.

Por outro lado, MATOWO *et al.* (1999) após 10 anos de sorgo para grão (*Sorghum bicolor*) embora também tenham encontrado na mesma camada de 0 a 5 cm uma maior concentração de fósforo na sementeira directa quando comparada com a mobilização com chisel, relativamente à concentração de potássio não observaram qualquer influência do tratamento mobilização.

GUERTAL *et al.* (1991) extraíram uma maior quantidade de fósforo nos 5 cm superficiais na sementeira directa, em contraste com uma distribuição mais uniforme nos solos mobilizados.

DUIKER e DOUGLAS (2006) observaram mais fósforo na camada de 0 a 15 cm na sementeira directa e no sistema de mobilização com chisel e grade, do que no sistema de mobilização que utilizava a charrua e grade. Em todos os sistemas de mobilização do solo, embora de uma forma mais notória na sementeira directa, as concentrações de fósforo e potássio foram maiores na camada de 0 a 5 cm do que nas restantes.

Existem, no entanto, trabalhos onde a camada superficial na sementeira directa não regista as maiores concentrações de potássio. HUSSAIN *et al.* (1999) testando a hipótese de que 8 anos de sementeira directa, chisel e lavoura afectariam as propriedades químicas de um solo erodido, verificaram que ao fim deste período e, na camada de 0 a 5 cm, o chisel tinha sido o tratamento que registava maior quantidade de potássio de troca.

Esta estratificação dos nutrientes pouco móveis (fósforo e potássio) pode, especialmente nos anos secos, dificultar a absorção destes nutrientes, uma vez que a actividade das raízes existentes perto da superfície do solo fica comprometida devido às

condições de secura do solo. Contudo, devido possivelmente à redução da evaporação pelos resíduos das culturas à superfície do solo, esta estratificação dos nutrientes imóveis, não parece ter um impacto negativo no crescimento da cultura e na produção final.

O aumento da concentração de fósforo na camada superficial dos solos em sementeira directa pode contribuir para o aumento da sua solubilidade.

### 2.5.3. OS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO E O pH DO SOLO

A disponibilidade dos nutrientes também é influenciada pela reacção do solo. A mobilização do solo pode afectar o pH do solo, conduzindo deste modo a eventuais diferenças na quantidade de nutriente disponível.

De acordo com NAIL *et al.* (2007) após três a quatro anos de prática de sementeira directa a camada superficial, com uma espessura que pode variar entre 1 a 5 mm, torna-se francamente ácida. A decomposição dos resíduos orgânicos à superfície pode conduzir à lixiviação do solo pelos ácidos orgânicos resultantes explicando, assim, a redução do pH do solo.

Sobre este aspecto os trabalhos publicados, nem sempre são concordantes.

LAL (1985), num estudo de 6 anos onde 12 culturas sucessivas de milho (*Zea mays* L.) foram submetidas a dois sistemas de mobilização do solo (sementeira directa e lavoura mais grade), constatou que embora nos dois sistemas de mobilização se tenha verificado uma redução do pH, a sementeira directa teve um decréscimo de 0,3 unidades enquanto que o pH na lavoura sofreu uma redução 1,7 unidades. Por outro lado, BOIZARD *et al.* (2002) verificaram que a sementeira directa registou um decréscimo do valor do pH em 0,2 unidades, em relação ao valor observado para a mobilização convencional.

Contrariamente, DUIKER e DOUGLAS (2006) observaram que o pH do solo foi mais elevado na camada de 0 a 5 cm da sementeira directa, do que nas camadas mais profundas, sucedendo o inverso no sistema de mobilização com chisel e grade e no sistema de lavoura e grade. Também HUSSAIN *et al.* (1999) verificaram que ao fim oito anos, a sementeira directa apresentava, na camada de 0 a 5 cm, o pH mais elevado, relativamente ao observado para os sistemas de mobilização com chisel ou com lavoura, sendo o sistema de mobilização com chisel aquele em que se registou o valor de pH mais elevado na camada de 5 a 15 cm.

CARVALHO e BASCH (1995) ao fim de 6 anos reportam para a sementeira directa uma diminuição do pH apenas na camada de 0 a 10 cm mas tendo permanecido acima de 7.

### **3. ASPECTOS ECONÓMICOS DOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO**

#### **3.1. A ESCOLHA DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO**

A agricultura arvensa na Europa, e em particular em Portugal, tem sofrido mudanças em resposta à política agrícola da União Europeia. Estas mudanças incluem uma redução da área dedicada à produção agrícola, uma redução dos preços à produção e uma cada vez maior preocupação com a conservação ambiental. Neste quadro, os agricultores são forçados a adoptarem sistemas de mobilização que reduzam o risco de erosão do solo e que possam contribuir para uma redução dos custos de produção de forma a suportarem a queda dos preços.

##### **3.1.1. CRITÉRIOS DE TOMADA DE DECISÃO**

Do ponto de vista económico, os agricultores baseiam a sua tomada de decisão sobre a escolha do tipo de mobilização do solo, comparando os recursos necessários, a produção, os custos e o retorno líquido a curto-prazo de mobilizações alternativas. São também objecto de consideração os efeitos adversos da mobilização na erosão do solo e a produtividade a longo-prazo, que por sua vez influencia o retorno líquido a longo-prazo e a comparação do risco associado às mobilizações alternativas (medindo este risco como a variabilidade dos respectivos retornos líquidos).

O agricultor, como qualquer outro empresário, é fortemente motivado pelo lucro, pelo que o seu comportamento perante o investimento, assim como as suas decisões de gestão, estão intimamente relacionados com a demonstração do respectivo proveito.

Este comportamento é mais notório em épocas em se verifique uma inflação e taxas de juro elevadas, já que o custo de capital tende a ser mais elevado e qualquer benefício económico dos investimentos conducentes às práticas de conservação, surgem lentamente e com algum retardamento.

Embora a maioria dos sistemas alternativos de mobilização de conservação, de que são exemplos a mobilização reduzida e a sementeira directa, poupem mão-de-obra, combustível e maquinaria, relativamente aos sistemas de mobilização convencional,



alguns podem necessitar do aumento de alguns consumos de semente, fertilizante ou herbicida. Quando o valor líquido da redução de custos não for suficiente para compensar o valor de qualquer penalização associada à mobilização de conservação, os agricultores são induzidos a utilizarem a mobilização convencional, pelo menos a curto-prazo. Se a longo-prazo a utilização continuada da mobilização convencional causar suficiente degradação do solo, ao ponto de se reflectir na redução da sua produtividade, atingindo-se o nível para o qual são equivalentes os resultados económicos entre a mobilização convencional e a mobilização de conservação, então alguns sistemas de mobilização de conservação serão, presumivelmente, preferidos.

É frequente encontrar na bibliografia referências ao sistema de sementeira directa, segundo as quais a escolha deste sistema permite, relativamente aos outros sistemas de mobilização do solo, reduzir:

- i) o custo de aquisição com o equipamento,
- ii) as necessidades de potência do tractor;
- iii) o consumo de combustíveis,
- iv) a quantidade de trabalho necessária
- v) os custos variáveis e fixos.

### **3.1.2. O RISCO ASSOCIADO AOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO**

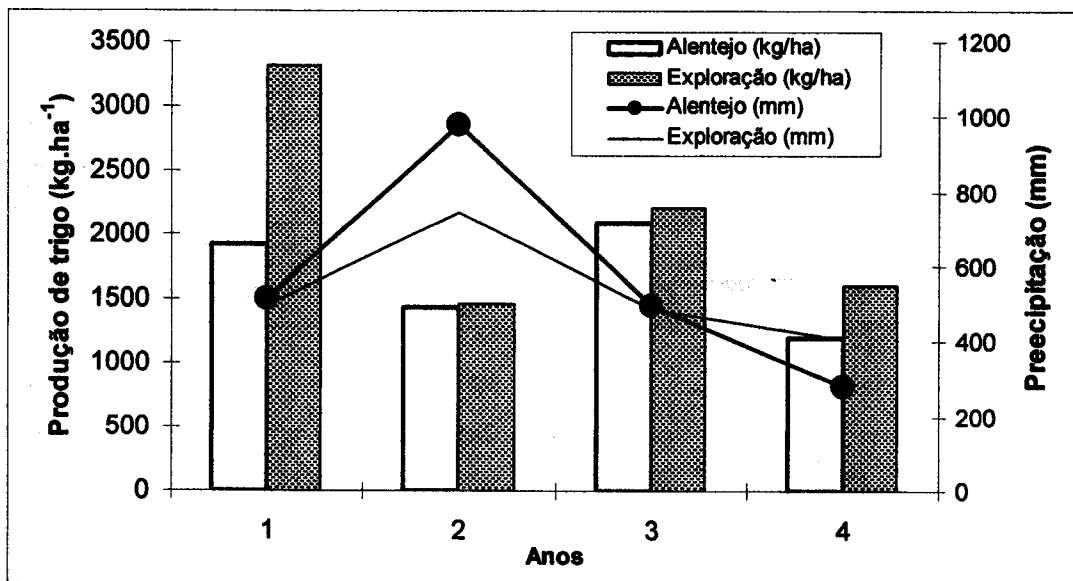
A sementeira directa requer maquinaria capaz de trabalhar satisfatoriamente em condições em que o solo se apresenta coberto por resíduos, mas obriga também o agricultor a possuir a capacidade de ultrapassar a maior exigência técnica deste sistema de mobilização. Os semeadores utilizados na sementeira directa possuem, na sua maioria, discos como órgãos abridores do sulco. Os discos têm a capacidade de cortar os resíduos, o que constitui uma vantagem relativamente à hipótese de abertura com formão. No entanto, encontram-se referências ao facto de, por vezes em solo húmido, quando este não consegue fornecer uma superfície de corte firme, os resultados podem não ser satisfatórios com semeadores de discos, particularmente as soluções com disco simples. No caso dos semeadores de cereais que utilizem o sistema de triplo disco existe referência ao problema de nem sempre conseguirem abrir convenientemente sulcos onde a semente cai, para que seja evitado o contacto da semente com os resíduos, uma vez que estes podem dificultar a germinação da semente. Esta dificuldade resulta do facto de se a semente não ficar bem coberta, o ar poder secar as novas radículas ou, por outro lado, quando as sementes ficam cobertas juntamente com resíduos da superfície podem ser afectadas negativamente por toxinas

produzidas durante a degradação do material celuloso em ambiente anaeróbio. Deste modo, os sistemas de mobilização de conservação tendem a possuir um maior risco associado, derivado sobretudo a serem sistemas tecnicamente mais exigentes, pelo que os agricultores, que são por natureza adversos ao risco, preferem optar muitas vezes pelos sistemas de mobilização do solo mais convencionais, embora podendo apresentar um menor interesse económico.

No entender de ZENTNER *et al.* (1992), quando a mobilização de conservação é praticada, sob a forma de mobilização reduzida ou de sementeira directa, a utilização de sistemas de culturas diversificados pode constituir um processo de aumentar o rendimento da exploração agrícola.

ZENTNER *et al.* (2002), num estudo realizado durante 12 anos (1987 a 1998) nas pradarias canadianas da província de Saskatchewan, sobre os efeitos do tipo de mobilização do solo (convencional, mínima e sementeira directa) e da diversificação de culturas no resultado económico e no risco, verificaram que tanto a margem bruta como a margem líquida foram, de um modo geral, maiores para as rotações que incluíam cereal, oleaginosa e leguminosa, sendo menores para as rotações que apenas continham cereal, tendo as rotações de cereal e oleaginosa valores intermédios. O grau de risco, ou variabilidade do rendimento, foi menor para as rotações mistas. Embora os custos de produção não tenham sido afectados pelo sistema de mobilização, foram os sistemas de mobilização de conservação aqueles que apresentaram um menor grau de risco (variabilidade do rendimento). Apesar de na mobilização reduzida e na sementeira directa os custos com a mão-de-obra, combustíveis, reparações e maquinaria terem sido inferiores aos verificados com a mobilização convencional, acabaram por ser compensados por um aumento dos custos com os herbicidas. No entanto, temos que ter presente que, nos últimos 10 anos, o custo do glifosato diminuiu e o preço dos combustíveis tem aumentado.

Nas condições de clima mediterrânico é grande a variabilidade da quantidade anual de precipitação e da sua distribuição ao longo do ano, constituindo uma das maiores fontes de risco para o agricultor. Valores muito elevados de precipitação anual ou muito baixos são, geralmente, desfavoráveis à obtenção de boas produções de cereais de Inverno, podendo haver, no entanto, alguma compensação se a distribuição ao longo do ano for favorável (figura II.3.1).



**Figura II.3.1** Variação da produção de trigo ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) com a precipitação (mm), valores obtidos para a região Alentejo e para uma exploração em Évora (adaptado de BASCH *et al.*, 1997)

Manda o bom senso que as operações culturais que tenham de ocorrer, bem como os produtos que tenham de ser aplicados, antes que seja possível fazer-se uma estimativa da produção, deverão ser reduzidos ao mínimo. A sementeira directa sendo um sistema de baixos custos, pode contribuir, assim, para minimizar o risco de produção nas condições desfavoráveis do clima mediterrânico (BASCH *et al.*, 1997).

Um outro aspecto associado ao risco relaciona-se com a maior ou menor capacidade de intervir atempadamente para realizar a operações culturais necessárias que, do ponto de vista agronómico, têm o objectivo de não comprometer o potencial produtivo das culturas. Nas condições de sequeiro e no caso dos cereais de Inverno, a maior traficabilidade do sistema de sementeira directa (ponto 1.4.) revela-se, sobretudo nos anos húmidos, uma vantagem deste sistema relativamente ao sistema de mobilização convencional, uma vez que, frequentemente, neste tipo de anos e com este sistema as mondas de pós-emergência e as adubações de cobertura ficam por fazer ou são feitas tardiamente.

O tempo de trabalho necessário à realização das diferentes operações culturais é outro aspecto importante quando avaliamos o risco dos sistemas de mobilização do solo.

Segundo TEBRÜGGE e BÖHRNSEN (1997), a sementeira directa poupa cerca de  $2,5 \text{ horas}\cdot\text{ha}^{-1}$  quando comparada com o sistema de mobilização convencional.

Na agricultura de sequeiro, onde os sistemas de mobilização do solo tradicionais são utilizados, os trabalhos preparação da cama da semente e de sementeira, logo após

as primeiras chuvas outonais, constituem o principal constrangimento em termos da relação entre tempo disponível e tempo necessário. O sobredimensionamento do parque de máquinas, nomeadamente no que respeita ao número e/ou potência dos tractores, apresenta-se como a forma de ultrapassar o pouco tempo disponível em relação ao elevado tempo necessário.

O período favorável à sementeira do trigo em Portugal situa-se entre meados de Outubro a final de Dezembro sendo, no entanto, as sementeiras de meados de Novembro a meados de Dezembro as mais produtivas, o que na prática significa menos de um mês, uma vez que neste período existem dias com precipitação que interdita a continuação dos trabalhos. De acordo com BASCH *et al.*, 1997), o sistema de mobilização convencional necessita, neste período crítico, pelo menos do triplo do tempo relativamente às necessidades da sementeira directa. O quadro II.3.1 elaborado a partir do trabalho de BASCH *et al.* (1997) permite verificar que uma unidade homem/tractor, no sistema de mobilização convencional, consegue semear neste período cerca de 100 ha, ao passo que com o sistema de sementeira directa, a área semeada neste período favorável aumenta para o triplo (300 ha).

**Quadro II.3.1** Área semeável (ha) com um conjunto homem/tractor em função do tempo (h) disponível (adaptado de BASCH *et al.*, 1997)

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Horas disponíveis (h)	312	264	248	232	304
Área (ha) semeável com o sistema de mobilização convencional (2,7 h.ha <sup>-1</sup> )	116	98	92	86	113
Área (ha) semeável com o sistema de sementeira directa (0,9 h.ha <sup>-1</sup> )	347	293	276	258	338

## 3.2. OS CUSTOS

### 3.2.1. CUSTO AMBIENTAL

Embora os agricultores possam individualmente ignorar os custos a jusante da poluição dos cursos de água causada pela erosão dos solos, a sociedade está cada vez

mais preocupada com esses custos. STONEHOUSE (1991) afirma que, se os agricultores não adoptarem voluntariamente sistemas de mobilização de conservação, pode tornar-se necessária uma intervenção pública, que pode traduzir-se numa redução da liberdade de escolha dos agricultores ou, por outro lado, envolver programas financeiros de apoio, uma vez que estes podem ter uma justificação económica.

Os problemas com os sistemas de mobilização convencional, baseados na inversão parcial ou completa do solo através da utilização da charrua como alfaia primária, começaram a surgir com o advento da mecanização. A combinação da inversão do solo e de métodos de agricultura mais intensiva gerou uma maior proporção de solo degradado (isto é, depleção da matéria orgânica, colapso da estrutura, compactação e erosão). A degradação do solo é tida, não só como determinante para a perda de produtividade do solo a longo-prazo, como também como responsável pelo aumento dos custos.

A maior parte, senão mesmo a totalidade, dos efeitos adversos da perda de produtividade dos solos na economia das explorações foi camuflada pelo progresso tecnológico, de que é exemplo o desenvolvimento de melhores variedades através do melhoramento de plantas. Assim, a degradação do solo não foi vista, na Europa, como uma ameaça ao potencial de produção. Por outro lado, a degradação do solo resultante da actividade agrícola tem sido associada à poluição dos cursos de água a jusante das explorações, reduzindo ou degradando o habitat da vida selvagem e diminuindo a biodiversidade. Quando os custos externos destes efeitos negativos são mensuráveis em termos económicos, também designados por externalidades negativas, tem-se verificado serem muito superiores aos custos internos. Estas externalidades fundamentam a procura de caminhos que possam mitigar a degradação do solo, causada pela actividade agrícola.

Na opinião de STONEHOUSE (1995), a mobilização de conservação constitui a única técnica de conservação do solo que pode ser vantajosa para os agricultores.

A análise da eficiência energética dos diferentes sistemas de mobilização do solo constitui um instrumento precioso da avaliação da sua sustentabilidade ambiental. Nesta análise energética são considerados os consumos energéticos associados aos factores de produção, quer directamente (consumo de produtos derivados do petróleo), quer indirectamente (consumo de energia requerido para fabrico e manutenção das máquinas e equipamentos, bem como para produzir fertilizantes, pesticidas, etc.).

Segundo HÉRNANZ (2008), a energia consumida nas operações de mobilização do solo depende de vários factores como o tipo de solo, o tipo de alfaia, a velocidade e a

profundidade de trabalho, sendo o rendimento energético destas operações sempre muito baixo, não superando nunca os 20% em resultado de um rendimento do motor de 40% e a um rendimento de tracção de 50%.

### 3.2.2. CUSTO DE AQUISIÇÃO DO EQUIPAMENTO

A escolha do sistema de mobilização do solo tem reflexo no valor do capital de exploração fixo, nomeadamente no que se refere às máquinas e equipamentos.

O custo de aquisição de um semeador de sementeira directa é, normalmente, superior a um semeador convencional que possua a mesma largura de trabalho. Embora a sementeira directa apresente este custo adicional, a menor necessidade de potência e a dispensa de outras alfaias de mobilização do solo, fazem com que o custo final com a aquisição de equipamento, seja menor que o exigido por sistemas de mobilização mais intensivos.

TEBRÜGGE e BÖHRNSEN (1997) reportam que para uma exploração alemã com cerca de 150 ha, o custo de aquisição do equipamento necessário à prática da sementeira directa representa, apenas, 60% da verba necessária ao sistema de mobilização convencional (quadro II.3.2).

**Quadro II.3.2** Custo de aquisição (€) do equipamento necessário para cultivar uma exploração com cerca de 150 ha na Alemanha (adaptado de TEBRÜGGE e BÖHRNSEN, 1997)

	sementeira directa	mobilização convencional
Tractor (SD = 52 kW; MC = 100 kW)	30 500	55 000
Charrua (1,7 m)		10 500
Grade-de-discos (4 m)		15 500
Pulverizador (12 m, 1000 L)	5 500	5 500
Semeador (3 m)	26 000	16 000
<b>Total</b>	<b>62 000</b>	<b>102 500</b>

SD – Sementeira Directa; Mobilização de conservação – Mobilização Convencional

### 3.2.3. CUSTO DE PRODUÇÃO

Segundo **TEBRÜGGE e BÖHRNSEN (1997)**, cerca de 60% dos custos de produção estão relacionados com a mobilização do solo e a sementeira.

Embora o controlo da erosão tenha sido o foco principal do desenvolvimento de métodos alternativos de mobilização do solo (sobretudo nos Estados Unidos da América e no Canadá), o aumento dos custos com a mão-de-obra e com os combustíveis, bem como a redução do preço do glifosato, têm providenciado um impulso adicional à adopção de métodos de mobilização de conservação. De facto, os sistemas sem lavoura reduzem o número de operações culturais, o que resulta numa redução de custos com o trabalho, com combustíveis e com a maquinaria (**MARQUES e BASCH, 2002**).

No que diz respeito aos custos de produção, a vantagem económica dos sistemas de mobilização de conservação, quando comparados com a mobilização convencional, depende fundamentalmente da quantidade necessária de herbicidas para o controlo das infestantes e do número e tipo de operações de mobilização do solo que constituem o sistema de mobilização convencional (**PHILLIPS e PHILLIPS, 1984; CROSSON *et al.*, 1986; WARD *et al.*, 1986; ZENTNER *et al.*, 1991**).

#### 3.2.3.1. Custo da tracção

Nos dias de hoje os custos com a energia, nomeadamente aquela que tem origem nos combustíveis fósseis, representam uma parcela cada vez maior na estrutura de custos de produção.

Num estudo de **BASCH *et al.* (1997)**, os custos com a tracção do sistema de mobilização convencional representavam cerca de 35% da totalidade dos custos variáveis com a cultura do trigo, sendo apenas de cerca de 28% no caso da sementeira directa. Também **TEBRÜGGE e BÖHRNSEN (1997)** confirmam este padrão, representando o custo com combustíveis e lubrificantes 17% dos custos variáveis do sistema convencional, comparativamente com apenas 10% na sementeira directa.

A maior intensidade de qualquer sistema de mobilização do solo representa maiores necessidades energéticas e por isso maiores consumos de combustível.

O consumo de combustível está dependente da potência solicitada ao tractor, bem como do número de operações culturais.

No estudo de TEBRÜGGE e BÖHRNSEN (1997), verificamos que até ao fim da sementeira, o sistema de mobilização convencional gasta mais do quántuplo do combustível necessário à sementeira directa, 36,3 L.ha<sup>-1</sup> e 6,8 L.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Também segundo PHILLIPS e PHILLIPS (1984), os sistemas de mobilização mais intensivos consomem mais energia. De facto, as estimativas feitas para as necessidades energéticas das operações culturais até à sementeira de três sistemas de mobilização do solo (chisel mais grade-de-discos, grade-de-discos mais grade-de-discos e sementeira directa) foram, respectivamente, de 82%, 48% e 18% do valor estimado para o sistema lavoura mais grade-de-discos (quadro II.3.3).

**Quadro II.3.3 Estimativa da energia requerida (litros de gásóleo.ha<sup>-1</sup>) pela mobilização do solo e sementeira para quatro sistemas de mobilização do solo (adaptado de PHILLIPS e PHILLIPS, 1984)**

Operação cultural	Sistema de mobilização do solo			
	Lavoura e grade	Chisel e grade	Grade-de-discos	Sementeira directa
Lavoura	17			
Chisel		11		
Grade-de-discos	12	12	12	
Monda pré-sementeira				1
Sementeira	4	4	4	5
Total (litros.ha <sup>-1</sup> )	33	27	16	6

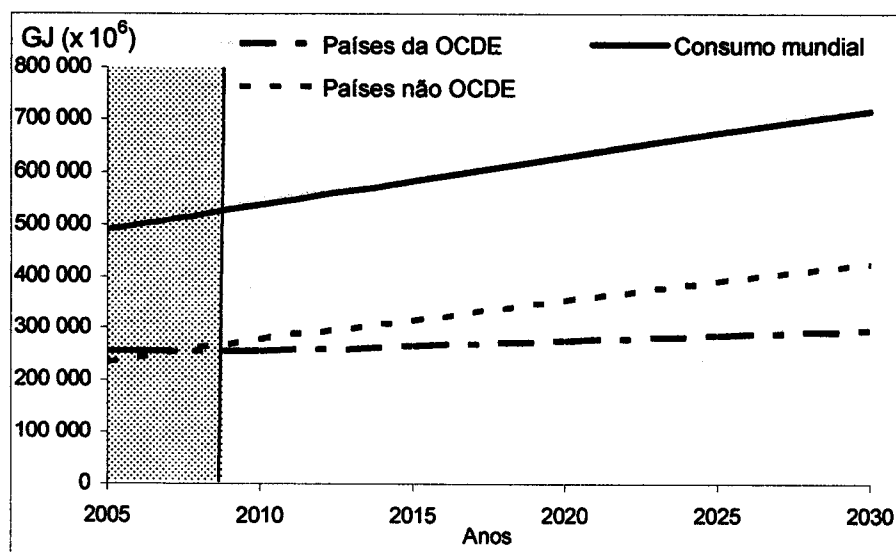
### 3.2.3.2. O custo do combustível

Segundo EIA (2009), num cenário em que as actuais leis e políticas se mantenham inalteráveis e apesar do cenário previsível de preços elevados para o petróleo, o consumo mundial de energia, que é objecto de comercialização, crescerá 47% no período de 2005 a 2030 (figura II.3.2). Embora o crescimento do consumo de energia previsto para os países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) seja de apenas 16%, o aumento da procura em cerca de 81% por parte dos países não-OCDE acaba por explicar o aumento global.

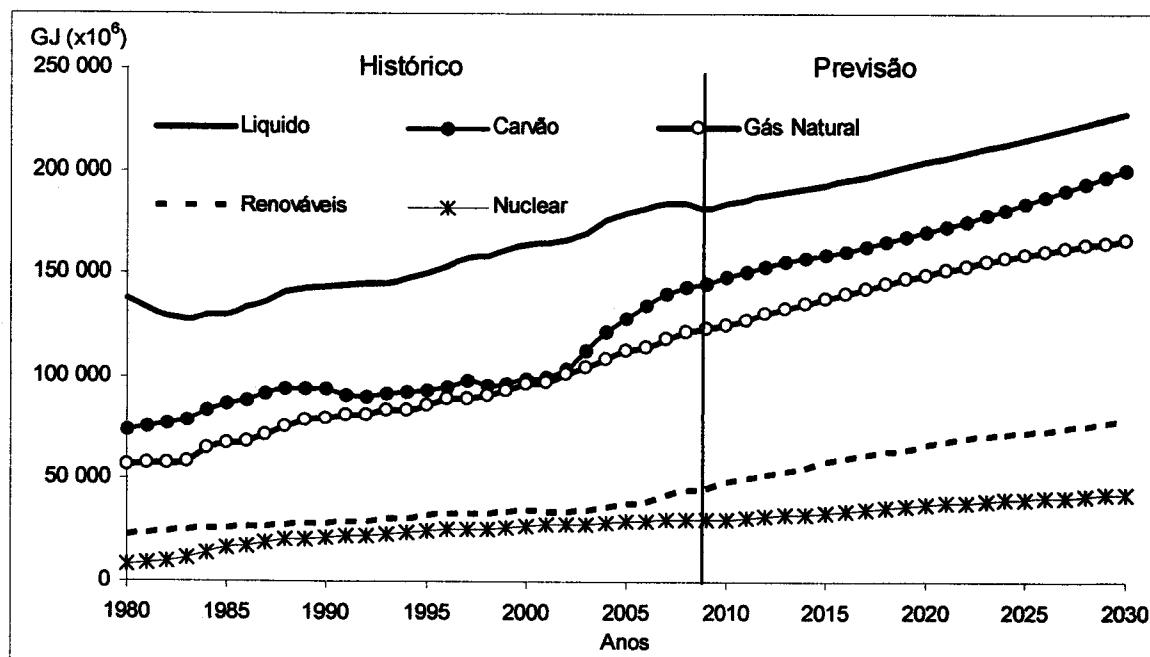
A grande maioria destas necessidades energéticas continuará a ser suprida com o recurso aos combustíveis fósseis (líquidos, gás natural e carvão). Embora o peso dos



combustíveis fósseis líquidos tenha vindo a decrescer desde 1980 até 2008, respectivamente, 46% e 36%, segundo EIA (2009) ainda representará, em 2030, cerca de 32% (figura II.3.3).



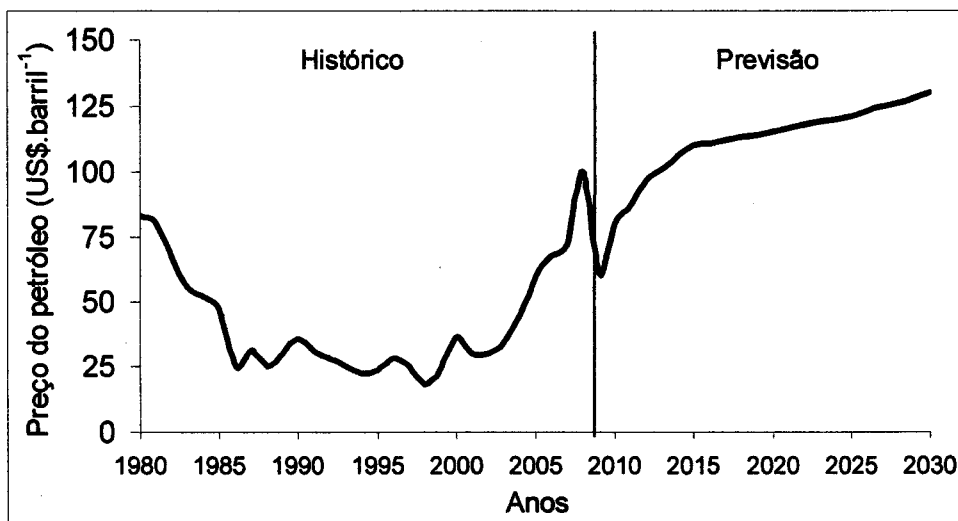
**Figura II.3.2** Previsão do consumo mundial de energia comercializada (GJ (x 10<sup>6</sup>)) (adaptado de EIA, 2009)



**Figura II.3.3** Consumo mundial de energia (GJ x 10<sup>6</sup>), segundo o tipo de combustível comercializado (histórico 1980-2008; previsão 2009-2030) (adaptado de EIA, 2009)

Nos últimos anos o preço do petróleo tem registado uma subida consistente. De facto, o preço médio anual do petróleo tem, desde 2003, sido superior à média do ano anterior, tendo os preços em 2007 quase que atingido o dobro dos valores de 2003, tendo chegado a 147 US\$ por barril em meados de Julho de 2008. A crescente procura por parte dos países não-OCDE, nomeadamente da Ásia, o aumento da produção praticamente inexistente entre 2003 e 2007 dos membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEC), o aumento dos custos de exploração, alguma especulação financeira e o enfraquecimento do dólar norte americano, são alguns dos factores que explicam a subida acentuada do preço do petróleo.

Segundo EIA (2009), dadas as actuais condições do mercado, é crível que o preço do petróleo continue a aumentar (figura II.3.4). Os preços elevados do petróleo tenderão, eventualmente, a abrandar o ritmo de crescimento da procura, o que por sua vez tenderá a reduzir o ritmo de crescimento do preço, mas não a invertê-lo.



**Figura II.3.4** Preço histórico (1980-2008) e previsional (2009-2030) do petróleo (US\$.barrii<sup>-1</sup>) (adaptado de EIA, 2009)

### 3.3. RESULTADO ECONÓMICO

De um modo geral, os valores dos benefícios e dos custos, que contribuem para o resultado económico da actividade agrícola, estão dependentes de factores como os recursos naturais disponíveis (o tipo de solo, a profundidade do solo, a topografia, a distância a cursos de água, etc.), o clima, o tipo de culturas utilizadas e a sua sequência na rotação. No entanto, quando se trata de agricultura de conservação há que acrescentar um factor adicional de variação, que consiste na capacidade técnica do

agricultor face aos sistemas de mobilização de conservação (STONEHOUSE, 1997). Todos estes factores de variação explicam, em grande parte, a variabilidade dos resultados obtidos em estudos económicos sobre sistemas de mobilização do solo.

MARTINS e MARQUES (1995), utilizando um modelo de programação linear para avaliar o interesse económico da introdução de sistemas alternativos de mobilização do solo e referindo-se a solos franco-arenosos da região de Beja, concluíram que a adopção de tecnologias alternativas de mobilização permitiu o aumento significativo da margem líquida do modelo, passando a ser possível fazer uma rotação de cereais onde anteriormente o modelo interditava o uso da mobilização convencional devido, aos custos de tracção associados a esta opção.

MALHI *et al.* (1988), em meados da década de 80 do século passado, ao fazerem um estudo económico comparativo da produção de cevada (*Hordeum vulgare* L.) com sementeira directa *versus* mobilização convencional, verificaram que a sementeira directa registou, de uma forma consistente, uma redução dos custos associados ao equipamento, uma menor produção de grão e um maior gasto em herbicidas. Em consequência destes efeitos a sementeira directa apresentou, em média, um resultado económico inferior à mobilização convencional em cerca de 49 CAD\$.ha<sup>-1</sup> (variando entre 18 CAD\$.ha<sup>-1</sup> e 69 CAD\$.ha<sup>-1</sup>). Os mesmos autores ressaltam ainda que o estudo não considera os efeitos de longo-prazo, tais como o controlo da erosão, mudanças na estrutura do solo e na reserva de nutrientes.

ZENTNER *et al.* (1991), num estudo económico sobre sistemas de mobilização do solo (mobilização convencional, mobilização reduzida e sementeira directa) na produção de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) de Primavera no sudoeste da província canadiana do Saskatchewan, verificaram que as margens brutas dos sistemas de mobilização de conservação apenas ultrapassavam as da mobilização convencional, nos anos em que as temperaturas da época de crescimento foram elevadas e as precipitações pouco distribuídas.

HERNÁNZ *et al.* (1995), num estudo levado a cabo na região de Madrid durante 10 anos (1983 a 1993), envolvendo três sistemas de mobilização do solo (mobilização convencional, mobilização reduzida e sementeira directa) com as culturas do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) de cevada (*Hordeum vulgare* L.) e de vicia (*Vicia sativa* L.), constataram que os custos de produção da mobilização reduzida foram entre 13-24% inferiores aos observados para a mobilização convencional e que, para a sementeira directa, a redução de custos ficou-se apenas entre 6% e 17%. Os custos mais elevados

da sementeira directa, relativamente à mobilização reduzida encontraram explicação no facto de, embora o custo com o consumo de combustível fosse mais elevado na mobilização reduzida, o custo com o glifosato [N-(fosfonometil) glicina] (herbicida utilizado na monda de pré-sementeira na sementeira directa) mais que compensava esse diferencial. O trabalho de NAIL *et al.* (2007) mostra-nos que no actual cenário de preços, em que o preço do combustível subiu exponencialmente e o preço dos herbicidas com glifosato sofreram uma redução acentuada, sobretudo devido à perda da protecção da patente, tende a alterar o resultado da comparação de custos realizada então por HERNÁNZ *et al.* (1995).

SÁNCHEZ-GIRÓN *et al.* (2004), analisaram economicamente, durante um período de 16 anos, três sistemas de mobilização do solo (sementeira directa, mobilização reduzida e mobilização convencional) em culturas de sequeiro e constataram que, embora a margem bruta da sementeira directa fosse tendencialmente mais elevada, o efeito do tipo de mobilização, quando considerada a média dos 16 anos, era inexistente. O mesmo estudo permitiu, ainda, verificar que foi com a sementeira directa que se obtiveram os menores custos variáveis associados à maquinaria e os maiores custos com herbicida.

No que respeita às produções obtidas com a sementeira directa, a variabilidade das condições de solo e de clima conduzem a diferentes prestações. É frequente encontrarmos na bibliografia trabalhos que referem por vezes a obtenção de menores produções na sementeira directa relativamente às observadas para a mobilização convencional. Os menores custos associados à sementeira directa podem compensar estas perdas de produção (TEBRÜGGE e BÖHRNSEN, 1997). Estes autores compararam, durante vários anos e em vários locais, as produções e os resultados económicos obtidos em várias culturas com sementeira directa e mobilização convencional. Deste trabalho fica claro, mesmo nos casos em que se verifica quebra de produção, o resultado económico da sementeira directa consegue ser superior ao da mobilização convencional (quadro II.3.4)

**Quadro II.3.4** Diferenças relativas (%) na produção e no resultado económico da sementeira directa comparada com a mobilização convencional (100%) em diferentes locais (valores médios para diferentes culturas em vários anos) – (adaptado de TEBRÜGGE e BÖHRNSEN, 1997)

	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4	Local 5
Diferenças relativas de produção (%)	5,7	-5,3	-3,3	-1,6	2,9
Diferenças relativas de resultado económico (%)	17,8	6,9	15,7	10,3	20,3



### III. MATERIAL E MÉTODOS

#### 1. DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE ENSAIO

Os ensaios foram instalados em duas diferentes manchas de solos. Um solo Mediterrâneo Pardo de Xisto (Px), situado na herdade da Abóboda (Monte Novo), pertencente ao Centro de Experimentação do Baixo Alentejo (figura III.1.1) e um solo Mediterrâneo Pardo Para-Barro (Pm), situado na herdade da Revilheira, pertencente ao Centro de Experimentação do Alentejo Central (figura III.1.2), ambos os centros propriedade da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo.

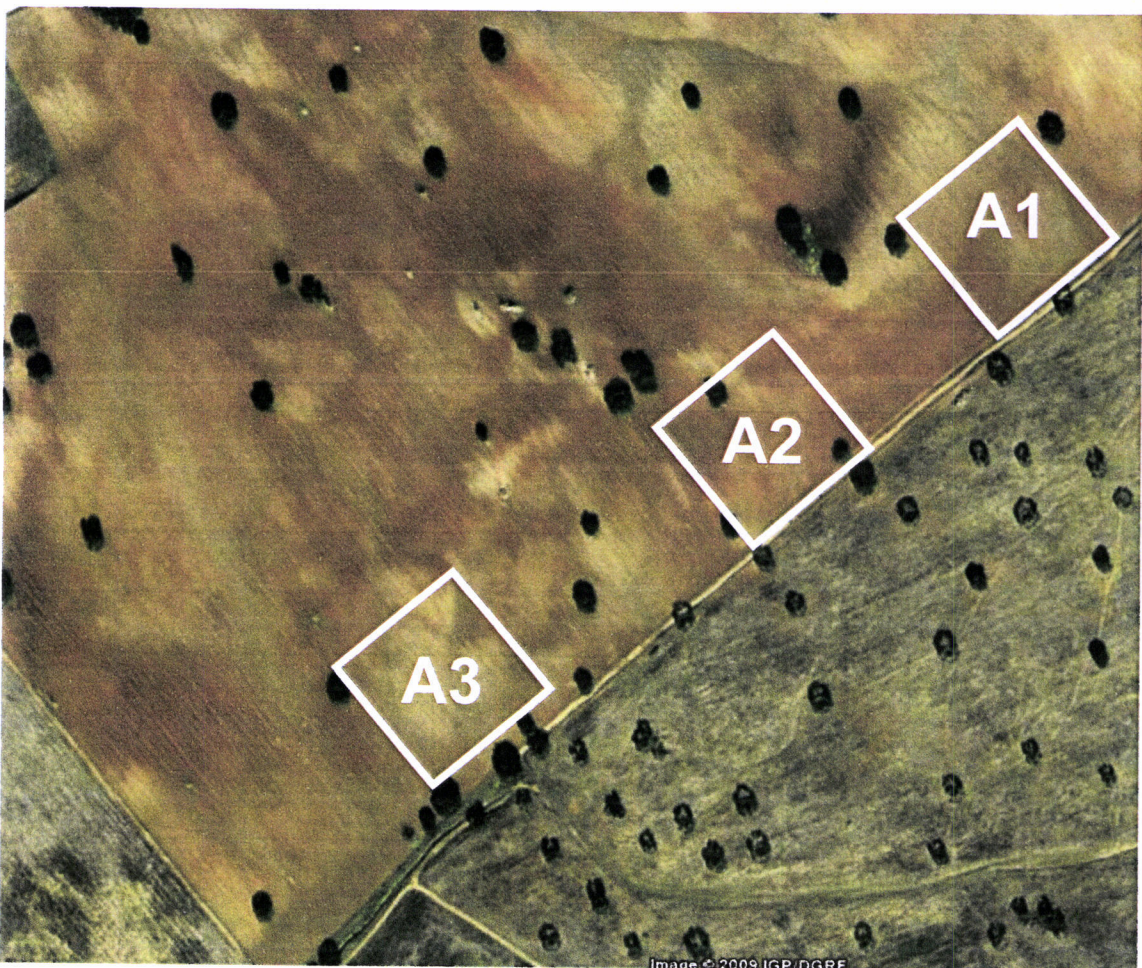
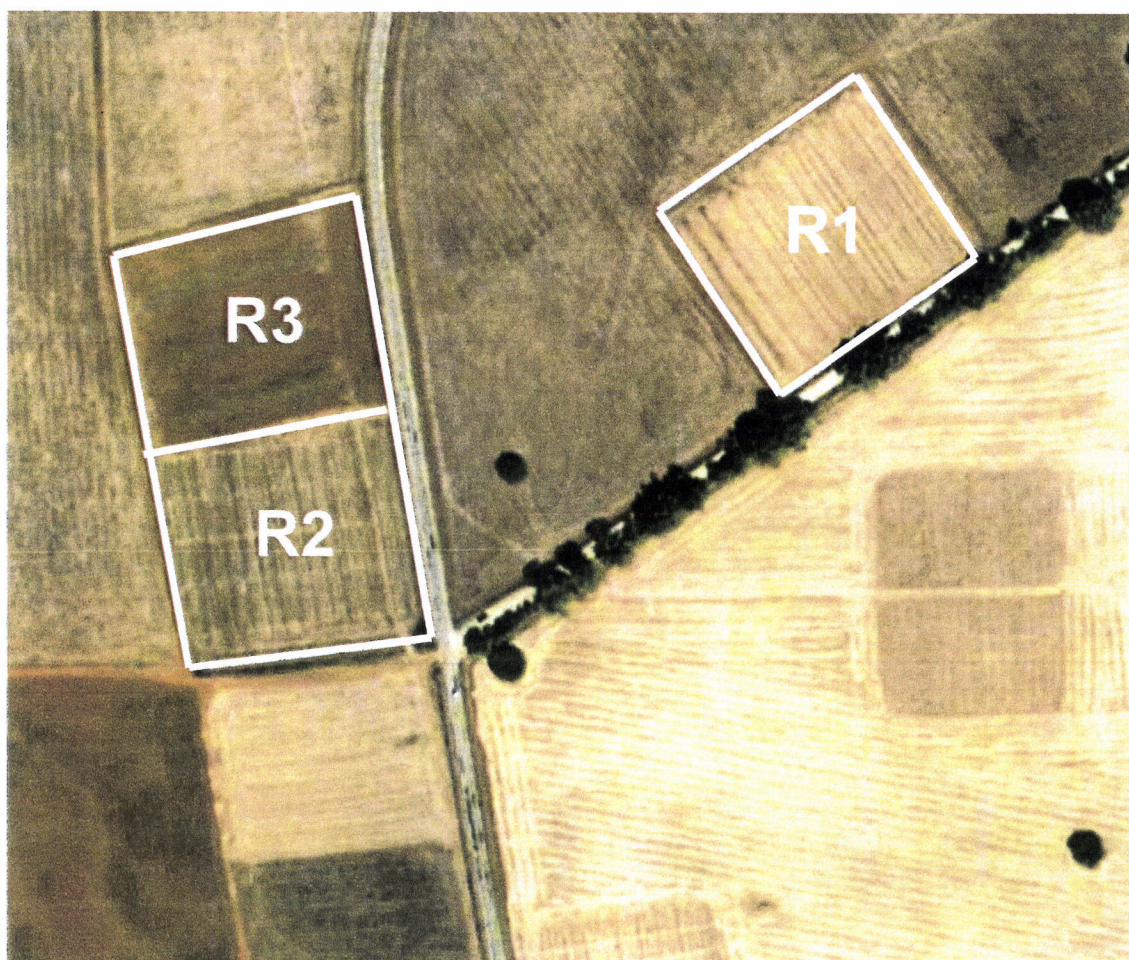


Figura III.1.1 Fotografia aérea do local de ensaios na herdade da Abóboda, assinalando-se os três campos de ensaios A1, A2 e A3

Em termos de localização geográfica o local de ensaios na herdade da Abóboda fica situado na freguesia de Vila Nova de São Bento (concelho de Serpa e distrito de Beja), perto da estrada que liga Vila Nova de São Bento à localidade de Vale de Vargo, a uma latitude de  $37^{\circ} 58' 12''$  N e uma longitude de  $7^{\circ} 21' 52''$  W do meridiano de Greenwich. No que diz respeito ao local de ensaios na herdade da Revilheira, situa-se na freguesia de São Pedro do Corval (concelho de Reguengos de Monsaraz e distrito de Évora), junto à estrada de ligação de São Pedro do Corval à localidade de Baldio, a uma latitude de  $38^{\circ} 27' 57''$  N e uma longitude de  $7^{\circ} 28' 54''$  W do meridiano de Greenwich.



**Figura III.1.2** Fotografia aérea do local de ensaios na herdade da Revilheira, assinalando-se os três campos de ensaios R1, R2 e R3

## 1.1. DESCRIÇÃO DO CLIMA

Os ensaios decorreram nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99. Nos quadros III.1.1 e III.1.2 apresentam-se os valores de precipitação mensal ocorrida durante o período de ensaios (Setembro de 1995 a Agosto de 1999) nas herdades da Abóboda e



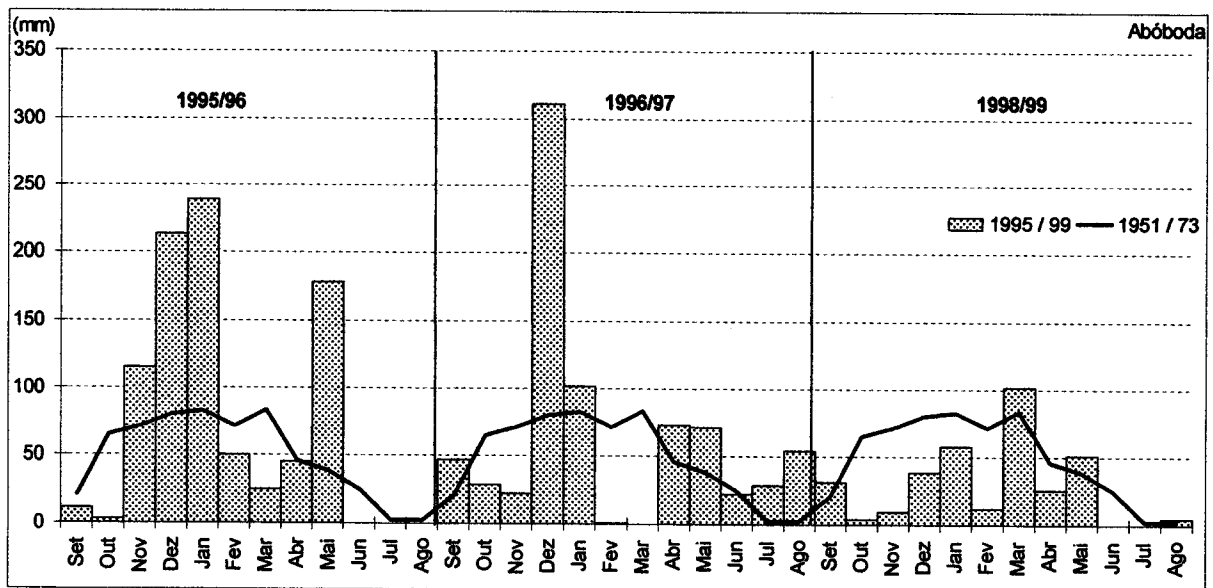
da Revilheira, respectivamente. Os valores relativos aos três anos do ensaio foram obtidos em estações meteorológicas instaladas em cada uma das herdades, enquanto que os valores normais para o período 1951-80 dizem respeito às estações udométricas do Instituto Nacional de Meteorologia mais próximas dos locais de ensaio. A observação dos valores de precipitação permite-nos verificar que o último ano de ensaios foi um ano seco, onde a precipitação anual (337,6 mm na herdade da Abóboda e 335,6 mm na herdade da Revilheira) ficou claramente abaixo da média de 30 anos (589,4 mm e 572,6 mm, Abóboda e Revilheira, respectivamente). Este facto é particularmente evidente quando observamos os gráficos da precipitação ocorrida na óptica da sua distribuição mensal ou na dos seus valores acumulados (figuras III.1.3, III.1.4, III.1.5 e III.1.6).

**Quadro III.1.1 Valores de precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96 a 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1973, relativos à estação udométrica de Vila Nova de São Bento (INMG, 1991)**

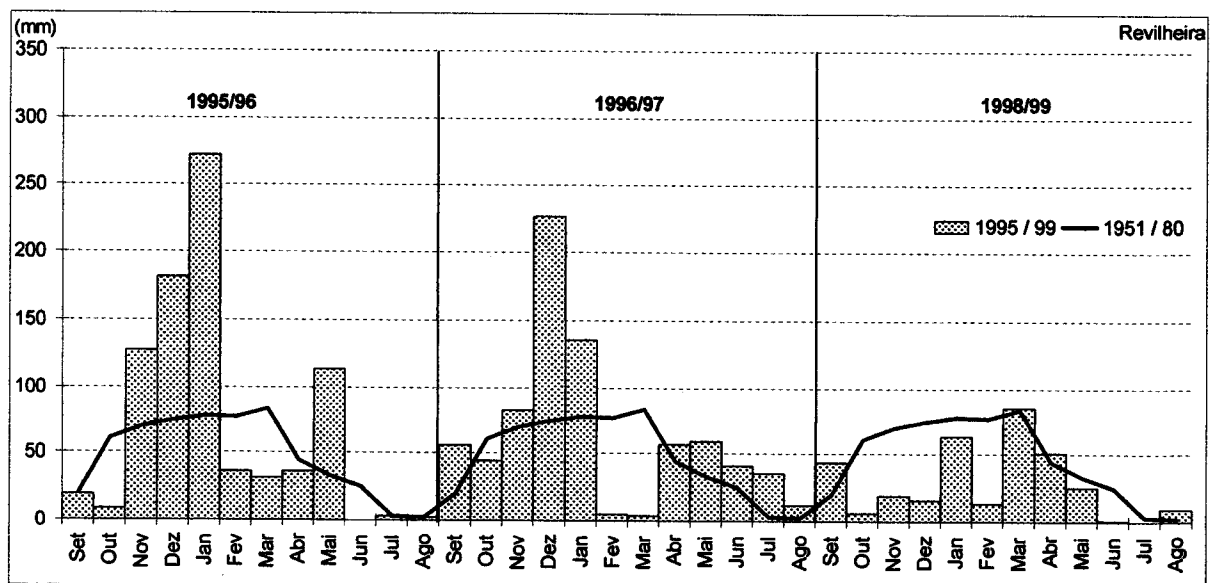
	Precipitação (mm)												ANO
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
1995-96	11,5	3,6	115,2	212,7	239,2	50,2	25,3	45,6	178,6	0,0	0,2	0,0	882,1
1996-97	47,1	29,0	22,7	311,3	101,0	0,8	0,0	73,3	71,2	22,4	28,8	54,6	762,2
1997-98	32,4	72,0	295,4	105,0	28,2	28,2	21,4	29,6	30,2	0,0	0,0	0,0	642,4
1998-99	31,2	4,2	9,6	39,2	57,9	11,8	101,5	26,0	51,0	0,2	0,0	5,0	337,6
1951-73	21,1	65,2	71,4	80,0	83,0	71,7	83,2	46,0	38,5	25,0	2,1	2,2	589,4

**Quadro III.1.2 Valores de precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96 a 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação udométrica de Reguengos de Monsaraz (INMG, 1991)**

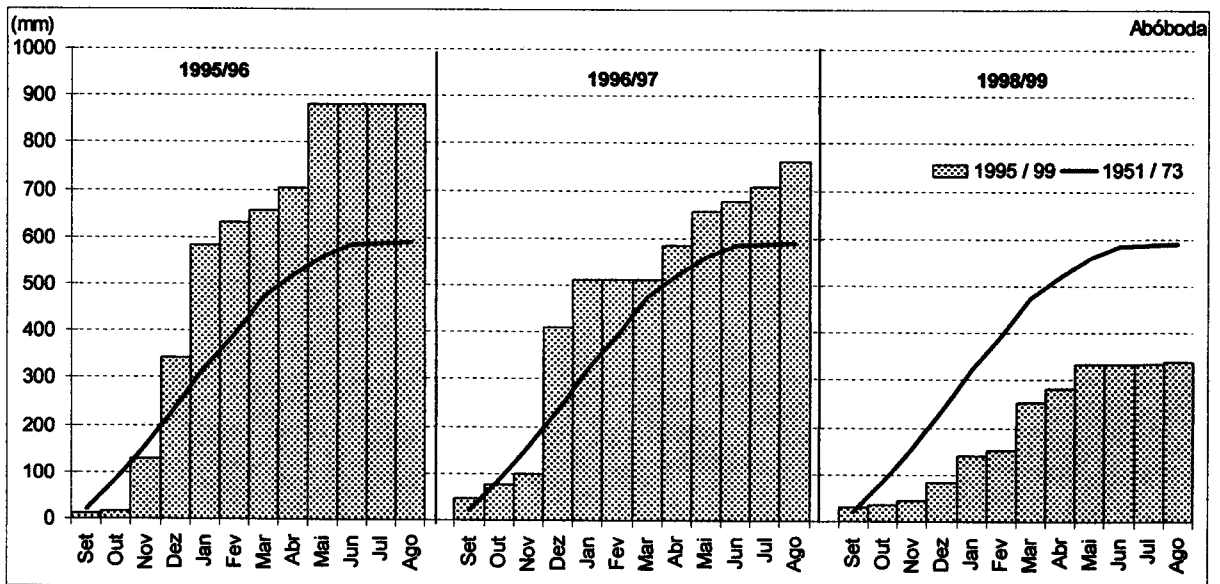
	Precipitação (mm)												ANO
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
1995-96	19,3	8,6	127,6	181,1	272,2	36,6	31,7	36,8	113,2	0,4	3,4	2,8	833,7
1996-97	56,2	44,6	83,0	226,8	135,0	4,6	3,8	57,0	59,4	41,3	36,0	12,4	760,1
1997-98	79,2	57,7	282,3	135,9	49,0	69,8	14,9	40,1	150,5	1,3	0,4	2,0	883,1
1998-99	44,0	6,7	19,1	16,5	63,2	13,5	85,4	50,7	26,2	0,8	0,0	9,5	335,6
1951-80	20,6	61,0	69,9	74,7	77,6	76,7	83,3	44,9	33,5	24,8	3,5	2,1	572,6



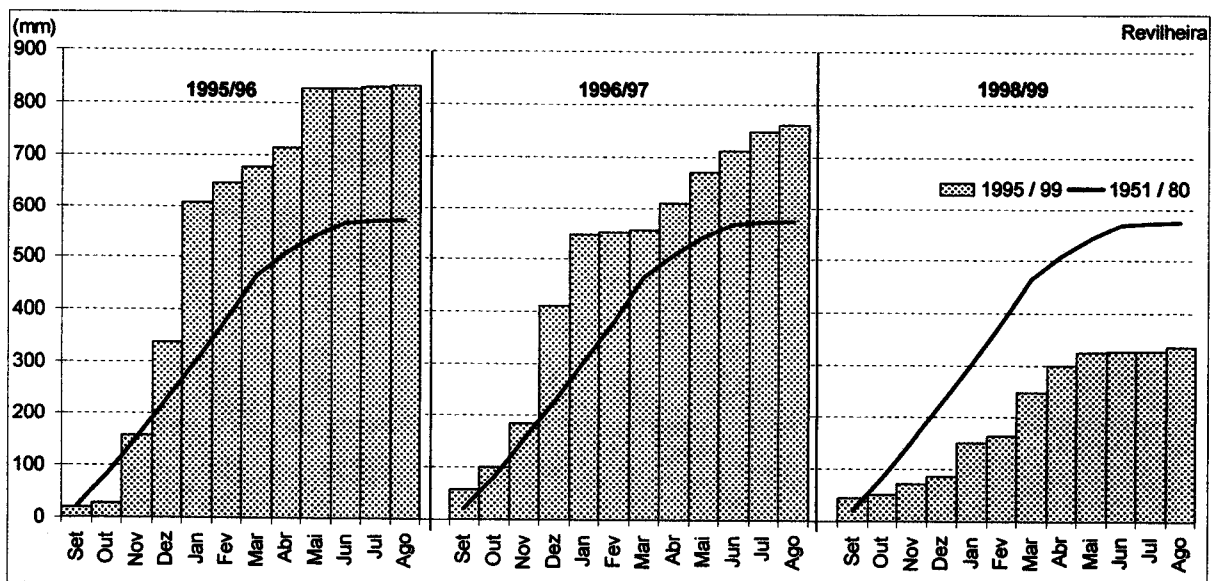
**Figura III.1.3 Precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1973, relativos à estação udométrica de Vila Nova de São Bento (INMG, 1991)**



**Figura III.1.4 Precipitação mensal e anual (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação udométrica de Reguengos de Monsaraz (INMG, 1991)**



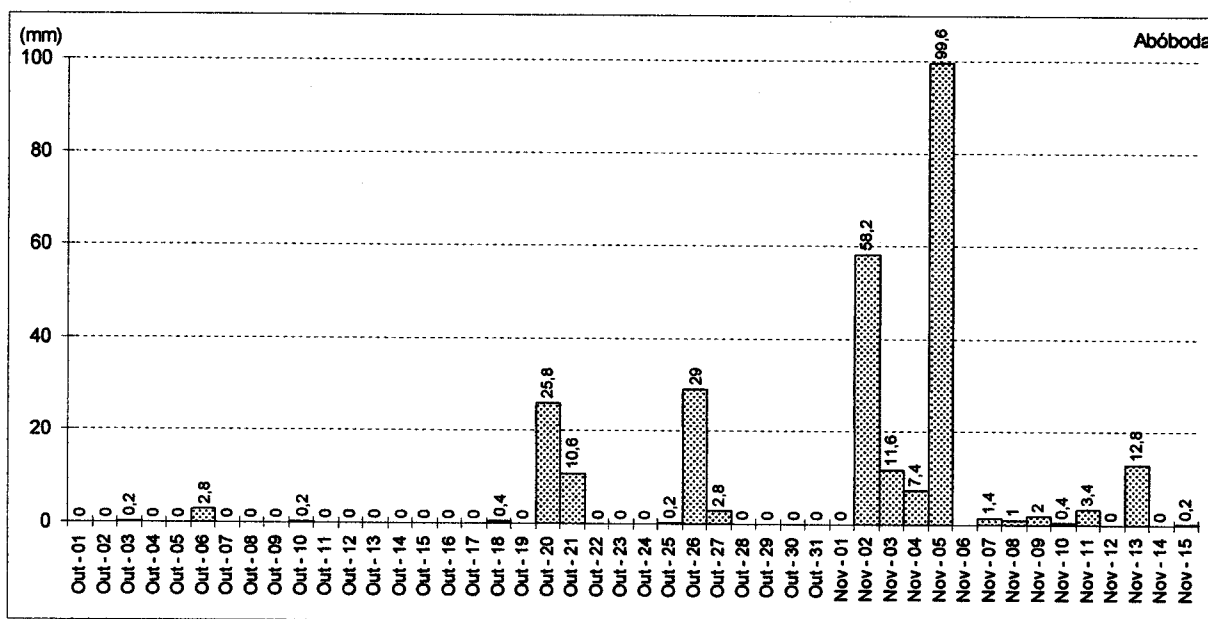
**Figura III.1.5** Precipitação acumulada (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1973, relativos à estação udométrica de Vila Nova de São Bento (INMG, 1991)



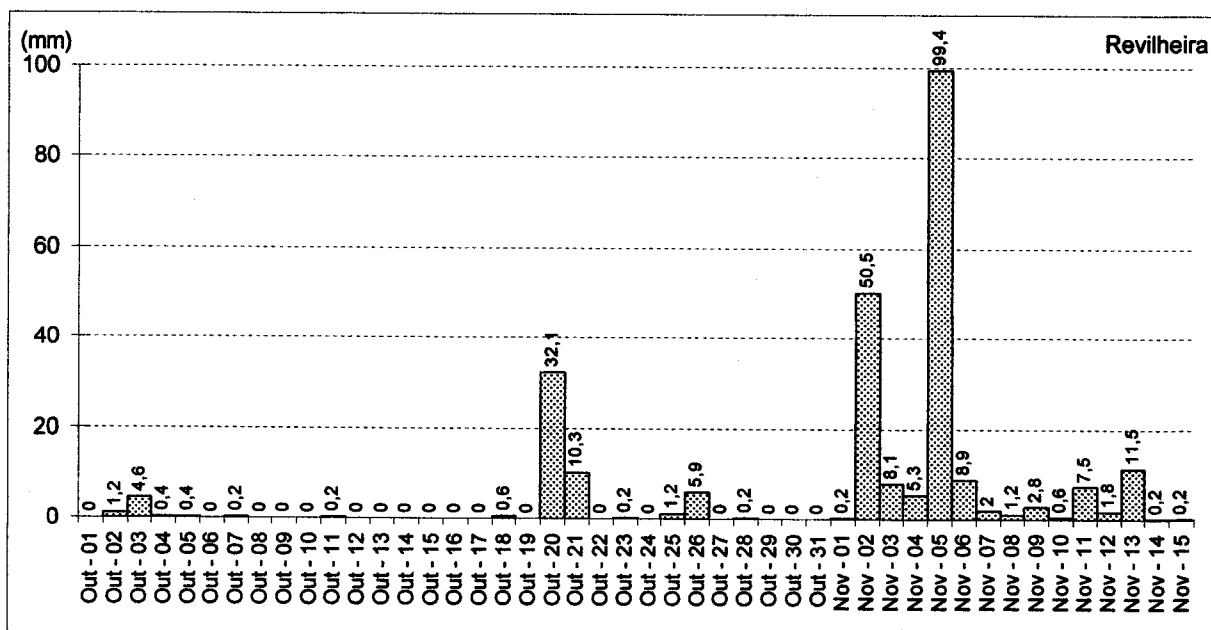
**Figura III.1.6** Precipitação acumulada (mm) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação udométrica de Reguengos de Monsaraz (INMG, 1991)

No ano 1997/98 os ensaios de campo ficaram suspensos devido à excessiva precipitação ocorrida no início do mês de Novembro, que inviabilizou a instalação das culturas de Outono/Inverno. Os gráficos das figuras III.1.7 e III.1.8, relativos à precipitação diária ocorrida no período de 1 de Outubro a 30 de Novembro de 1997, mostram claramente que a seguir a um mês de Outubro pouco chuvoso, durante o início

de Novembro, em apenas quatro dias, ocorreram precipitações de 176,8 mm e 163,3 mm nas herdades da Abóboda e da Revilheira, respectivamente. Estes valores concentraram-se fundamentalmente em dois picos distantes apenas de dois dias um do outro (58,2 e 99,6 mm na herdade da Abóboda e 50,5 e 99,4 mm na herdade da Revilheira).



**Figura III.1.7 Precipitação diária (mm) no período de 1 de Outubro a 15 de Novembro de 1997 ocorrida na herdade da Abóboda**



**Figura III.1.8 Precipitação diária (mm) no período de 1 de Outubro a 15 de Novembro de 1997 ocorrida na herdade da Revilheira**

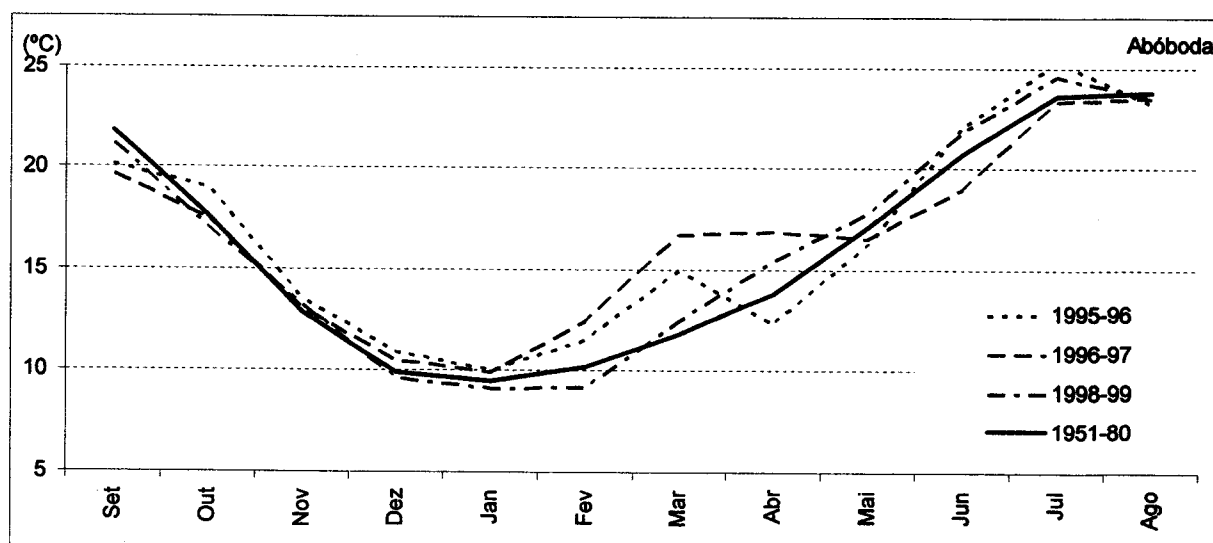
O valores médios das temperaturas mensais do ar registados nas estações meteorológicas situadas nos dois locais do ensaio, assim como as normais para o período de 1951-80 relativas às estações meteorológicas mais próximas dos referidos locais, são apresentadas nos quadros III.1.3 e III.1.4 e nas figuras III.1.9 e III.1.10.

**Quadro III.1.3 Valores mensais da temperatura média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Beja (INMG, 1991)**

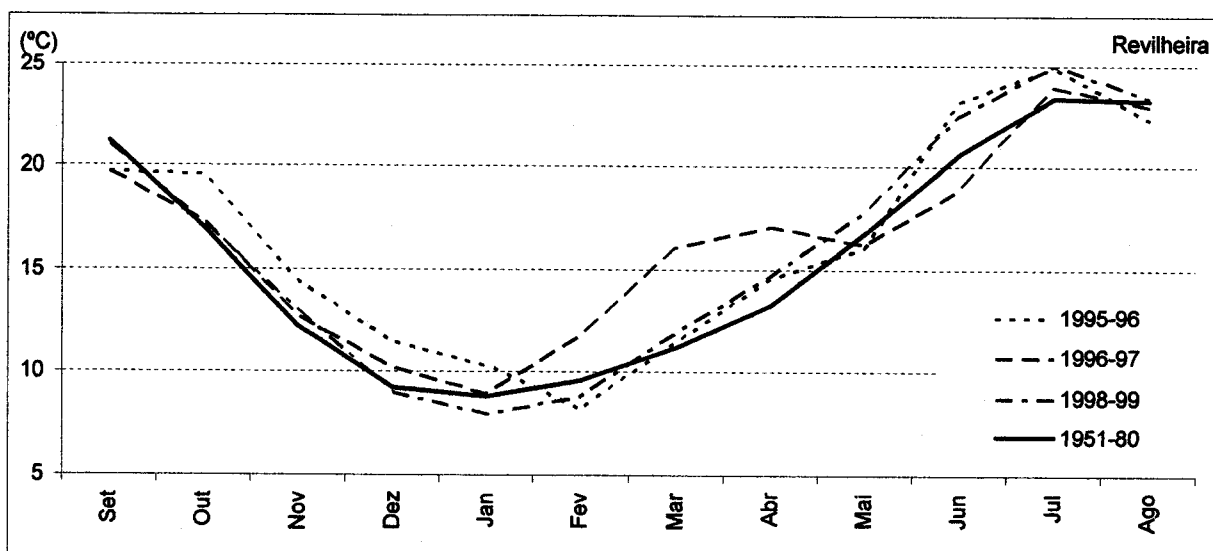
	Temperatura média mensal do ar (°C) (Abóboda)											
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
1995-96	20,1	19,0	13,5	10,9	10,0	11,5	14,9	12,3	16,2	22,0	25,3	23,2
1996-97	19,6	17,4	13,0	10,5	9,9	12,4	16,7	16,9	16,5	19,0	23,3	23,5
1998-99	21,1	17,0	13,2	9,6	9,1	9,2	12,4	15,4	17,8	21,8	24,6	23,5
1951-80	21,8	17,6	12,8	9,9	9,5	10,2	11,8	13,8	17,1	20,7	23,6	23,8

**Quadro III.1.4 Valores mensais da temperatura média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Évora Currais (INMG, 1991)**

	Temperatura média mensal do ar (°C) (Revilheira)											
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
1995-96	19,7	19,6	14,4	11,4	10,3	8,2	11,4	14,6	16,1	23,2	24,9	22,3
1996-97	19,7	17,3	12,7	10,2	8,9	11,7	16,1	17,1	16,2	18,9	23,9	23,0
1998-99	21,0	17,2	13,0	9,0	8,0	8,8	11,9	14,7	17,8	22,5	25,0	23,4
1951-80	21,2	17,0	12,2	9,2	8,8	9,6	11,2	13,3	16,8	20,6	23,4	23,3



**Figura III.1.9 Temperatura mensal média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Abóboda, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Beja (INMG, 1991)**



**Figura III.1.10** Temperatura mensal média do ar (°C) nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, ocorrida na herdade da Revilheira, e médias, no período de 1951 a 1980, relativos à estação meteorológica de Évora Currais (INMG, 1991)

## 1.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Os três campos de ensaios na herdade da Abóboda (A1, A2 e A3) ficaram situados numa mesma mancha de solos designados, segundo a classificação portuguesa, de Solos Mediterrânicos Pardos Normais de xistos ou grauvaques (Px). Para CARDOSO (1965) estes solos caracterizam-se por um horizonte superficial com 15 a 25 cm de espessura e com uma textura em geral franca, frequentemente com apreciável percentagem de limo, de estrutura granulosa fina moderada a fraca e friável. Estas características sofrem uma transição gradual para o horizonte sub-superficial de textura franco-argilosa, com estrutura anisoforme angulosa média moderada. A mineralogia da argila nestes solos apresenta material coloidal constituído sobretudo por illite, associada a uma pequena percentagem de caulinite (CARDOSO, 1965).

Na herdade da Revilheira os três campos de ensaios (R1, R2 e R3) ficaram situados numa mesma mancha de solos designados, segundo a classificação portuguesa, de Solos Mediterrânicos Pardos Para-Barros de diorito ou quartzodiorito ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins (Pm). Segundo CARDOSO (1965) estes solos caracterizam-se por um horizonte superficial com 15 a 30 cm de espessura e com uma textura franco-argilo-arenosa, frequentemente com alguns calhaus e pedras da rocha-mãe e/ou de pórfiros com estrutura granulosa muito fina a média moderada e

friável. Os minerais de argila mais abundantes nestes solos são em geral do tipo 2:1, nomeadamente do grupo dos montmorilonóides (CARDOSO, 1965).

Efectuaram-se análises da textura dos solos dos locais do ensaio tendo-se avaliado as camadas de 0 a 30 cm e de 30 a 60 cm de profundidade. Os valores obtidos são apresentados no quadro III.1.5.

**Quadro III.1.5 Análise granulométrica dos solos Px (herdade da Abóboda) e Pm (herdade da Revilheira)**

Solo	Camada	Análise granulométrica (%)			
		Areia grossa 2 - 0,2 mm	Areia fina 0,2 - 0,02 mm	Limo 0,02 - 0,002 mm	Argila < 0,002 mm
Px	0 a 30 cm	22,0	29,3	22,4	26,3
	30 a 60 cm	24,1	19,2	20,1	36,6
Pm	0 a 30 cm	22,8	29,9	16,2	31,1
	30 a 60 cm	14,5	21,6	17,1	46,8

Considerando os resultados obtidos na análise granulométrica e utilizando o diagrama para classificação da textura, adaptado aos limites internacionais das fracções granulométricas por GOMES e SILVA (1962) citados por COSTA (1985), verificamos que o solo Px da herdade da Abóboda apresenta uma textura franca na camada de 0 a 30 cm e franco-argiloso na camada 30 a 60 cm, enquanto que o solo Pm da herdade da Revilheira apresenta uma textura franco-argilosa na camada de 0 a 30 cm e argilosa na camada 30 a 60 cm.

Os parâmetros físicos e químicos do solo, como a densidade aparente, a porosidade, o diâmetro médio dos agregados, o teor de matéria orgânica, os teores de nitratos, fósforo e de potássio, assim como o pH do solo, fizeram parte do conjunto dos parâmetros analisados pelo que são apresentados no capítulo dos resultados.

## 2. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

### 2.1. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A comparação dos sistemas de mobilização do solo assentou no estudo de diferentes práticas culturais de mobilização do solo, preparação da cama da semente e sementeira. Estas técnicas distinguem-se pelas alfaias utilizadas em cada uma delas, cumprindo objectivos diferentes no que respeita à mobilização do solo.

Assim, consideraram-se os quatro seguintes tratamentos:

**Lav (Lavoura)** - mobilização primária do solo **profunda** (30 cm de profundidade), com reviramento da leiva, seguida de destorroamento e esmiação dos torrões, deixados pela mobilização primária, de forma a obter-se uma boa cama da semente.

**Chi (Chisel)** - mobilização primária vertical do solo **profunda** (30 cm de profundidade), **sem** reviramento da leiva, seguida de destorroamento e esmiação dos torrões, deixados pela mobilização primária, de forma a obter-se uma boa cama da semente.

**Esc (Escarificador)** - mobilização primária vertical do solo **superficial** (10 - 15 cm de profundidade), **sem** reviramento da leiva, seguida de destorroamento e esmiação dos torrões, deixados pela mobilização primária, de forma a obter-se uma boa cama da semente.

**SD (Sementeira Directa)** – sementeira **directa** com mobilização na linha e à profundidade de sementeira, antecedida de uma monda pré-sementeira com herbicida total não residual.

Estes quatro tratamentos correspondem a quatro sistemas de mobilização do solo em que as alfaias utilizadas se encontram descritas no quadro III.2.1.

**Quadro III.2.1 Alfaias utilizadas nas mobilizações do solo e na sementeira**

Tratamento	Mobilização do solo		Sementeira
	Primária	Secundária	
Lav	charrua	grade-de-discos	semeador de linhas / monogrão <sup>(1)</sup>
Chi	chisel	grade-de-discos	semeador de linhas / monogrão <sup>(1)</sup>
Esc	escarificador	vibrocultor	semeador de linhas / monogrão <sup>(1)</sup>
SD	-	-	semeador de sementeira directa <sup>(2)</sup> de linhas / monogrão

(1) A sementeira da totalidade dos talhões foi feita com os semeadores de sementeira directa

(2) A sementeira foi antecedida de uma monda com herbicida total não residual



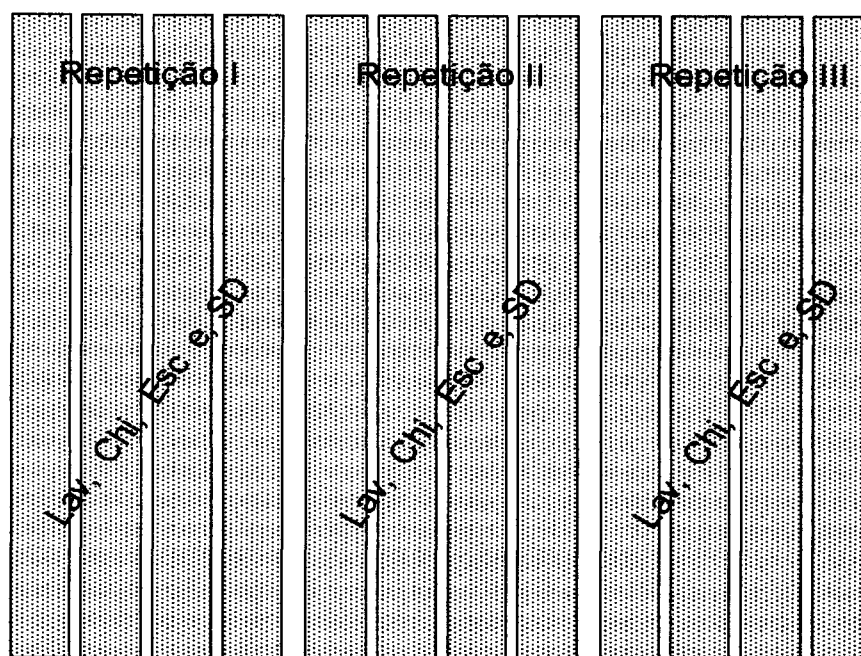
É de notar que o semeador de sementeira directa utilizado para semear os cereais e a forragem possuía um sistema de mono-disco.

Estes quatro sistemas de mobilização foram ensaiados nas herdades da Abóboda e da Revilheira, tendo-se utilizado em cada uma delas uma rotação trienal tradicional para os respectivos solos e regiões (Quadro III.2.2).

**Quadro III.2.2** Rotações praticadas nos ensaios

Herdade	Rotação		
Abóboda	trigo mole ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	triticale (X <i>Triticosecale</i> Wittmack)	forragem ( <i>Avena sativa</i> L.) ( <i>Vicia sativa</i> L.) ( <i>Vicia vilosa</i> L.)
	trigo mole ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	triticale (X <i>Triticosecale</i> Wittmack)	girassol ( <i>Heliantus annuus</i> L.)

Assim, em cada herdade delimitaram-se três campos (A1, A2 e A3 na Abóboda e R1, R2 e R3 na Revilheira), tendo-se definido em cada um deles três repetições dos quatro sistemas de mobilização do solo. As culturas sucederam-se em cada um dos campos de acordo com as rotações descritas e, assim, todas as culturas estiveram presentes nos três anos de ensaio. Cada talhão, correspondente a um tratamento, possuiu uma área de 450 m<sup>2</sup>, correspondendo a dimensão de 6 m de largura por 75 m de comprimento, encontrando-se organizados em blocos casualizados conforme ilustra a figura III.2.1.



**Figura III.2.1** Esquema de disposição dos talhões e das repetições

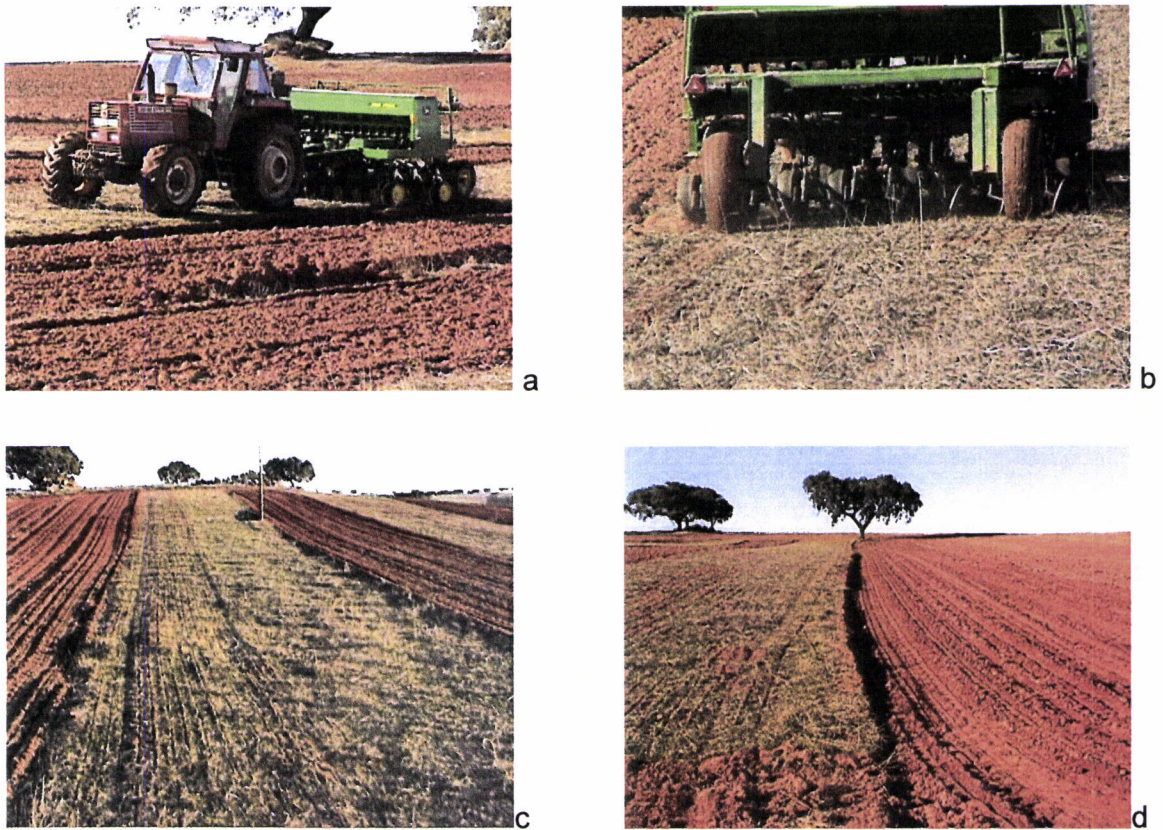
## 2.2. TÉCNICA CULTURAL

As diferentes operações culturais que ocorrem antes da sementeira das culturas, têm uma época ideal de modo a poder cumprir alguns dos seus objectivos. As épocas de realização assim como os objectivos pretendidos estão descritos no quadro III.2.3.

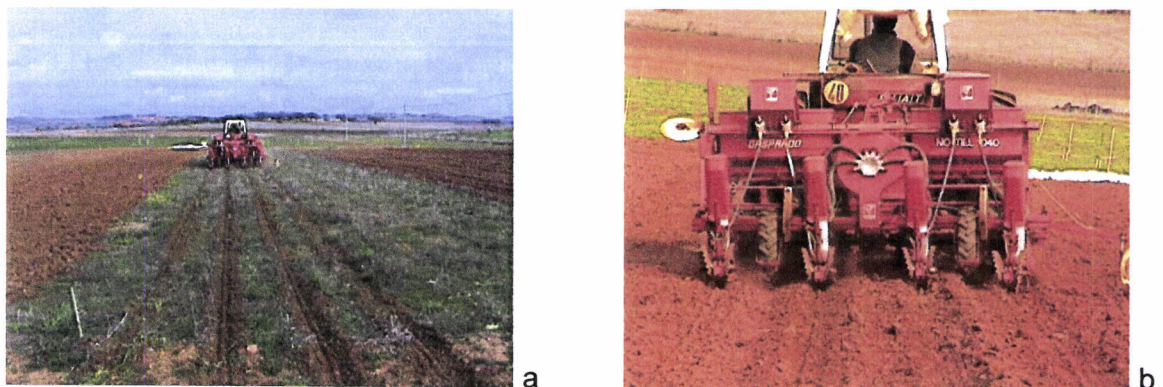
**Quadro III.2.3 Operações culturais anteriores à sementeira, épocas e objectivos**

Sistema de mobilização	Operação	Época	Objectivo
<b>Lav</b> (Lavoura)	lavoura	2 a 3 semanas antes do período previsto para a sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• descompactar o solo</li> <li>• controlo prévio das infestantes</li> </ul>
	gradagem	2 a 3 dias antes da data de sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reduzir o tamanho dos agregados à superfície</li> <li>• regularização da superfície</li> <li>• controlo de infestantes</li> </ul>
<b>Chi</b> (Chisel)	escarificação profunda	2 a 3 semanas antes do período previsto para a sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• descompactar o solo</li> <li>• controlo prévio das infestantes</li> </ul>
	gradagem	2 a 3 dias antes da data de sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reduzir o tamanho dos agregados à superfície</li> <li>• regularização da superfície</li> <li>• controlo de infestantes</li> </ul>
<b>Esc</b> (Escarificador)	escarificação superficial	2 a 3 semanas antes do período previsto para a sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• descompactar o solo</li> <li>• controlo prévio das infestantes</li> </ul>
	vibrocultor	2 a 3 dias antes da data de sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reduzir o tamanho dos agregados à superfície</li> <li>• regularização da superfície</li> <li>• controlo de infestantes</li> </ul>
<b>SD</b> (Sementeira Directa)	monda química	2 a 3 dias antes do período previsto para a sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• controlo total das infestantes</li> </ul>

Em cada ano as sementeiras dos diferentes sistemas de mobilização foram efectuadas, para cada campo, no mesmo dia de modo a que a data de sementeira não constituísse factor de variação entre sistemas.



**Figura III.2.2** Sementeira da cultura do trigo mole no campo A3 em Novembro de 1998. (a) e (b) aspectos da execução da sementeira directa (c) meio talhão de Sementeira Directa semeado (d) talhões de Sementeira Directa (à esquerda) e de Lavoura (à direita) após passagem do semeador



**Figura III.2.3** Sementeira da cultura do girassol no campo R2 em Março de 1999. (a) talhão de Sementeira Directa (b) talhão de Lavoura

O semeador utilizado na sementeira das culturas de Outono/Inverno foi um semeador, para sementeira directa, de linhas, mecânico, de fluxo contínuo, equipado com discos simples para abertura dos sulcos (John Deere 750) (figura III.2.2). Com frequência verificou-se, nos talhões dos sistemas com mobilização do solo (Lavoura, Chisel e Escarificador), que as condições em se encontrava a cama da semente impunha a necessidade de uma rolagem pós sementeira caso o semeador utilizado não tivesse sido um semeador de sementeira directa. A sementeira da cultura do girassol nos quatro sistemas de mobilização estudados foi feita com o recurso a um semeador próprio para sementeira directa com quatro linhas distanciadas 0,75 m entre si (Gaspardo No-Till 1040) (figura III.2.3).

Para além da data da sementeira, as datas das operações culturais seguintes também foram, em cada ano e em cada campo, as mesmas nos quatro sistemas de mobilização do solo. A razão deste procedimento reside no facto de querermos confinar às operações de mobilização do solo, as eventuais variações entre sistemas.

A colheita dos cereais foi feita com uma ceifeira-debulhadora automotriz para pequenas parcelas, com 1,5 m de largura de trabalho. No sentido de evitar algum efeito de bordadura, desprezaram-se os dois metros iniciais e finais dos talhões tendo a ceifeira-debulhadora percorrido em cada talhão dois trajectos de 71 m cada, centrando a barra de corte nos 1,5 m e nos 4,5 m de largura do talhão.

As operações culturais de adubação de fundo, sementeira, monda de pós-emergência, adubação de cobertura e colheita estão descritas no quadro III.2.4.

Para que não constituíssem factor de variação as quantidades utilizadas de semente, adubo e herbicida foram as mesmas nos quatro sistemas de mobilização e constam do quadro III.2.5.

**Quadro III.2.4 Calendário de operações (sementeira e operações culturais seguintes) nos campos A1, A2 e A3 da herdade da Abóboda e R1, R2 e R3 da herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Calendário de sementeira e tarefas seguintes					
		Herdade da Abóboda			Herdade da Revilheira		
		A1	A2	A3	R1	R2	R3
1995 / 96	Cultura	forragem	triticale	trigo	triticale	girassol	trigo
	adub. de fundo e sementeira	28-Nov	28-Nov	28-Nov	21-Nov	18-Mar	21-Nov
	monda pós-emergência		19-Jan	19-Jan	17-Jan		17-Jan
	1ª adubação de cobertura		2-Fev	2-Fev	30-Jan		30-Jan
	2ª adubação de cobertura		22-Mar	22-Mar	21-Mar		21-Mar
	colheita	19-Jun	25-Jun	25-Jun	1-Jul	4-Set	1-Jul
1996 / 97	Cultura	trigo	forragem	triticale	girassol	trigo	triticale
	adub. de fundo e sementeira	30-Out	30-Out	30-Out	23-Abr	25-Out	25-Out
	monda pós-emergência	3-Fev		3-Fev		27-Jan	27-Jan
	1ª adubação de cobertura	21-Jan		21-Jan		13-Jan	13-Jan
	2ª adubação de cobertura	18-Fev		18-Fev		13-Fev	13-Fev
	colheita	27-Jun	22-Mai	27-Jun	5-Set	2-Jul	2-Jul
1998 / 99	Cultura	forragem	triticale	trigo	triticale	girassol	trigo
	adub. de fundo e sementeira	10-Nov	10-Nov	10-Nov	5-Nov	31-Mar	5-Nov
	monda pós-emergência		27-Jan	27-Jan	29-Jan		29-Jan
	1ª adubação de cobertura		10-Fev	10-Fev	11-Fev		11-Fev
	2ª adubação de cobertura		24-Mar	24-Mar	22-Mar		22-Mar
	colheita	22-Jun	7-Jul	7-Jul	1-Jul	7-Set	1-Jul

**Quadro III.2.5 Quantidades de factores (semente adubos e herbicidas) aplicadas nas culturas do trigo mole, triticale, forragem e girassol**

Operação cultural	Cultura			
	trigo mole	triticale	forragem	girassol
sementeira	170 kg.ha <sup>-1</sup> (1)	180 kg.ha <sup>-1</sup> (2)	130 kg.ha <sup>-1</sup> (3)	50 000 plantas.ha <sup>-1</sup> (4)
adubação de fundo	27 kg N.ha <sup>-1</sup> 69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .ha <sup>-1</sup>	27 kg N.ha <sup>-1</sup> 69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .ha <sup>-1</sup>	23 kg N.ha <sup>-1</sup> 60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .ha <sup>-1</sup>	
monda pós-emergência				
diclofop-metilo	3 litros.ha <sup>-1</sup>	3 litros.ha <sup>-1</sup>		
tribenurão-metilo	20 g.ha <sup>-1</sup>	20 g.ha <sup>-1</sup>		
1ª adubação de cobertura	39 kg N.ha <sup>-1</sup>	39 kg N.ha <sup>-1</sup>	20 kg N.ha <sup>-1</sup>	
2ª adubação de cobertura	46 kg N.ha <sup>-1</sup>	46 kg N.ha <sup>-1</sup>		

(1) variedade utilizada Mondego em 1995/96 e Centauro em 1996/97 e 1998/99

(2) variedade utilizada Cume na herdade da Abóboda e Juanilho na herdade da Revilheira

(3) 60% aveia (São Mateus) e 40% mistura de vicias sativa e vilosa

(4) variedade utilizada Florasol

## 2.3. PARÂMETROS MEDIDOS E MÉTODOS UTILIZADOS

### 2.3.1. PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO

Neste trabalho comparou-se o efeito da mobilização do solo em alguns aspectos físico-químicos do solo. Para efectuar essa comparação avaliaram-se aspectos relacionados com a estrutura e com a fertilidade dos solos. Assim, mediram-se a porosidade, a densidade aparente, a resistência à penetração, a estabilidade dos agregados, a humidade do solo, a matéria orgânica, as quantidades de nitratos, fósforo e potássio e, ainda, a reacção do solo (pH).

O calendário de recolha de amostras de solo para determinação dos diferentes parâmetros relacionados com o solo, é apresentado no quadro III.2.6.

**Quadro III.2.6 Calendário de recolha de amostras para determinação dos parâmetros relacionados com o solo**

		Calendário de recolha de amostras de solo					
		Herdade da Abóboda			Herdade da Revilheira		
		A1	A2	A3	R1	R2	R3
1995 / 96	Cultura	forragem	triticale	trigo	triticale	girassol	trigo
	matéria orgânica, nitratos, fósforo, potássio, e pH	27-Nov	27-Nov	27-Nov	20-Nov	14-Mar	20-Nov
	porosidade e densidade aparente				7-Mar		5-Mar
	resistência à penetração			12-Abr			14-Dez
	diâmetro médio dos agregados			12-Abr			14-Dez
1996/97	Cultura	trigo	forragem	triticale	girassol	trigo	triticale
	matéria orgânica, nitratos, fósforo, potássio, e pH	29-Out	29-Out	29-Out	22-Abr	23-Out	23-Out
1998 / 99	Cultura	forragem	triticale	trigo	triticale	girassol	trigo
	matéria orgânica, nitratos, fósforo, potássio, e pH	9-Nov	9-Nov	9-Nov	3-Nov	30-Mar	3-Nov
	porosidade e densidade aparente				15-Abr		14-Abr
	humidade do solo					30-Mar a 10-Ago	

### 2.3.1.1. Porosidade e Densidade Aparente

Na recolha das amostras para determinação da porosidade foram abertos em cada talhão três perfis de onde se extraíram anéis de 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura contendo solo não perturbado. Em cada perfil recolheram-se três anéis, um em cada uma das três camadas analisadas (0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm). Cada anel foi sujeito a diferentes níveis de sucção (pF 0, pF 1, pF 1,8, pF 2,54) para os quais se registaram as correspondentes humidades volumétricas. Estas determinações foram feitas pelo método da placa de sucção para o que se recorreu a caixas de areia e caulino da EIJKELKAMP.

Simultaneamente com a recolha de anéis foram colhidas amostras de solo para determinação da humidade a pF 4,2. Esta determinação foi feita pelo método da membrana de pressão (ou método da panela de pressão) desenvolvido principalmente por RICHARDS (1948) e descrito em COSTA (1985).

Com o objectivo de compatibilizar os resultados obtidos nos vários pF com os valores obtidos a pF 4,2 e, na medida em que a determinação a pF 4,2 foi feita a partir de terra fina resultante de amostras perturbadas, corrigiram-se os valores obtidos com os anéis nas caixas de areia/caulino para a terra fina, subtraindo, no cálculo da humidade volumétrica, o volume do material grosseiro (diâmetro superior a 2 mm) presente em cada anel, ao volume do respectivo anel. Uma vez que a determinação a pF 4,2 foi feita com solo perturbado, o cálculo da humidade volumétrica para este nível de sucção teve em consideração a densidade aparente da terra fina.

O objectivo da determinação da humidade volumétrica foi relacioná-la com a porosidade do solo capaz de reter essa água. No sentido de fazer corresponder os vários valores de pF ensaiados, a diâmetros equivalentes de poros, baseámo-nos na equação da capilaridade, definida, pela lei de Jurin e na adaptação feita por SMART (1975). O quadro III.2.7 estabelece a correspondência entre os valores de pF e os diâmetros equivalentes dos poros.

**Quadro III.2.7** Correspondência entre os valores de pF e o diâmetro equivalente do maior poro capaz de reter a água contra a respectiva força de extracção

Valor de pF	Diâmetro do maior poro capaz de reter água ( $\mu\text{m}$ )
0	(1)
1,0	300
1,8	50
2,54	8,5
4,2	0,2

(1) solo saturado de água, correspondendo à porosidade total

A determinação da densidade aparente foi feita a partir dos anéis recolhidos para o cálculo da porosidade do solo.

O volume e o peso do material grosseiro presente em cada anel foi subtraído quando do cálculo da densidade aparente, obtendo-se, deste modo, a densidade da terra fina que foi o parâmetro considerado, para efeito de comparação entre sistemas de mobilização do solo.

### **2.3.1.2. Resistência à penetração**

A resistência à penetração foi determinada com a utilização de um penetrómetro digital de cone (Penetrologger 06.15 da EIJKELKAMP), tendo-se utilizado um de 60° com uma superfície de contacto de 2 cm<sup>2</sup> e uma velocidade de penetração de 2 cm.s<sup>-1</sup>. Os dados armazenados no aparelho foram posteriormente processados, com a versão 2.21 do programa informático Software Penetrologger.

Em cada talhão dos campos A3 e R3 fizeram-se perfurações em nove pontos, correspondentes a um percurso em zigzag segundo o comprimento do talhão.

A capacidade do aparelho registar valores de resistência para cada centímetro de profundidade foi aproveitada, tendo-se considerado na análise comparativa a média dos valores obtidos em cada camada de 10 cm.

### **2.3.1.3. Estabilidade dos agregados**

A estabilidade dos agregados foi medida através do seu diâmetro médio obtido por via seca.

Segundo WHITE (1993) a determinação da estabilidade dos agregados em via seca é frequentemente utilizada em estudos sobre a erodibilidade dos solos pelo vento e em estudos sobre a mobilização da cama da semente.

As amostras foram recolhidas na camada de 0 a 10 cm, sendo acondicionadas no transporte para o laboratório de forma a minimizar a destruição dos agregados existentes. A partir de uma amostra compósita seca ao ar de cada talhão amostrado fez-se passar 500 g de solo por um crivo de 8 mm, tendo o solo crivado sido colocado numa bateria de crivos com diferentes malhas (4 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm e 250 µm) e agitado num agitador rotativo. O cálculo do diâmetro médio dos agregados resultou da média, dos diâmetros médios de cada classe, ponderados com os pesos do solo retido em cada classe. Pelo que maiores diâmetros médios tendem a corresponder a agregados maiores resistentes à agitação imposta e, por consequência, mais estáveis.



#### 2.3.1.4. Humidade

A análise do efeito da mobilização na humidade do solo foi feita em 1999 na cultura do girassol, comparando-se os talhões de Sementeira Directa e de Lavoura.

As medições foram feitas utilizando dois métodos (TDR – *Time Domain Reflectometry* e sonda de neutrões) cumprindo objectivos diferentes. As leituras efectuadas com sonda de neutrões descrevem o perfil de humidade a partir dos 20 cm de profundidade, enquanto que as medições superficiais com TDR respondem à dificuldade que a sonda de neutrões tem, em obter leituras credíveis à superfície.

Escolheram-se talhões contíguos de Sementeira Directa e de Lavoura, tendo-se instalado em cada sistema cinco locais permanentes de medição. A disposição dos locais foi feita para que cada local de um tratamento estivesse próximo de um local do outro sistema. O objectivo deste procedimento residiu na tentativa de que factores de carácter espacial afectassem do mesmo modo cada par de locais, ficando principalmente como factor de variação entre cada um, o sistema de mobilização.

No método TDR foram utilizadas sondas tipo P2 instaladas com carácter permanente e cravadas na horizontal nas três camadas (0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm) dos perfis estudados. Cada uma destas sondas encontrava-se ligada a um cabo que, à superfície, era conectado ao aparelho portátil de medição Trime-FM da IMKO, para realização da leitura da humidade volumétrica.

No método da sonda de neutrões instalaram-se dez tubos de acesso seguindo o mesmo critério da escolha dos locais de medição com TDR. As leituras foram efectuadas em intervalos de 10 cm desde os 20 cm até aos 70 cm de profundidade.

#### 2.3.1.5. Matéria orgânica, nitratos, fósforo, potássio e potencial hidrogeniónico

O teor do solo em matéria orgânica, nitratos, fósforo e potássio, assim como o pH do solo, foram determinados a partir de amostras de solo colhidas após as mobilizações para preparação da cama da semente e antes das sementeiras das culturas. Em cada talhão efectuaram-se várias amostragens, conduzindo a três amostras compostas como resultado da separação do solo correspondente às camadas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

A determinação da matéria orgânica foi feita por ataque químico com o dicromato de potássio em meio sulfúrico em bloco digestor, segundo o método titrimétrico de WALKLEY e BLACK, 1934).

As amostras de solo para determinação do teor em nitratos foram acondicionadas em malas térmicas durante o transporte até ao laboratório, onde foram congeladas para

posterior processamento. A extracção foi feita com 2M KCl (10 ml de extractante por grama de solo). Este método de extracção utilizado, apresenta as vantagens de ser simples e rápido e, sobretudo, do extracto poder ser facilmente armazenado a baixas temperaturas, durante longos períodos até ser analisado. Quando uma quantidade significativa de extractos foi reunida, fez-se a determinação do teor do solo em nitratos pelo método de redução por cádmio coperizado e a quantificação pelo método Griess-Ilosvay. Foi utilizado um equipamento automático na redução por cádmio e na quantificação colorimétrica.

Os teores do solo em fósforo e em potássio foram determinados no Laboratório de Química Agrícola da Universidade de Évora. O método utilizado foi o de Egner-Riehm, tendo o teor de fósforo sido quantificado com leitura colorimétrica por espectrometria de absorção molecular, enquanto que no caso do potássio procedeu-se à leitura por fotometria de chama.

A utilização de cloreto de cálcio (0,01M CaCl<sub>2</sub>) na determinação da reacção do solo tem a vantagem de ser um método menos sensível à história recente da fertilização, no entanto, a adição do sal baixa o pH em cerca de 0,5 unidades, relativamente ao valor obtido em água. O pH do solo obtido em água assemelha-se mais ao pH da solução do solo no campo, necessitando para tal que a condutividade eléctrica do solo não seja elevada e que os solos não sejam adubados (HENDERSHOT *et al.*, 1993). Assim, determinámos a reacção do solo nos dois meios (CaCl<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O).

### 2.3.2. PARÂMETROS RELACIONADOS COM AS CULTURAS

Nas culturas do trigo mole e do tritcale os parâmetros medidos do material vegetal foram os seguintes:

- A Nº de plantas emergidas.m<sup>-2</sup>
- B Nº de filhos.planta<sup>-1</sup>
- C Nº de espigas potenciais.m<sup>-2</sup> [A x (1 + B)]
- D Matéria seca (g.m<sup>-2</sup>)
- E Nº de espigas à colheita.m<sup>-2</sup>
- F Taxa de sobrevivência das espigas (%) [E / C x 100]
- G Peso de 1000 grãos
- H Nº de grãos.m<sup>-2</sup> [J / G / 1000]
- I Nº de grãos.espiga<sup>-1</sup>
- J Produção de grão (g.m<sup>-2</sup>)
- K Produção de palha (g.m<sup>-2</sup>)
- L Índice de colheita (%) [J / (J + K) x 100]

Na cultura do girassol os parâmetros medidos do material vegetal foram os seguintes:

- M Nº de plantas emergidas.m<sup>-2</sup>
- N Matéria seca.m<sup>-2</sup>
- O Nº de capítulos à colheita.m<sup>-2</sup>
- P Peso de 1000 grãos
- Q Nº de grãos.m<sup>-2</sup> [S / P / 1000]
- R Nº de grãos.capítulo<sup>-1</sup>
- S Produção de grão (g.m<sup>-2</sup>)
- T Produção de palha (g.m<sup>-2</sup>)
- U Índice de colheita (%) [S / (S + T) x 100]

Na cultura da forragem determinou-se apenas a produção final de matéria seca.

Procurou-se que as contagens, nos cereais, do número de filhos fosse feita sempre após o pleno afilhamento (código 29 na escala de ZADOKS *et al.* (1974), anexo 1) aproveitando-se essa altura para contar as plantas emergidas e colher material vegetal para determinação da matéria seca. Assim, as datas destas contagens e colheita de amostras são apresentadas no quadro III.2.8.

**Quadro III.2.8** Datas de contagem das plantas emergidas e do nº de filhos por planta e das colheitas de material vegetal para determinação da matéria seca

		Herdade da Abóboda			Herdade da Revilheira		
		A1	A2	A3	R1	R2	R3
1995 / 96	Cultura	forragem	triticale	trigo	triticale	girassol	trigo
	plantas emergidas		13-Fev	14-Fev	26-Fev	18-Abr	26-Fev
	afilhamento		13-Fev	14-Fev	26-Fev		26-Fev
	matéria seca		13-Fev	14-Fev	26-Fev	30-Abr	26-Fev
1996 / 97	Cultura	trigo	forragem	triticale	girassol	trigo	triticale
	plantas emergidas	6-Dez		6-Dez	20-Mai	29-Nov	29-Nov
	afilhamento	3-Mar		3-Mar		26-Fev	27-Fev
	matéria seca	3-Mar		3-Mar	29-Mai	26-Fev	27-Fev
1998 / 99	Cultura	forragem	triticale	trigo	triticale	girassol	trigo
	plantas emergidas				5-Jan	22-Abr	5-Jan
	afilhamento						
	matéria seca					22-Abr	

Nas culturas do trigo mole e do triticale marcaram-se em cada talhão quatro sub-talhões, com 1 m de comprimento por duas linhas de largura, a partir dos quais se fizeram as contagens das plantas emergidas, do afilhamento e das espigas à colheita. A

colheita de plantas para determinação da matéria seca foi feita no dia da contagem das plantas emergidas e do afilamento, tendo sido, em cada talhão, colhido o material vegetal correspondente a oito segmentos de linha de 1 m cada, distribuídos ao longo do talhão.

Nos dias imediatamente anteriores, ou no próprio dia da ceifa da cultura, fez-se a contagem das espigas produtivas dos sub-talhões, após o que foram colhidas e debulhadas em laboratório para determinação dos parâmetros peso de 1000 grãos, nº de grãos.espiga<sup>-1</sup> e produção de palha.m<sup>-2</sup>. A debulha destas espigas foi feita mecanicamente com o recurso a uma debulhadora para pequenas amostras.

A colheita do grão foi feita com a utilização de uma ceifeira-debulhadora para pequenos talhões, com uma largura de trabalho de 1,5 m. Em cada talhão foi ceifada uma área de 106,5 m<sup>2</sup>, correspondendo a duas passagens no sentido do comprimento desprezando-se duas faixas de 2 m, uma no início e outra no fim do talhão. O grão colhido foi pesado tendo sido colhida uma sub-amostra para determinação da humidade.

Na cultura do girassol as contagens das plantas emergidas e do nº de capítulos produtivos foram feitas nas quatro linhas centrais de 75 m de cada talhão, correspondendo a uma área de 225 m<sup>2</sup>.

Para determinar o peso da matéria seca, colheu-se o material vegetal correspondente a oito linhas de 2 m cada, distribuídas ao longo de cada talhão.

A determinação da produção de grão foi feita a partir da debulha, em laboratório, dos capítulos colhidos nas quatro linhas centrais.

Na determinação da produção de palha consideraram-se as canas colhidas nas duas linhas centrais de cada talhão, para além dos capítulos debulhados correspondentes.

Cada talhão na cultura da forragem foi colhido na íntegra (450 m<sup>2</sup>), utilizando-se uma gadanheira de ensaios equipada com balança, capaz de pesar o material vegetal colhido.

Os pesos considerados no cálculo dos diferentes parâmetros referem-se ao peso seco, cuja determinação foi feita em estufa a 65°C até peso constante (aproximadamente 48 horas), utilizando-se a totalidade das amostras ou sub-amostras quando o volume das amostras assim o justificava, como foram os casos do grão dos cereais colhido pela ceifeira-debulhadora ou do grão, das canas e dos capítulos colhidos no girassol.

### 2.3.3. PARÂMETROS RELACIONADOS COM A ANÁLISE ECONÓMICA

Neste trabalho fez-se um estudo comparativo dos quatro sistemas de mobilização do solo (SD, Esc, Chi e Lav), tendo por base a cultura do trigo mole e o itinerário técnico seguido nos ensaios. A avaliação de cada sistema de mobilização baseou-se, principalmente, nos aspectos mais directamente relacionados com a mobilização do solo:

- Tempo de trabalho (horas.ha<sup>-1</sup>)
- Dimensão do parque de máquinas
- Custo da mão-de-obra (€.ha<sup>-1</sup>)
- Custo da tracção (€.ha<sup>-1</sup>)
- Custo de reparação e manutenção do equipamento (€.ha<sup>-1</sup>)
- Custo de amortização do equipamento (€.ha<sup>-1</sup>)
- Custo atribuído ao capital de exploração circulante (€.ha<sup>-1</sup>)
- Custo atribuído ao capital de exploração fixo inanimado (€.ha<sup>-1</sup>)
- Margem líquida (€.ha<sup>-1</sup>)
- Consumo energético (MJ.ha<sup>-1</sup>)
- Eficiência de utilização da energia (kg.MJ<sup>-1</sup>)
- Eficiência energética

Com o objectivo de perceber o efeito da área trabalhada sobre a economia dos sistemas de mobilização do solo, os parâmetros económicos (custos e margem líquida) foram calculados em função da área semeada, tendo-se considerado o intervalo dos 10 ha até aos 300 ha.

#### 2.3.3.1. Tempo de Trabalho

Os tempos de trabalho para cada tarefa corresponderam ao somatório dos diferentes tempos elementares (efectivo, adicional de viragem, adicional de carga e/ou abastecimento, adicional de acesso à parcela dentro da folha, adicional de transporte entre a folha e o assento de lavoura, adicional de deslocação para o local de trabalho e adicional de preparação), conforme definidos em MENDONÇA e CARNEIRO (1992). O tempo adicional de preparação foi utilizado para distinguir dois tempos agregados, tempo de tarefa (que o inclui) e tempo de tracção (que o exclui), correspondendo o primeiro ao tempo de mão-de-obra e o segundo apenas ao tempo em que o tractor está em funcionamento, consumindo combustível.

No cálculo destes tempos considerou-se um comprimento médio de parcela de 200 m e uma distância média ao assento de lavoura de 1 km. As velocidades de trabalho das diferentes operações culturais, assim como as larguras de trabalho e capacidades dos depósitos ou tremonhas das alfaias consideradas são referidas no quadro III.2.9.

**Quadro III.2.9** Velocidades, larguras de trabalho e capacidades dos depósitos ou tremonhas das alfaias consideradas na análise

Alfaia	Velocidade de trabalho (km.s <sup>-1</sup> )	Largura de trabalho (m)	Capacidade do depósito ou tremonha
charrua	5	0,99	
chisel	6	1,92	
escarificador	7	3,80	
grade-de-discos	6	2,45	
vibrocultor	7	4,10	
semeador de linhas (convencional)	7	3,00	324 litros
semeador de linhas (sementeira directa)	7	3,00	480 litros
pulverizador	8	12,00	800 litros
distribuidor centrífugo	7	19,00	1150 kg
enfadadeira	5	3,60	

### 2.3.3.2. Dimensão do Parque de Máquinas

O dimensionamento do parque de máquinas teve em consideração o pressuposto de que as alfaias possuem uma utilização anual máxima, consequência do tempo disponível para a realização das diferentes operações culturais. Este tempo deve resultar da intercepção do período agronomicamente desejável, com o número de dias de trabalho que as condições edáfo-climáticas concedem. Nesta análise adoptaram-se os limites mais elevados de utilização anual das máquinas agrícolas referidos em HENRIQUES e CARNEIRO (2002).

O grau de utilização anual de um equipamento aumenta com o crescimento da área trabalhada até que é atingindo o número máximo de horas de trabalho anual, altura em que existe a necessidade de um equipamento adicional. Considerou-se que o grau de utilização dos vários equipamentos do mesmo tipo, correspondeu ao quociente entre o número total anual de horas necessárias para a realização de uma dada tarefa cultural e o número de equipamentos existentes. Por outras palavras, para qualquer valor de área semeada, o grau de utilização anual de cada grade-de-discos (por exemplo)

corresponde ao quociente entre o número de horas necessárias para gradar anualmente essa área e o número de grades-de-discos existentes. Esta igual repartição do número de horas pelo número de equipamentos do mesmo tipo, resulta do pressuposto que os tractores ou alfaias adicionais possuem as mesmas características técnicas que os já existentes e que são anualmente utilizados com a mesma intensidade.

Foi utilizado o método dos orçamentos de actividade, tendo-se elaborado quatro orçamentos de actividade (um para cada sistema de mobilização) para cada um dos valores de área do intervalo considerado (10 a 300 ha). De todos estes, apenas se consideraram, para efeitos de construção dos gráficos, os orçamentos de actividade correspondentes a 45 valores de área semeada (10, 20, 30, 42, 43, 47, 48, 50, 61, 62, 75, 82, 83, 90, 91, 100, 106, 107, 125, 130, 131, 142, 143, 150, 152, 153, 175, 181, 182, 200, 212, 213, 214, 225, 240, 241, 250, 260, 261, 272, 273, 275, 284, 285 e 300 ha).

Os orçamentos de actividade foram elaborados tendo em consideração um cenário de preços (anexo 2) resultado da média dos preços de mercado amostrados (amostra de conveniência). Os valores de substituição (preço em estado novo) considerados para os diferentes equipamentos, são valores líquidos após o desconto comercial de pronto pagamento.

Os orçamentos de actividade elaborados foram utilizados como base de dados a partir da qual se obtiveram os valores dos diferentes custos analisados.

A decisão de compra de um parque de máquinas próprio ou do recurso a aluguer, através da prestação externa de serviços, baseou-se no pressuposto de análise de que a aquisição do conjunto de máquinas próprias, que constituem o parque de máquinas necessário à realização de uma dada área da cultura, só acontece quando o custo de aluguer das operações de mobilização do solo e de sementeira, ultrapassa o custo completo que representa para a empresa possuir essas máquinas e alfaias. Este critério de análise obriga então a comparar, para cada valor de área semeada, o preço (com mão-de-obra incluída) solicitado pelos prestadores de serviços de aluguer de máquinas e alfaias agrícolas para a realização das operações culturais de mobilização e sementeira, com o custo agregado de tracção (mão-de-obra, combustíveis e lubrificantes, reparação e manutenção, amortização e custos atribuídos aos capitais de exploração circulante e fixo inanimado) que representa executar as mesmas operações culturais com recursos próprios.

Com este critério, a aquisição de todo o parque de máquinas depende da decisão de compra dos tractores e alfaias de mobilização do solo e sementeira. Este facto encontra algum suporte lógico já que muito dificilmente o agricultor decide, por exemplo, adquirir um distribuidor centrífugo para a realização das adubações de cobertura ou um

pulverizador para as mondas químicas pós-sementeira sem previamente (ou em simultâneo) adquirir o tractor e as alfaías para as mobilizações do solo e sementeira. O contrário, embora mais plausível, não foi considerado neste trabalho, uma vez que se pressupôs que na medida em que o agricultor dispõe já de mão-de-obra e tracção para a realização das tarefas até à sementeira, a aquisição das alfaías para poder executar as mondas e as coberturas constitui uma mais valia técnica pela possibilidade que oferece ao agricultor de intervir oportunamente na cultura, não dependendo assim das disponibilidades momentâneas das empresas de aluguer.

#### 2.3.3.3. Custo com a Mão-de-obra

O custo da mão-de-obra resultou do produto do número estimado de horas necessárias por ano pelo seu custo horário, sendo este último resultado do quociente entre o custo anual e uma Unidade Trabalho Ano (UTA) expressa em horas. Deste modo, em cada sistema de mobilização do solo, o custo com o trabalho por hectare é constante, variando apenas em função do sistema de mobilização considerado. Este critério, ao retirar da análise o efeito da eficiência de utilização do recurso trabalho nos contextos complexos dos diferentes tipos de empresa agrícola, permite que as variações observadas neste parâmetro sejam exclusivamente atribuídas às diferentes necessidades dos sistemas de mobilização do solo.

#### 2.3.3.4. Custo de Tracção

O custo de tracção constituiu o somatório dos diferentes custos existentes e relacionados com a tracção, conforme enunciado na equação (1).

$$C_{\text{tracção}} = C_{\text{mo}} + C_{\text{comb}} + C_{\text{rep}} + C_{\text{amort}} + C_{\text{cec}} + C_{\text{cefi}} \quad (1)$$

onde, **C<sub>tracção</sub>** é o custo de tracção, **C<sub>mo</sub>** é o custo com a mão-de-obra, **C<sub>comb</sub>** é o custo com os combustíveis e lubrificantes, **C<sub>rep</sub>** é o custo com a reparação e manutenção do equipamento, **C<sub>amort</sub>** é o custo com a amortização do equipamento, **C<sub>cec</sub>** é o custo atribuído ao capital de exploração circulante, **C<sub>cefi</sub>** é o custo atribuído ao capital de exploração fixo inanimado.



Para estimar o custo horário com combustíveis e lubrificantes utilizou-se uma adaptação do método seguido em MENDONÇA (2004). Assim, a estimativa do custo horário é traduzida pela da equação (2).

$$C_{\text{comb}}_{\text{hora}} = 0,1 \times \text{Pot} \times P_{\text{gasoleo}} + 0,002 \times \text{Pot} \times P_{\text{oleo}} \quad (2)$$

onde,  $C_{\text{comb}}_{\text{hora}}$  é o custo horário com os combustíveis e lubrificantes,  $\text{Pot}$  é a potência, expressa em cavalo-vapor, solicitada ao tractor pela alfaia,  $P_{\text{gasoleo}}$  é o preço do gasóleo expresso em €.litro<sup>-1</sup>,  $P_{\text{oleo}}$  é o preço do óleo expresso em €.litro<sup>-1</sup>.

### 2.3.3.5. Custo de Reparação e Manutenção das Máquinas e Alfaias

O custo com a reparação e manutenção das máquinas e alfaias é função do grau de utilização do equipamento. No entanto, é frequente encontrarmos a estimativa anual deste custo como resultado do produto do valor de substituição do equipamento por uma taxa de 4%. Esta metodologia ignora o facto de que o grau de utilização anual influi na dimensão do montante dispendido anualmente em reparação/manutenção, pelo que neste trabalho, procurámos introduzir o efeito da utilização anual na definição deste custo. Assim, considerou-se o montante anual de reparação variável entre 1% e 4% do valor de substituição, sendo que para um grau de utilização anual até 25% do número máximo anual de horas (anexo 3), a taxa considerada foi de 1%, enquanto que para graus de utilização anual superiores a 25% a taxa variou entre 1% e 4%, proporcionalmente ao grau de utilização. As expressões (3) e (4) traduzem a metodologia seguida.

$$\frac{N_{\text{hano}}}{N_{\text{hmax}}} < 0,25 \Rightarrow C_{\text{rep}}_{\text{ano}} = 0,01 \times \text{VS} \quad (3)$$

$$\frac{N_{\text{hano}}}{N_{\text{hmax}}} \geq 0,25 \Rightarrow C_{\text{rep}}_{\text{ano}} = \frac{N_{\text{hano}}}{N_{\text{hmax}}} \times 0,04 \times \text{VS} \quad (4)$$

onde,  $C_{\text{rep}}_{\text{ano}}$  é o custo anual de reparação e manutenção do um dado equipamento,  $\text{VS}$  é o valor de substituição desse equipamento,  $N_{\text{hano}}$  é o número anual de horas que o equipamento trabalha,  $N_{\text{hmax}}$  é o número máximo de horas que o equipamento trabalha por ano.

### 2.3.3.6. Custo de Amortização das Máquinas e Alfaias

A amortização, embora não constituindo um movimento de tesouraria, representa um custo real que as actividades agrícolas devem conseguir suportar, pois trata-se de um custo fixo estrutural.

A metodologia de cálculo seguida baseou-se no método das quotas constantes, pelo que a quota anual foi (considerando-se um valor residual nulo) o resultado do quociente entre o valor de substituição e vida útil (equação (5)). A amortização de um equipamento calculada desta forma representa o seu custo anual de utilização, o que não é necessariamente coincidente com a amortização contabilística.

$$\text{Camort} = \frac{\text{VS}}{\text{VU}} \quad (5)$$

onde, **Camort** é o custo anual de amortização de um dado equipamento, **VS** é o valor de substituição desse equipamento e **VU** é a sua vida útil, expressa em anos.

A vida útil de um tractor ou de uma alfaia não pode ser um valor rígido e pré-definido, uma vez que o intervalo de tempo em que é capaz de desempenhar as funções para as quais foi concebido(a) (definição de vida útil) depende necessariamente da intensidade anual com que é utilizado(a). Assim, com o objectivo de incorporar no cálculo da amortização, o efeito do grau de utilização de cada equipamento, considerou-se a vida útil de cada um deles contida num intervalo de anos, onde os valores extremos são definidos pelas vidas úteis mínima e máxima (anexo 3). Deste modo, a vida útil de um dado equipamento oscilou entre a vida útil máxima admitida e a vida útil mínima considerada tendo em consideração o seu grau de utilização anual, definido pelo rácio entre o número de horas de uso efectivo e o número máximo de horas de utilização. As expressões (6) e (7) traduzem o algoritmo utilizado no cálculo deste custo.

$$\frac{N_{h_{ano}}}{N_{h_{max}}} < \frac{VU_{min}}{VU_{max}} \Rightarrow VU = VU_{max} \quad (6)$$

$$\frac{N_{h_{ano}}}{N_{h_{max}}} \geq \frac{VU_{min}}{VU_{max}} \Rightarrow VU = \frac{N_{h_{max}}}{N_{h_{ano}}} \times VU_{min} \quad (7)$$

onde,  $VU$  é a vida útil de um equipamento,  $VU_{\min}$  é a vida útil mínima desse equipamento,  $VU_{\max}$  é a vida útil máxima desse equipamento,  $Nh_{\text{ano}}$  é o número anual de horas que o equipamento trabalha,  $Nh_{\max}$  é o número máximo de horas que o equipamento trabalha por ano.

### 2.3.3.7. Custos Atribuídos ao Capital

Neste trabalho, o custo atribuído ao capital representou o custo de utilização dos capitais de exploração fixo e circulante. Considerou-se, para efeitos de análise, a origem própria desse capital, isto é, as despesas anuais com a aquisição dos factores de produção, assim como o investimento na compra do parque de máquinas, são realizadas com o recurso a meios financeiros próprios. A remuneração anual deste capital foi feita através de uma taxa anual de 3%, que se considerou ser o seu custo de oportunidade.

As despesas de exploração possuem, por força da sua natureza, diferentes períodos de empate. Este facto obrigou a considerar, para cada uma delas, uma verba equivalente anual, de modo a que se pudesse calcular o respectivo juro atribuído resultante da aplicação da taxa anual de 3%. O processo de cálculo das verbas equivalentes anuais encontra-se traduzido na expressão (8).

$$VEA = \frac{C \times N}{12} \quad (8)$$

onde,  $VEA$  é a verba equivalente anual,  $C$  é a despesa corrente para a qual se pretende determinar o respectivo custo de oportunidade e  $N$  é o período de empate dessa despesa, expresso em meses.

O custo atribuído ao capital de exploração fixo traduziu-se num juro anual atribuído, cujo cálculo consistiu, para cada tractor ou alfaia, no produto da taxa de juro anual de 3% pelo seu valor actual.

Na medida em que o valor actual de um bem depende, entre outros factores, da sua idade, iguais equipamentos com idades diferentes possuem necessariamente custos atribuídos diferentes. Deste modo, a idade do parque de máquinas introduz um elemento de variação na análise que constitui ruído quando o objectivo é o da comparação de tecnologias de mobilização do solo. Neste tipo de comparação a fonte

de variação deve ser a dimensão (número e tipo) do parque de máquinas e não a idade dos seus constituintes.

Como forma de eliminar o efeito da idade, considerou-se, para efeitos de cálculo, que as várias componentes do parque de máquinas dos diferentes sistemas de mobilização do solo possuíam um valor actual intermédio, e portanto correspondente a uma idade igual a metade das respectivas vidas úteis. Este pressuposto conduziu a que a estimativa do valor actual de um qualquer equipamento correspondesse a metade do seu valor de substituição. A equação (9) traduz o algoritmo utilizado.

$$JCEFI = \frac{VS}{2} \times 0,03 \quad (9)$$

onde, **JCEFI** é o juro anual atribuído ao capital de exploração fixo inanimado e **VS** é o valor de substituição do equipamento considerado.

#### **2.3.3.8. Margem líquida**

A margem líquida resulta da subtracção entre os proveitos totais e os encargos totais, exprimindo assim a ideia de um saldo económico anual da actividade.

Neste trabalho consideraram-se apenas os proveitos resultantes das vendas do grão e dos fardos de palha. O facto de não termos incluído na análise outras fontes de receita, como o caso dos subsídios de exploração a fundo perdido ou, ainda, o Regime de Pagamento Único (RPU), foi intencional e visou a comparação dos sistemas de mobilização do solo, em função das suas capacidades técnicas intrínsecas de gerar rendimento para o agricultor, independentemente das políticas agrícolas a que ele possa, eventualmente, ter acesso.

Calcularam-se as margens líquidas para a cultura do trigo mole nos dois locais de ensaios (herdades da Abóboda e Revilheira). Na medida em que os itinerários técnicos seguidos, nas duas herdades, para esta cultura, foram idênticos, consideraram-se iguais os custos com a cultura nos dois locais, tornando, assim, a variação entre locais uma consequência directa das diferentes produtividades.

Neste trabalho não foram contabilizados os encargos com eventuais construções agrícolas, uma vez que a variedade de hipóteses possíveis tornava excessivamente complexo este estudo, sem que isso acrescentasse uma mais valia significativa em

termos de comparação de sistemas de mobilização. De facto, o tipo de construção, a sua dimensão e a eventual multifuncionalidade, são questões com respostas múltiplas e sem relação próxima com os sistemas de mobilização do solo.

O recurso terra também não foi considerado nesta análise, uma vez que, para além de não constituir factor de variação entre sistemas de mobilização, a sua remuneração está dependente da terra ser própria ou arrendada, originando por consequência um custo atribuído ou um custo real, respectivamente. Os diferentes preços de mercado, função de vários factores, nomeadamente, a região, o tempo e a especulação imobiliária, também contribuiriam para amplificar o ruído deste estudo comparativo.

### **2.3.3.9. Parâmetros Energéticos**

A análise energética constitui um modo de avaliar as quantidades de energia associadas aos factores envolvidos no processo produtivo.

O consumo de energia é feito por via directa, quando ela é utilizada directamente ou, por via indirecta, através dos diferentes factores de produção, uma vez que a sua fabricação/construção/reparação/manutenção obrigou a um consumo energético.

A estimativa de consumo global de energia, feita por cada sistema de mobilização do solo, resultou do somatório dos consumos parciais seguintes:

- Combustíveis
- Fertilizantes
- Sementes
- Herbicidas
- Maquinaria

A energia consumida através dos combustíveis foi calculada pelo produto da quantidade de litros de gasóleo consumida pela energia contida num litro deste.

No caso dos fertilizantes e dos herbicidas, a energia que lhes está associada advém dos consumos energéticos que foram efectuados aquando do seu fabrico, embalamento e transporte, pelo que se considerou o produto da quantidade de factor aplicado na cultura pelo respectivo custo energético.

O custo energético da semente resulta da energia que foi consumida no seu processo produtivo, selecção, limpeza, tratamento, armazenamento, embalamento e transporte.

O custo energético da maquinaria incluiu as energias consumidas na produção das matérias-primas e na sua fabricação, acrescida da energia envolvida na reparação e manutenção ao longo da sua vida útil. Partindo deste custo energético expresso por

unidade de massa e hora de trabalho, consideram-se então, os diferentes pesos dos vários equipamentos bem como os respectivos tempos de trabalho gastos anualmente.

Os custos unitários de energia, expressos nas diferentes unidades de conveniência encontram-se resumidos no anexo 4.

#### **2.3.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

A análise estatística dos parâmetros relacionados com o solo e com as culturas, baseou-se em análises de variância, procurando estudar o efeito dos factores mobilização do solo e profundidade, assim como a interacção entre eles.

Quando as diferenças entre as médias dos tratamentos foi significativa, isto é, quando a probabilidade do erro explicar a variação existente foi inferior a 5% (intervalo de confiança de 95%), procedeu-se à comparação múltipla das médias, através da diferença mínima significativa para um intervalo de confiança de 95%.

A origem da variação encontra-se resumida nos quadros do anexo 5.

No caso dos parâmetros relacionados com as culturas estudou-se a significância das diferentes correlações, tendo-se determinado equações de regressão linear para as produções relativas de grão em função do tempo.

As análises de variância foram efectuadas de acordo com o delineamento experimental, tendo-se utilizado o programa informático SPSS, versão 15.0 para WINDOWS de 6 de Setembro de 2006. Este mesmo programa serviu também para calcular as correlações e regressões atrás referidas.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. PARÂMETROS RELACIONADOS COM O SOLO

#### 1.1. POROSIDADE

##### 1.1.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA POROSIDADE DO SOLO

No ano de 1995/96, não se registou qualquer efeito da mobilização do solo sobre a porosidade total. Segundo os dados observados neste ano para os campos R1 e R3 da herdade da Revilheira (quadro IV.1.1), a Sementeira Directa apresenta valores ligeiramente superiores aos restantes sistemas de mobilização, embora do ponto de vista estatístico as diferenças verificadas entre sistemas não sejam significativas.

**Quadro IV.1.1** Efeito do sistema de mobilização do solo na porosidade total (%) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

	Porosidade total (%)			
	Campo R1		Campo R3	
	1995/96	1998/99	1995/96	1998/99
Sem. Directa	43,1	45,8 b	48,2	46,0 b
Escarificador	42,6	48,6 ab	47,0	50,5 a
Chisel	42,2	50,4 ab	47,7	52,3 a
Lavoura	42,4	53,1 a	47,1	51,6 a
Média	42,6	49,3	47,5	50,1
Significância	0,907	0,021	0,838	0,00007
Coef. de variação	7,0%	9,9%	7,3%	7,2%
LSD erro $\leq 0,05$		4,65		2,43

Ao contrário do primeiro ano, os registos obtidos no ano de 1998/99 mostram ter existido efeito do sistema de mobilização sobre a porosidade total, em ambos os campos.

No campo R1 as diferenças observadas foram significativas, tendo a Sementeira Directa sido o tratamento com o menor volume de poros (45,8 %) e a Lavoura o tratamento em que se observou o valor mais elevado para a porosidade total (53,1%).

No campo R3 o efeito do sistema de mobilização sobre a porosidade total foi altamente significativo, constituindo a Sementeira Directa, tal como no campo R1, o tratamento com menor porosidade total (46,0%), sendo os valores obtidos para os restantes três tratamentos estatisticamente iguais (50,5%, 52,3% e 51,6%).

Em 1995/96, na herdade da Revilheira e no período que decorreu desde a sementeira (fim de Novembro) e a recolha de amostras para determinação da porosidade (início de Março), ocorreu uma precipitação de 520 mm. Por outro lado, em 1998/99, entre a sementeira (início de Novembro) e a amostragem para a determinação da porosidade (meados de Abril) a precipitação ocorrida foi apenas de 185 mm. Esta diferença, entre a precipitação ocorrida, pode ajudar a explicar o facto dos valores determinados em 1996 já não reflectirem os efeitos da mobilização do solo, enquanto que em 1999, tratando-se de um ano particularmente seco, esse efeito conseguiu, pelo menos em parte, perdurar até ao momento da recolha das amostras. Assim sendo, a estabilidade, frente à água, dos agregados gerados pela mobilização do solo terá de ser fraca.

Os quadros IV 1.2 e IV 1.3 apresentam o desdobramento da porosidade total em cinco classes de poros ( $> 300 \mu\text{m}$ ;  $300$  a  $50 \mu\text{m}$ ;  $50$  a  $8,5 \mu\text{m}$ ;  $8,5$  a  $0,2 \mu\text{m}$  e  $< 0,2 \mu\text{m}$ ).

**Quadro IV.1.2 Efeito do sistema de mobilização do solo em diferentes classes de porosidade (%) ( $> 300 \mu\text{m}$ ;  $300$  a  $50 \mu\text{m}$ ;  $50$  a  $8,5 \mu\text{m}$ ;  $8,5$  a  $0,2 \mu\text{m}$  e  $< 0,2 \mu\text{m}$ ) da camada de solo de  $0$  a  $30$  cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996**

		Porosidade (%) (Março de 1996)				
		$> 300 \mu\text{m}$	$300$ a $50 \mu\text{m}$	$50$ a $8,5 \mu\text{m}$	$8,5$ a $0,2 \mu\text{m}$	$< 0,2 \mu\text{m}$
Campo R1	Sem. Directa	3,3	5,8	5,5	12,8	15,8
	Escarificador	3,0	6,3	5,4	12,1	15,8
	Chisel	3,5	6,5	6,4	9,9	15,9
	Lavoura	3,4	6,8	4,8	11,7	15,7
	Média	3,3	6,3	5,5	11,6	15,8
	Significância Coef. de variação	0,768 40,0%	0,782 36,5%	0,424 37,7%	0,241 26,8%	0,995 10,7%
Campo R3	Sem. Directa	3,0	5,8	6,9	11,6	21,0
	Escarificador	2,9	5,5	6,5	10,0	22,2
	Chisel	3,4	7,0	6,3	12,2	18,9
	Lavoura	2,9	6,0	7,2	11,3	19,7
	Média	3,0	6,1	6,7	11,3	20,5
	Significância Coef. de variação	0,914 49,1%	0,680 41,8%	0,821 35,5%	0,709 34,5%	0,661 28,3%

No ano 1995/96 (quadro IV.1.2) não se verificou a existência de efeito do sistema de mobilização sobre nenhuma das cinco classes de porosidade estudadas. Quando



analisamos cada classe individualmente verificamos que os valores de porosidade dos diferentes sistemas de mobilização do solo, registados nos dois campos, não evidenciam qualquer tendência ou padrão, quando olhamos para cada campo em separado ou em simultâneo.

Tal como se observou no ano de 1995/96, também em 1998/99 (quadro IV.1.3) as classes com poros com diâmetros menores são aquelas que tendencialmente apresentam valores de porosidade mais elevados.

**Quadro IV.1.3 Efeito do sistema de mobilização do solo em diferentes classes de porosidade (%) (> 300  $\mu\text{m}$ ; 300 a 50  $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5  $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2  $\mu\text{m}$  e < 0,2  $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Abril de 1999**

		Porosidade (%) (Abril de 1999)				
		> 300 $\mu\text{m}$	300 a 50 $\mu\text{m}$	50 a 8,5 $\mu\text{m}$	8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$	< 0,2 $\mu\text{m}$
Campo R1	Sem. Directa	2,8	7,3 b	6,3	8,9	20,5
	Escarificador	2,5	7,5 b	6,4	9,2	23,1
	Chisel	2,8	9,1 b	6,5	11,1	20,9
	Lavoura	3,9	13,4 a	7,1	10,1	21,3
	Média	2,9	9,3	6,5	9,8	21,3
	Significância	0,203	0,014	0,366	0,353	0,868
	Coef. de variação	48,6%	48,6%	16,7%	37,4%	25,6%
LSD erro $\leq$ 0,05			3,92			
Campo R3	Sem. Directa	2,5 b	9,2 c	5,8 c	8,1	20,4 a
	Escarificador	2,6 b	10,5 c	6,7 b	10,1	20,6 a
	Chisel	3,6 a	13,6 b	7,4 ab	14,1	13,6 b
	Lavoura	3,8 a	15,6 a	7,6 a	9,6	15,0 b
	Média	3,1	12,2	6,9	10,6	17,3
	Significância	0,0001	0,0000002	0,001	0,068	0,010
	Coef. de variação	31,5%	27,6%	15,8%	46,8%	31,0%
LSD erro $\leq$ 0,05		0,60	1,76	0,82		4,77

Em 1999 no campo R1 apenas a classe de poros com diâmetros compreendidos entre 300 e 50  $\mu\text{m}$  registou o efeito do sistema de mobilização do solo. Tendo a Lavoura sido o tratamento em que se observou o valor mais elevado (13,4%) distinguindo-se significativamente dos valores encontrados para os restantes tratamentos (7,3%, 7,5% e 9,1%, respectivamente para a Sementeira Directa, o Escarificador e o Chisel). Nas três classes com poros de maiores diâmetros parece observar-se uma tendência para que os sistemas de mobilização mais intensivos (Lavoura e Chisel) apresentarem valores de porosidade mais elevados, quando comparados com os valores obtidos para a Sementeira Directa e Escarificador.

No Campo R3, em 1999, exceptuando a classe de poros com diâmetros compreendidos entre 8,5 a 0,2  $\mu\text{m}$ , todas as outras classes estudadas registaram efeito do sistema de mobilização do solo. Nas classes com poros de maiores diâmetro

(> 300  $\mu\text{m}$ ; 300 a 50  $\mu\text{m}$ ; e 50 a 8,5  $\mu\text{m}$ ) as diferenças observadas são altamente significativas. Tal como para o campo R1, parece existir a tendência para os sistemas de mobilização mais intensivos (Lavoura e Chisel) registarem valores mais elevados relativamente aos sistemas em que a mobilização do solo é mais reduzida ou nula (Escarificador e Sementeira Directa), sendo evidente esta distinção na classe de poros com diâmetros superiores a 300  $\mu\text{m}$ . Este padrão inverte-se quando analisamos os resultados obtidos para a classe de poros com diâmetros inferiores a 0,2  $\mu\text{m}$ , uma vez que nesta classe a Sementeira Directa e o Escarificador foram os tratamentos em que se registou valores de porosidade mais elevados e significativamente diferentes dos obtidos para a Lavoura e o Chisel.

Em qualquer dos anos analisados, quando desdobramos a porosidade total nas diferentes classes de porosidade estudadas, verificamos que, de um modo geral, os valores da porosidade aumentam com a diminuição do diâmetro dos poros. Por outras palavras, o número de poros observados variou na razão inversa do seu diâmetro, sendo os poros com diâmetros inferiores a 8,5  $\mu\text{m}$  responsáveis por cerca de dois terços da porosidade observada (61 a 66% e 65 a 68% em Março de 1996, respectivamente nos campos R1 e R3 e ainda 56 a 67% e 48 a 62% em Abril de 1999, respectivamente nos campos R1 e R3). Esta redução ligeira dos valores obtidos em 1999, relativamente a 1996, é resultado do aumento do peso relativo do volume de poros de maiores dimensões em 1999.

Estes valores são semelhantes aos valores obtidos por BHATTACHARYYA *et al.* (2006), tendo estes autores registado em condições semelhantes (sementeira em Outubro com amostragem em Maio a uma profundidade 0 a 30 cm e uma precipitação de 353 mm) um volume de poros com diâmetro inferior a 7,5  $\mu\text{m}$  que representou 55% a 64% da porosidade total. Também SASAL *et al.* (2006), para a profundidade 0 a 15 cm, verificaram que a porosidade com diâmetro inferior a 15  $\mu\text{m}$ , representava mais de metade da porosidade total.

Certos autores, como é o caso de FERRERAS *et al.* (2000), dão nota de não terem registado diferenças significativas entre sistemas de mobilização do solo quando avaliavam, individualmente, cada classe de porosidade. No entanto, quando agregavam classes encontravam, por vezes, efeito da mobilização.

As classe estudadas foram, então, agregadas por forma a poderem reflectir a macroporosidade através da qual a água é drenada livremente por acção da gravidade (poros com diâmetro superior a 50  $\mu\text{m}$ ), a mesoporosidade, aquela que é capaz de reter a água utilizável pelas plantas (poros com diâmetros compreendidos entre 0,2 e 50  $\mu\text{m}$ ), e a microporosidade onde a água existente se encontra indisponível para as plantas

(poros com diâmetro inferior a  $0,2 \mu\text{m}$ ). Estas três novas classes são apresentadas no quadro IV 1.4.

**Quadro IV.1.4 Efeito do sistema de mobilização do solo em diferentes classes de porosidade (%) ( $> 50 \mu\text{m}$ ,  $50 \text{ a } 0,2 \mu\text{m}$  e  $< 0,2 \mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e Abril de 1999**

		Porosidade (%)					
		Campo R1			Campo R3		
		$> 50 \mu\text{m}$	$50 \text{ a } 0,2 \mu\text{m}$	$< 0,2 \mu\text{m}$	$> 50 \mu\text{m}$	$50 \text{ a } 0,2 \mu\text{m}$	$< 0,2 \mu\text{m}$
Março de 1996	Sem. Directa	9,1	18,3	15,8	8,8	18,5	21,0
	Escarificador	8,4	17,4	16,1	7,8	16,0	23,2
	Chisel	10,0	16,3	15,9	10,4	18,5	18,9
	Lavoura	10,2	16,5	15,7	8,9	18,6	19,7
	Média	9,6	17,1	15,8	9,1	18,0	20,5
Significância		0,794	0,224	0,995	0,726	0,720	0,661
	Coef. de variação	34,24%	14,80%	10,71%	39,53%	22,17%	28,31%
Abril de 1999	Sem. Directa	10,1 b	15,2	20,5	11,7 c	14,0 b	20,4 a
	Escarificador	9,9 b	15,6	23,1	13,0 c	16,8 ab	20,6 a
	Chisel	11,9 b	17,6	20,9	17,3 b	21,5 a	13,6 b
	Lavoura	17,2 a	17,2	21,3	19,4 a	17,2 ab	15,0 b
	Média	12,3	16,4	21,3	15,4	17,5	17,3
	Significância	0,006	0,416	0,868	0,0000001	0,028	0,010
	Coef. de variação	42,72%	22,22%	25,56%	27,06%	30,41%	31,00%
LSD erro $\leq 0,05$	4,34			2,07	4,74	4,77	

Todos os sistemas de mobilização, em particular a Lavoura, viram em 1999 o volume da macroporosidade ( $> 50 \mu\text{m}$ ) aumentar em relação ao valor registado em 1996. Este facto reforça a ideia que a precipitação ocorrida desde a sementeira em 1996 (520 mm) terá eliminado um eventual efeito da mobilização, contrariamente ao que terá sucedido em 1999, onde a pouca precipitação ocorrida (185 mm) permitiu que, ainda em Abril, fosse observável esse efeito. A admissão da existência desta relação (desaparecimento mais rápido da macroporosidade gerada pela mobilização com o aumento da precipitação) parece contradizer um dos objectivos mais frequentemente atribuídos à mobilização do solo. Assim, o aumento da macroporosidade e uma eventual melhoria da drenagem do solo só se mantêm em anos secos, quando tal efeito não é importante.

HILL (1990) verificou que os solos com mobilização convencional possuíam, em comparação com os de Sementeira Directa, um maior volume de poros com diâmetro superior a  $30 \mu\text{m}$ . Os valores registados para a macroporosidade ( $> 50 \mu\text{m}$ ) confirmam aqueles resultados e de um modo mais evidente em 1999, onde foram altamente significativas as diferenças entre o volume de macroporos da Lavoura e os valores observados para os outros sistemas de mobilização do solo.

A porosidade compreendida entre 50 e 0,2  $\mu\text{m}$  de diâmetro não sofreu alteração, tendo os valores médios, para cada um dos dois campos e para cada uma das duas datas, sido semelhantes (16,4% a 18%), o que pode encontrar explicação no facto de se tratar de uma porosidade pouco influenciável pela mobilização do solo. Apenas o tratamento Chisel para o ano de 1999 no campo R3, apresentou um valor significativamente superior, para o qual não temos explicação.

As variações observadas na porosidade com menos de 0,2  $\mu\text{m}$  de diâmetro poderão estar relacionadas com uma amostragem deficiente, uma vez que se trata de uma classe de porosidade que depende essencialmente da textura do solo, pelo que não é expectável que o sistema de mobilização do solo tenha sobre ela qualquer efeito.

### 1.1.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE SOBRE A POROSIDADE DO SOLO

A porosidade total no campo R1 e para os dois anos estudados, não variou significativamente ao longo dos 30 cm de profundidade (quadro IV.1.5). No campo R3 o efeito da profundidade sobre a porosidade total, embora tenha sido registado em 1995/96, deixou de se verificar em 1998/99. Podemos, assim, afirmar que de um modo geral a porosidade total não parece ter sofrido uma variação significativa ao longo das três camadas de solo estudadas.

**Quadro IV.1.5 Efeito da profundidade na porosidade total (%) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999**

		Porosidade total (%)			
		Campo R1		Campo R3	
		1995/96	1998/99	1995/96	1998/99
Campo R1	0-10 cm	44,0	49,6	45,7 b	51,0
	10-20 cm	41,0	49,2	46,4 b	48,9
	20-30 cm	42,6	49,1	50,5 a	50,4
	Média	42,6	49,3	47,5	50,1
	Significância	0,059	0,971	0,0019	0,139
	Coef. de variação	7,0%	9,9%	7,3%	7,2%
LSD erro $\leq$ 0,05				2,66	

Da análise do efeito da profundidade nas diferentes classes de porosidade estudadas na camada de solo de 0 a 30 cm (quadros IV.1.6 e IV.1.7), verificamos que também aqui os valores obtidos para a porosidade em cada uma das camadas de solo parecem aumentar com a diminuição do tamanho do poros, continuando as duas

classes de menores diâmetro a ser responsáveis por uma parte substancial da porosidade detectada (57 a 70% e 58 a 66% no campo R1, respectivamente em 1995/96 e 1998/99 e ainda 62 a 73% e 53 a 57% no campo R3, respectivamente em 1995/96 e 1998/99).

**Quadro IV.1.6** Efeito da profundidade em diferentes classes de porosidade (%) (> 300  $\mu\text{m}$ ; 300 a 50  $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5  $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2  $\mu\text{m}$  e < 0,2  $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R1, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

		Porosidade (%)				
		> 300 $\mu\text{m}$	300 a 50 $\mu\text{m}$	50 a 8,5 $\mu\text{m}$	8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$	< 0,2 $\mu\text{m}$
Março de 1996	0-10 cm	4,4 a	8,2 a	6,1	10,4 b	14,9
	10-20 cm	2,7 b	5,8 b	5,4	10,9 ab	16,2
	20-30 cm	2,8 b	5,1 b	5,1	13,5 a	16,3
	Média	3,3	6,3	5,5	11,6	15,8
	Significância	0,0005	0,003	0,435	0,047	0,108
	Coef. de variação	40,0%	36,5%	37,7%	26,8%	10,7%
		LSD erro $\leq$ 0,05	0,86	1,75	2,53	
Abril de 1999	0-10 cm	3,4	10,4	6,9	10,7	18,2 b
	10-20 cm	2,9	8,9	6,6	9,5	21,4 ab
	20-30 cm	2,6	8,7	6,2	9,4	24,2 a
	Média	2,9	9,3	6,5	9,8	21,3
	Significância	0,449	0,508	0,318	0,358	0,037
	Coef. de variação	48,6%	48,6%	16,7%	37,4%	25,6%
		LSD erro $\leq$ 0,05			4,49	

**Quadro IV.1.7** Efeito da profundidade em diferentes classes de porosidade (%) (> 300  $\mu\text{m}$ ; 300 a 50  $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5  $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2  $\mu\text{m}$  e < 0,2  $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

		Porosidade (%)				
		> 300 $\mu\text{m}$	300 a 50 $\mu\text{m}$	50 a 8,5 $\mu\text{m}$	8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$	< 0,2 $\mu\text{m}$
Março de 1996	0-10 cm	3,0	6,7	7,4	10,0	18,6
	10-20 cm	3,4	6,2	7,0	10,8	19,0
	20-30 cm	2,6	5,3	5,8	13,1	23,8
	Média	3,0	6,1	6,7	11,3	20,5
	Significância	0,457	0,488	0,226	0,188	0,084
	Coef. de variação	49,1%	41,8%	35,5%	34,5%	28,3%
Abril de 1999	0-10 cm	3,8 a	13,2	7,1	10,6	16,4
	10-20 cm	2,8 b	11,7	6,6	10,5	17,3
	20-30 cm	2,9 b	11,7	6,9	10,7	18,2
	Média	3,1	12,2	6,9	10,6	17,3
	Significância	0,0012	0,086	0,467	0,993	0,679
	Coef. de variação	31,5%	27,6%	15,8%	46,8%	31,0%
		LSD erro $\leq$ 0,05	0,52			

O quadro IV.1.6, referente ao campo R1, permite-nos verificar que nas três classes com poros de maior diâmetro ( $> 300 \mu\text{m}$ ;  $300$  a  $50 \mu\text{m}$  e  $50$  a  $8,5 \mu\text{m}$ ) a camada superficial (0 a 10 cm) é aquela em que se observa uma porosidade mais elevada, sendo em 1996, nas duas primeiras classes, a diferença de valores para as outras duas camadas (10 a 20 cm e 20 a 30 cm) altamente significativa. Contrariamente, na classe com poros de menor diâmetro ( $< 0,2 \mu\text{m}$ ) o valor da porosidade tende a aumentar com a profundidade.

A partir dos registos efectuados para o mesmo campo em 1998/99, verificamos que, embora se mantenha a tendência nas classes com poros de maior diâmetro para que a camada superficial de 0 a 10 cm possua valores mais elevados de porosidade, o efeito da profundidade deixou de ser estatisticamente significativo. As diferenças observadas na classe de poros com menos de  $0,2 \mu\text{m}$  foram significativas, tendo a camada superficial exibido menos porosidade que a camada de 20 a 30 cm.

O campo R3 parece mostrar um padrão idêntico ao do campo R1, isto é, o valor da porosidade decresce com a profundidade nas classes de maiores diâmetros e aumenta nas classes de menores diâmetro (quadro IV.1.7). Também aqui a menor precipitação ocorrida em 1999 parece ter possibilitado que os valores registados para as classes de maiores diâmetros tenham sido mais elevados que os observados em 1996, tendo mesmo as diferenças verificadas para a classe de poros com diâmetros superiores a  $300 \mu\text{m}$  sido muito significativas.

**Quadro IV.1.8 Efeito da profundidade em diferentes classes de porosidade (%) ( $> 50 \mu\text{m}$ ;  $50$  a  $0,2 \mu\text{m}$  e  $< 0,2 \mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999**

		Porosidade (%)					
		Campo R1			Campo R3		
		$> 50 \mu\text{m}$	$50$ a $0,2 \mu\text{m}$	$< 0,2 \mu\text{m}$	$> 50 \mu\text{m}$	$50$ a $0,2 \mu\text{m}$	$< 0,2 \mu\text{m}$
Março de 1996	0-10 cm	12,6 a	16,6 b	14,9	9,8	17,4	18,6
	10-20 cm	8,5 b	16,3 b	16,2	9,6	17,8	19,0
	20-30 cm	7,8 b	18,5 a	16,3	7,9	18,8	23,8
	Média	9,6	17,1	15,8	9,1	18,0	20,5
	Significância	0,0003	0,047	0,108	0,472	0,732	0,084
	Coef. de variação LSD erro $\leq 0,05$	34,24% 2,23	14,80% 1,86	10,71%	39,53%	22,17%	28,31%
Abril de 1999	0-10 cm	13,8	17,5	18,2 b	17,0 a	17,7	16,4
	10-20 cm	11,7	16,1	21,4 ab	14,5 b	17,1	17,3
	20-30 cm	11,3	15,6	24,2 a	14,6 b	17,6	18,2
	Média	12,3	16,4	21,3	15,4	17,5	17,3
	Significância	0,345	0,404	0,037	0,014	0,950	0,679
	Coef. de variação LSD erro $\leq 0,05$	42,72% 4,49	22,22% 1,79	25,56%	27,06%	30,41%	31,00%

Tal como se procedeu no ponto anterior, também aqui agregámos as classes de porosidade de forma a obter apenas três (macroporosidade > 50 µm, mesoporosidade 50 a 0,2 mm e microporosidade < 0,2 mm) (quadro IV.1.8).

### 1.1.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE SOBRE A POROSIDADE DO SOLO

Os dois anos de registos efectuados, nos dois campos R1 e R3, não mostraram qualquer efeito da interacção do sistema de mobilização com a profundidade sobre a porosidade total do solo (quadro IV.1.9).

**Quadro IV.1.9** Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a porosidade total (%) da camada de solo de 0 a 30 cm nos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

		Porosidade total (%)							
		Campo R1				Campo R3			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Março de 1996	0-10 cm	43,9	44,1	42,2	45,9	47,0	48,2	50,5	52,5
	10-20 cm	42,2	41,6	39,8	40,5	44,6	47,5	51,0	53,8
	20-30 cm	43,4	41,9	44,5	40,8	45,7	48,0	49,6	53,1
	Média	42,6				49,3			
	Significância	0,449				0,996			
	Coef. de variação	7,0%				9,9%			
Abril de 1999	0-10 cm	45,5	45,7	46,5	45,0	48,0	51,2	53,5	51,3
	10-20 cm	47,1	45,8	46,4	46,2	43,3	48,8	53,3	50,3
	20-30 cm	52,1	49,5	50,2	50,2	46,6	51,7	50,1	53,2
	Média	47,5				50,1			
	Significância	0,990				0,215			
	Coef. de variação	7,3%				7,2%			

SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel, Lav - Lavoura

No que se refere ao efeito da interacção do sistema de mobilização com a profundidade, sobre as cinco diferentes classes de porosidade estudadas (quadros IV.1.10 e IV.1.11), podemos verificar (com a excepção das classes com porosidade superior a 50 µm do campo R3 em 1999) que as diferenças observadas não foram significativas. De facto, o efeito da mobilização do solo no aumento da macroporosidade, nomeadamente na camada mais superficial, apenas foi evidente para o campo R3 em 1999 e para os sistemas de mobilização Chisel e Lavoura.

**Quadro IV 1.10 Efeito da interação mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%) (> 300  $\mu\text{m}$ ; 300 a 50  $\mu\text{m}$ ; 50 a 8,5  $\mu\text{m}$ ; 8,5 a 0,2  $\mu\text{m}$  e < 0,2  $\mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R1 em Março, da herdade da Revilheira, de 1996 e em Abril de 1999**

	Porosidade (%)																			
	> 300 $\mu\text{m}$			300 a 50 $\mu\text{m}$			50 a 8,5 $\mu\text{m}$			8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$			< 0,2 $\mu\text{m}$							
	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav				
0-10 cm	3,4	3,7	5,2	5,3	6,3	8,1	8,8	9,5	6,5	6,1	5,3	6,7	12,3	11,3	8,3	9,8	15,5	14,8	14,6	14,5
10-20 cm	2,9	2,9	2,2	2,8	5,6	5,7	6,1	5,8	5,2	5,1	6,5	4,8	12,6	11,8	8,5	10,8	15,9	16,0	16,6	16,4
20-30 cm	3,6	2,4	3,0	2,1	5,5	5,1	4,4	5,1	4,9	4,9	7,5	2,9	13,4	13,1	12,9	9,5	16,0	16,5	16,7	16,3
Média	3,3				6,3				5,5				11,6				15,8			
Significância	0,109				0,753				0,378				0,897				0,985			
Coef. de variação	40,0%				36,5%				37,7%				26,8%				10,7%			
0-10 cm	3,7	2,8	3,4	3,7	9,6	9,7	11,2	11,3	6,6	6,9	6,8	7,2	8,1	9,0	15,6	9,9	19,1	19,9	13,5	20,5
10-20 cm	2,4	2,2	2,8	4,0	6,5	7,3	9,2	12,5	6,3	6,4	6,8	7,0	9,7	9,1	9,1	10,1	19,8	22,6	23,1	20,3
20-30 cm	2,3	2,1	2,1	3,9	5,8	5,7	6,8	16,3	5,9	5,5	6,0	7,2	9,1	9,7	8,5	10,3	22,6	25,0	26,1	23,1
Média	2,9				9,3				6,5				9,8				21,3			
Significância	0,955				0,463				0,956				0,477				0,641			
Coef. de variação	48,6%				48,6%				16,7%				37,4%				25,6%			

SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel, Lav – Lavoura



**Quadro IV 1.11 Efeito da interação mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%) (> 300 µm; 300 a 50 µm; 50 a 8,5 µm; 8,5 a 0,2 µm e < 0,2 µm) da camada de solo de 0 a 30 cm do campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999**

		Porosidade (%)																													
		> 300µm						300 a 50µm						50 a 8,5µm						8,5 a 0,2µm						< 0,2µm					
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav		
Março de 1996	0-10 cm	2,8	3,2	3,6	2,6	5,9	5,9	7,4	7,6	5,5	7,5	8,8	7,8	11,7	8,8	9,5	10,0	19,7	20,4	17,2	17,0										
	10-20 cm	4,3	2,5	3,2	3,7	6,7	6,1	6,5	5,4	8,7	7,4	4,8	7,1	8,8	9,4	13,0	12,0	18,6	20,3	18,9	18,1										
	20-30 cm	1,8	2,9	3,3	2,4	4,9	4,4	7,1	5,0	6,5	4,5	5,2	6,8	14,3	11,8	14,1	12,0	24,7	26,0	20,5	24,0										
	Média	3,0						6,1						11,3						20,5											
	Significância	0,703						0,946						0,857						0,994											
	Coef. de variação	49,1%						41,8%						35,5%						28,3%											
Abril de 1999		> 300µm						300 a 50µm						50 a 8,5µm						8,5 a 0,2µm						< 0,2µm					
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav		
		2,8 c	2,9 c	4,6 a	4,7 a	11,4 b	10,6 bc	15,3 a	15,5 a	6,6	6,9	7,7	7,1	11,7	8,8	9,5	10,0	18,4	18,4	14,6	14,2										
		2,2 c	2,2 c	3,8 b	2,9 c	7,6 e	8,8 cde	15,1 a	15,4 a	5,0	6,4	7,4	7,7	8,8	9,4	13,0	12,0	20,9	19,0	14,9	14,6										
		2,5 c	2,7 c	2,5 c	3,8 b	8,5 d	12,0 b	10,5 bcd	15,9 a	5,9	6,8	7,0	8,1	14,3	11,8	14,1	12,0	21,8	23,4	11,3	16,1										
	Média	3,1						12,2						6,9						11,3											
	Significância	0,043						0,013						0,298						0,857											
	Coef. de variação	31,5%						27,6%						15,8%						0,3%											
	LSD erro ≤ 0,05	0,73						2,16																							

Quando analisamos a interacção do sistema de mobilização com a profundidade nas classes agrupadas (quadros IV.1.12 e IV.1.13) verificamos que na camada de 0 a 10 cm a mobilização do solo parece ter contribuído para o aumento do volume da macroporosidade ( $> 50 \mu\text{m}$ ). A pouca precipitação verificada em 1999 pode ser a razão deste efeito ser ainda detectável na camada de 10 a 20 cm do Chisel e na camada de 10 a 30 cm da Lavoura.

**Quadro IV.1.12 Efeito da interacção mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%) ( $> 50 \mu\text{m}$ ; 50 a  $0,2 \mu\text{m}$  e  $< 0,2 \mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm no campo R1, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e Abril de 1999**

		Porosidade (%)											
		$> 50 \mu\text{m}$				50 a $0,2 \mu\text{m}$				$< 0,2 \mu\text{m}$			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Março de 1996	0-10 cm	9,7	11,8	14,0	14,8	18,7	17,5	13,6	16,5	15,5	14,8	14,6	14,5
	10-20 cm	8,5	8,6	8,4	8,5	17,8	17,0	15,0	15,6	15,9	16,0	16,6	16,4
	20-30 cm	9,1	7,5	7,5	7,3	18,4	17,9	20,4	17,3	16,0	16,5	16,7	16,3
	Média	9,6				17,1				15,8			
	Significância	0,387				0,144				0,985			
	Coef. de variação	34,24%				14,80%				10,71%			
Abril de 1999	0-10 cm	13,3	12,4	14,6	15,0	14,7	15,9	22,4	17,1	19,1	19,9	13,5	20,5
	10-20 cm	8,9	9,5	12,1	16,5	15,9	15,5	15,9	17,1	19,8	22,6	23,1	20,3
	20-30 cm	8,2	7,8	8,9	20,2	15,0	15,2	14,6	17,5	22,6	25,0	26,1	23,1
	Média	12,3				16,4				21,3			
	Significância	0,412				0,411				0,641			
	Coef. de variação	42,72%				22,22%				25,56%			

SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel, Lav - Lavoura

**Quadro IV.1.13 Efeito da interacção mobilização X profundidade em diferentes classes de porosidade (%) ( $> 50 \mu\text{m}$ ; 50 a  $0,2 \mu\text{m}$  e  $< 0,2 \mu\text{m}$ ) da camada de solo de 0 a 30 cm no campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e Abril de 1999**

		Porosidade (%)											
		$> 50 \mu\text{m}$				50 a $0,2 \mu\text{m}$				$< 0,2 \mu\text{m}$			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Março de 1996	0-10 cm	8,7	9,1	11,0	10,2	17,2	16,2	18,3	17,8	19,7	20,4	17,2	17,0
	10-20 cm	11,0	8,7	9,7	9,1	17,5	16,9	17,9	19,1	18,6	20,3	18,9	18,1
	20-30 cm	6,6	7,3	10,5	7,4	20,8	16,4	19,3	18,9	24,7	26,0	20,5	24,0
	Média	9,1				18,0				20,5			
	Significância	0,948				0,989				0,994			
	Coef. de variação	39,53%				22,17%				28,31%			
Abril de 1999	0-10 cm	14,2 b	13,6 b	19,9 a	20,2 a	15,4	19,2	19,0	16,9	18,4	18,4	14,6	14,2
	10-20 cm	9,8 c	10,9 c	19,0 a	18,4 a	12,6	18,9	19,5	17,3	20,9	19,0	14,9	14,6
	20-30 cm	10,9 c	14,7 b	13,0 b	19,7 a	13,8	13,4	25,8	17,4	21,8	23,4	11,3	16,1
	Média	15,4				17,5				17,3			
	Significância	0,011				0,379				0,792			
	Coef. de variação	27,06%				30,41%				31,00%			
	LSD erro $\leq 0,05$	2,54											

SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel, Lav - Lavoura

FERRERAS *et al.* (2000) registaram, na camada superficial de 4 a 7 cm, valores de 26% e 17% (mobilização convencional e sementeira directa, respectivamente) para a porosidade com diâmetro superior a 20  $\mu\text{m}$ . Os valores obtidos, para a porosidade com mais de 50 mm de diâmetro, em 1999 na camada de 0 a 10 cm nos campos R1 e R3, parecem apontar no mesmo sentido (15% e 20% para a Lavoura e 13% e 14% na Sementeira Directa). Os valores encontrados por FERRERAS *et al.* (2000) são um pouco superiores aos verificados, o que sugere que o volume dos poros com diâmetros entre 50 e 20  $\mu\text{m}$  são responsáveis pela diferença registada.

#### 1.1.4. DISCUSSÃO

A influência da mobilização sobre a porosidade total do solo esteve relacionada com a data da recolha das amostras, bem como com as condições meteorológicas (precipitação) ocorridas desde as operações de mobilização até à data de amostragem. Esta ideia assenta no facto de em 1996 não terem existido diferenças significativas nas duas classes de maiores poros, ao contrário do que sucedeu em 1999 onde os sistemas mais intensivos apresentaram mais porosidade.

Pelo menos numa fase inicial o aumento da porosidade acompanha o aumento da intensidade do sistema, isto é, os sistemas mais intensivos tendem a promover temporariamente o aumento da porosidade total, fundamentalmente à custa dos poros de maiores dimensões.

A quantidade de poros observada variou inversamente com o seu diâmetro, sendo os poros com diâmetros inferiores a 8,5  $\mu\text{m}$  responsáveis por cerca de dois terços da porosidade total observada.

Observou-se a tendência para os sistemas de mobilização mais intensivos (Lavoura e Chisel) registarem valores mais elevados relativamente aos sistemas em que a mobilização do solo é mais reduzida ou nula (Escarificador e Sementeira Directa), sendo evidente esta distinção na classe de poros com diâmetros superiores a 300  $\mu\text{m}$ . Este padrão inverteu-se quando analisamos os resultados obtidos para a classe de poros com diâmetros inferiores a 0,2  $\mu\text{m}$ . De facto, nesta classe a Sementeira Directa e o Escarificador foram os tratamentos em que se registaram os valores de porosidade mais elevados e significativamente diferentes dos obtidos para a Lavoura e o Chisel.

Os valores obtidos para a macroporosidade nos solos mobilizados, nomeadamente no caso da Lavoura, mais elevados que os verificados na Sementeira Directa é confirmado pelos resultados obtidos por HILL (1990). Este efeito da mobilização tende a diminuir com o aumento da precipitação ocorrida.

Independentemente do sistema de mobilização, o volume de poros de menor dimensão representou a maior parte da porosidade do solo, o que também foi verificado por outros autores como BHATTACHARYYA *et al.* (2006) e SASAL *et al.* (2006). Esta porosidade não parece ter sido afectada pela mobilização.

A profundidade não influenciou a porosidade total, nem pareceu ter havido um efeito evidente nas várias classes de poros. No entanto, relativamente às várias classes analisadas, evidenciou-se uma tendência para o valor da porosidade decrescer com a profundidade nas classes de maiores diâmetros e aumentar nas classes de menores diâmetros.

A interacção entre o sistema de mobilização do solo e a profundidade não influenciou a porosidade total do solo.

No geral, também sobre as diferentes classes de porosidade o efeito destas interacções não se verificou. De facto, apenas nas duas classes de maiores diâmetros do campo R3 em 1998/99 se registou um efeito significativo. Na classe com poros de diâmetro superior a 300  $\mu\text{m}$  as camadas de 0 a 10 do Chisel e da Lavoura possuem os valores mais elevados e as três camadas da Sementeira Directa e do Escarificador os valores mais baixos. Na classe com poros com diâmetros compreendidos entre 300  $\mu\text{m}$  e 50  $\mu\text{m}$  as três camadas da Lavoura e as duas primeiras do Chisel apresentam mais porosidade do que as restantes.

Em resumo parece poder dizer-se que o efeito do sistema de mobilização se manifestou principalmente nos poros de maiores dimensões, importantes para garantirem a drenagem do solo. No entanto, a duração do efeito é inversa à precipitação ocorrida após as operações, o que indicia uma baixa estabilidade dos agregados criados e é uma contradição dos sistemas de mobilização do solo.

A Sementeira Directa, no período inicial em estudo, aumentou a compactação do solo pois transferiu macro e mesoporosidade para a microporosidade.

## 1.2. DENSIDADE APARENTE

### 1.2.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO SOBRE A DENSIDADE APARENTE DO SOLO

Nos dois anos (1996 e 1999) em que se recolheram amostras de solo para a determinação da densidade aparente, apenas no último se observou a existência de efeito do sistema de mobilização (quadro IV.1.14). Este efeito manifestou-se nos dois campos amostrados (R1 e R3), sendo evidente o aumento do valor da densidade aparente com o decréscimo da intensidade do sistema de mobilização. A variação observada foi muito significativa no campo R1 e altamente significativa no campo R3, sendo a Sementeira Directa o sistema onde se registaram os valores mais elevados (1,53 e 1,52 nos campos R1 e R3, respectivamente), comparativamente com a Lavoura que constituiu o tratamento com os valores de densidade aparente mais baixos (1,36 e 1,29 nos campos R1 e R3, respectivamente). Também nos trabalhos de HAMMEL (1989) se registou um efeito muito significativo do sistema de mobilização do solo sobre a densidade aparente.

**Quadro IV.1.14** Efeito do sistema de mobilização do solo na densidade aparente da camada de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

	Densidade aparente			
	Campo R1		Campo R3	
	Março de 1996	Abril de 1999	Março de 1996	Abril de 1999
Sem. Directa	1,60	1,53 a	1,47	1,52 a
Escarificador	1,58	1,49 ab	1,50	1,48 a
Chisel	1,57	1,41 bc	1,47	1,34 b
Lavoura	1,56	1,36 c	1,45	1,29 b
Média	1,58	1,45	1,47	1,41
Significância	0,861	0,014	0,867	0,0000001
Coef. de variação	7,6%	9,7%	8,4%	8,8%
LSD erro $\leq$ 0,05		0,108		0,062

Estes resultados parecem suportar a ideia de que a mobilização do solo em profundidade (Chisel ou Lavoura) seguida de gradagens promove uma diminuição da densidade aparente do solo, mais evidente que aquela que se verifica com a utilização de um sistema de mobilização superficial (Escarificador). A Sementeira Directa, sendo um sistema em que a mobilização do solo praticamente não existe, conduz a valores de

densidade aparente mais elevados. HILL (1990) verificou, após 12 anos, que os solos com sementeira directa possuíam uma densidade aparente mais elevada que a dos solos mobilizados. Também RHOTON *et al.* (1993), em campos de com 5 e 15 anos, verificaram que a camada de 0 a 15 cm da Sementeira Directa apresentava valores mais elevados da densidade aparente.

Os valores da densidade aparente obtidos em 1999, foram em geral mais baixos que os valores registados em 1996. Este facto é consistente com os valores verificados para a porosidade total (ponto IV.1.1), uma vez que ao aumento da porosidade total em 1999 correspondeu uma redução do valor de densidade aparente obtido no mesmo ano em relação ao valor observado em 1996. Deste modo, a diferente precipitação acumulada desde as operações de mobilização do solo até ao momento da recolha das amostras de solo (520 mm em 1996 e 185 mm em 1999) parece constituir uma boa explicação para a diminuição dos valores da densidade aparente 1999 relativamente a 1996.

MORENO *et al.* (1997), comparando a densidade aparente da camada de 0 a 20 cm de solos com mobilização convencional e com mobilização reduzida, verificaram que os valores mais elevados diziam respeito aos talhões com mobilização reduzida, principalmente logo após as operações de mobilização. Estes dados apontam para um aumento do valor da densidade aparente com a redução da intensidade de mobilização. Esta tendência foi a mesma que observámos nos campos R1 e R3, sobretudo em Abril de 1999, onde as diferenças entre sistemas foram altamente significativas.

### **1.2.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE SOBRE A DENSIDADE APARENTE DO SOLO**

O efeito da profundidade sobre a densidade aparente (quadro IV.1.15) verificou-se logo a partir do ano 1996 no campo R1 e apenas no ano 1999 no campo R3. O valor da densidade aparente aumentou com a profundidade, sendo os valores encontrados para as camadas de 10 a 20 cm e de 20 a 30 cm (com excepção do campo R3 em 1995/96) estatisticamente idênticos, e maiores, que aqueles encontrados para a camada de 0 a 10 cm.

Esta tendência da densidade aparente, para possuir valores mais baixos na camada mais superficial do solo, pode ser eventualmente atribuída a um efeito residual da mobilização do solo ainda evidente nesta camada. De facto, a porosidade total desta camada superficial foi de um modo geral maior que a registada para as outras duas camadas (quadro IV 1.5), para o que terá contribuído um maior volume de poros com

mais de 50  $\mu\text{m}$  de diâmetro (quadro IV.1.8). Assim, a menor densidade aparente da camada superficial resultará, principalmente, de uma recompactação do solo aquando das mobilizações secundárias. Nestas operações o tráfico do tractor e alfaías sobre o terreno promove a recompactação do perfil anteriormente mobilizado, deixando apenas a camada superficial mobilizada.

**Quadro IV.1.15 Efeito da profundidade na densidade aparente da camada de solo de 0 a 30 cm dos campos R1 e R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999**

	Densidade aparente			
	Campo R1		Campo R3	
	Março de 1996	Abril de 1999	Março de 1996	Abril de 1999
0-10 cm	1,49 b	1,36 b	1,45	1,36 b
10-20 cm	1,62 a	1,46 a	1,47	1,42 a
20-30 cm	1,62 a	1,54 a	1,50	1,44 a
Média	1,58	1,45	1,47	1,41
Significância	0,014	0,002	0,668	0,013
Coef. de variação	7,6%	9,7%	8,4%	8,8%
LSD erro $\leq$ 0,05	0,098	0,094		0,054

### 1.2.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE SOBRE A DENSIDADE APARENTE DO SOLO

O efeito da interacção mobilização X profundidade, sobre a densidade aparente na camada de solo de 0 a 30 cm (quadros IV.1.16 e IV.1.17), apenas foi observado para os dados obtidos em 1999 no campo R3, não revelando os restantes dados, qualquer padrão ou tendência de variação.

As diferenças significativas obtidas no campo R3 em 1999 (quadro IV.1.17) parecem sugerir a separação das várias interacções em três grupos de valores. Num primeiro grupo, onde a densidade aparente apresentou valores mais reduzidos, encontramos as duas camadas mais superficiais do Chisel e as três camadas da Lavoura. Um segundo grupo, onde se registaram os valores mais elevados para a densidade aparente, é constituído pelos valores obtidos para as camadas de 10 a 20 cm e 20 a 30 cm da Sementeira Directa. Por fim, o terceiro grupo é constituído pelas restantes interacções, para as quais as densidades aparentes obtidas apresentam valores intermédios. Apesar do sistema de Sementeira Directa apenas mobilizar o solo na linha de sementeira e numa profundidade que não ultrapassa de um modo geral os 5 cm de profundidade, a camada superficial (0 a 10 cm) deste sistema apresenta uma densidade aparente idêntica àquela que registámos para as três camadas do sistema de

mobilização Escarificador. Esta menor densidade aparente na camada mais superficial da Sementeira Directa resulta de uma maior presença de raízes e de uma maior dessecação do solo. As raízes reduzem a densidade aparente por aumentarem o número de canais, e a dessecação do solo pelo fendilhamento que promove.

**Quadro IV.1.16** Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a densidade aparente na camada de solo de 0 a 30 cm do campo R1, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

		Densidade aparente (Campo R1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
Março de 1996	0-10 cm	1,57	1,50	1,46	1,43
	10-20 cm	1,64	1,63	1,62	1,61
	20-30 cm	1,60	1,61	1,64	1,63
	Média	1,58			
	Significância	0,892			
	Coef. de variação	7,6%			
Abril de 1999	0-10 cm	1,43	1,39	1,28	1,32
	10-20 cm	1,56	1,52	1,44	1,31
	20-30 cm	1,59	1,59	1,52	1,45
	Média	1,45			
	Significância	0,877			
	Coef. de variação	9,7%			

**Quadro IV.1.17** Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a densidade aparente na camada de solo de 0 a 30 cm do campo R3, da herdade da Revilheira, em Março de 1996 e em Abril de 1999

		Densidade aparente (Campo R3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
Março de 1996	0-10 cm	1,51	1,45	1,39	1,45
	10-20 cm	1,45	1,48	1,54	1,40
	20-30 cm	1,45	1,58	1,46	1,51
	Média	1,47			
	Significância	0,689			
	Coef. de variação	8,4%			
Abril de 1999	0-10 cm	1,44 c	1,47 bc	1,25 d	1,28 d
	10-20 cm	1,58 a	1,49 bc	1,31 d	1,32 d
	20-30 cm	1,54 ab	1,47 bc	1,46 c	1,27 d
	Média	1,41			
	Significância	0,037			
	Coef. de variação	8,8%			
	LSD erro $\leq 0,05$	0,076			



#### 1.2.4. DISCUSSÃO

O efeito da mobilização do solo sobre a densidade aparente só foi significativo no ano de 1999, o que leva a supor, tal como para a porosidade total, que também a influência da mobilização sobre a densidade aparente dependeu da data em que foram recolhidas as amostras, bem como da precipitação ocorrida desde a mobilização do solo até à data de amostragem (520 mm em 1996 e 185 mm em 1999). O ano de 1999, tendo sido particularmente seco, possibilitou que em Abril, aquando da recolha de amostras, o aumento do volume de poros originado pela mobilização do solo ainda perdurasse a ponto de se poder, ainda, observar o efeito dos sistemas de mobilização.

Os resultados obtidos parecem suportar a ideia que a mobilização do solo em profundidade (Chisel ou Lavoura) seguida de gradagens favoreceu uma diminuição da densidade aparente do solo mais evidente do que aquela que se verificou com a utilização de um sistema de mobilização superficial (Escarificador). A Sementeira Directa, sendo um sistema em que a mobilização do solo praticamente não existe, conduziu a valores de densidade aparente mais elevados.

Os valores de densidade aparente variaram inversamente com a intensidade do sistema de mobilização, o que aliás era expectável, uma vez que este padrão de variação concorda com o padrão de variação observado para a porosidade total, isto é, a um aumento da porosidade total correspondeu uma redução da densidade aparente.

A profundidade influenciou a densidade aparente das diferentes camadas de solo estudadas, isto é, a densidade aparente aumentou com a profundidade.

Não existiu um efeito da interacção entre o sistema de mobilização e a profundidade sobre a densidade aparente do solo. A observação desta interacção exige, possivelmente, que a recolha de amostras seja feita pouco depois das operações de mobilização, ainda antes que a precipitação, que entretanto ocorra, reduza ou anule esse efeito.

A ideia de que a mobilização do solo possui um efeito descompactador parece obter alguma confirmação nos dados obtidos. Este efeito manifesta-se, principalmente nas camadas mais superficiais, e sobretudo no início da cultura, antes da ocorrência da precipitação Outono/Invernal.

### 1.3. RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E ESTABILIDADE DOS AGREGADOS

#### 1.3.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO

Os dados recolhidos no campo R3 da herdade da Revilheira mostraram a existência de um efeito do sistema de mobilização sobre a resistência à penetração, contrariamente ao que se observou para os dados obtidos no campo A3 na herdade da Abóboda (quadro IV.1.18). Esta resposta diferenciada nos dois campos (R3 e A3), para além de diferenças eventualmente atribuíveis a solos diferentes, poderá, acima de tudo, ser explicada pelo efeito da precipitação ocorrida até à obtenção dos dados em cada um dos campos. De facto, os valores de resistência à penetração do campo R3 foram obtidos em meados de Dezembro de 1995, sendo a precipitação acumulada até então de apenas 120 mm, enquanto que no caso do campo A3 os valores deste parâmetro foram lidos em meados de Abril de 1996, tendo chovido até essa data um total acumulado de 547 mm.

**Quadro IV.1.18 Efeito do sistema de mobilização na resistência à penetração (MPa) nos campos R3, da herdade da revilheira (Dezembro de 1995) e A3, da herdade da Abóboda (Abril de 1996)**

	Resistência à penetração (MPa)	
	Campo R3 (Dezembro de 1995)	Campo A3 (Abril de 1996)
Sem. Directa	4,0 a	3,2
Escarificador	2,5 b	4,2
Chisel	2,8 b	3,7
Lavoura	2,0 c	3,2
Média	2,8	3,6
Significância	0,000000001	0,368
Coef. de variação	44,7%	53,0%
LSD erro $\leq$ 0,05	0,48	

As diferenças obtidas para o campo R3 foram altamente significativas, sendo a Sementeira Directa o sistema de mobilização com o valor de resistência à penetração mais elevado (4,0 MPa) e a Lavoura o sistema que apresentou o valor mais baixo (2,0 MPa), registando os sistemas Escarificador e Chisel valores intermédios.

Os valores mais elevados do sistema de mobilização Chisel (2,8 e 3,7 MPa), em comparação com os valores obtidos para o sistema de mobilização Lavoura (2,0 e

3,2 MPa), concordam com os dados relatados por MORENO *et al.* (1997) após 3 anos de ensaios, numa rotação girassol (*Helianthus annuus* L.) – trigo (*Triticum aestivum* L.) no sul de Espanha, onde, embora nem sempre com relevância estatística, os valores obtidos nos solos mobilizados com chisel foram superiores aos solos lavrados. A menor resistência à penetração do solo lavrado resultará seguramente da maior capacidade de desagregação do solo da charrua relativamente ao chisel.

A ausência de mobilização do solo no caso da Sementeira Directa, pode explicar o valor de resistência à penetração francamente mais elevado obtido neste tratamento no campo R3. Também outros autores (HAMMEL, 1989; FERRERAS *et al.*, 2000; MAHLI e O'SULLIVAN, 1990; KARUNATILAKE *et al.*, 2000) constataram que os solos com sementeira directa apresentavam uma resistência mecânica superior à verificada para a mobilização convencional, principalmente nas camadas mais superficiais.

Os valores registados nos campos R3 e A3 nem sempre se enquadram com os valores relatados por outros autores. Por exemplo (FERRERAS *et al.* (2000) referem valores entre 1,0 e 1,6 MPa para a sementeira directa e 0,6 a 1,1 MPa para a mobilização convencional. Outros trabalhos referem valores da ordem dos 2,0 MPa (KARUNATILAKE *et al.*, 2000). Contudo é sabido que os valores de resistência à penetração relacionam-se negativamente com o teor de água no solo, pelo que a comparação nominal dos valores obtidos nos campos R3 e A3 com os de outros trabalhos, não parece adequada.

A não existência de diferenças significativas, no caso dos dados recolhidos no campo A3, pode, eventualmente, ser atribuída ao facto do efeito de redução da impedância mecânica causada pela mobilização do solo já não ser evidente aquando da recolha de dados.

Os valores mais elevados encontrados em Abril no campo A3, relativamente aos valores verificados anteriormente, em Dezembro, no campo R3, sugerem que o efeito da mobilização do solo na redução da sua resistência mecânica é temporário, ficando anulado após a ocorrência de uma quantidade de precipitação capaz de destruir os agregados criados com a mobilização do solo.

### **1.3.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO**

A profundidade do solo influenciou claramente a resistência à penetração nos dois campos amostrados (A3 e R3), sendo as diferenças obtidas em cada campo altamente significativas (quadro IV.1.19).

Na herdade da Abóboda (campo A3) apenas foi possível obter dados para os primeiros 30 cm, já que a partir desta profundidade os valores de resistência verificados ultrapassaram, de um modo geral, o alcance do aparelho de leitura. Neste campo (A3) a resistência à penetração aumentou com a profundidade, registrando-se na camada mais superficial (0 a 10 cm) o valor de 2,0 MPa e na camada de 20 a 30 cm o valor de 5,4 MPa.

No campo R3 da herdade da Revilheira, os valores obtidos para a resistência à penetração mostram, tal como no campo A3, a tendência para aumentarem em profundidade, variando entre 1,8 MPa na camada de 0 a 10 cm e 4,3 MPa na camada 50 a 60 cm.

**Quadro IV.1.19** Efeito da profundidade na resistência à penetração (MPa) nos campos R3, da herdade da Revilheira (Dezembro de 1995) e A3, da herdade da Abóboda (Abril de 1996)

		Resistência à penetração (MPa)	
		Campo R3 (Dezembro de 1995)	Campo A3 (Abril de 1996)
Camada	0-10 cm	1,8 d	2,0 c
	10-20 cm	2,2 cd	3,4 b
	20-30 cm	2,5 c	5,4 a
	30-40 cm	2,8 bc	
	40-50 cm	3,3 b	
	50-60 cm	4,3 a	
Média		2,8	3,6
Significância		$3,8921 \times 10^{-10}$	0,00004
Coef. de variação		44,7%	53,0%
LSD erro $\leq 0,05$		0,59	1,23

### 1.3.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO

O efeito da interacção entre o sistema de mobilização e a profundidade não existiu nos dois campos estudados (quadros IV.1.20 e IV.1.21).

Os dados obtidos para o campo A3 não evidenciam qualquer padrão de variação. Por outro lado, os dados recolhidos no campo R3 parecem mostrar que, embora nos quatro sistemas estudados a resistência à penetração tenha aumentado com a profundidade, os valores obtidos para as camadas superficiais da Sementeira Directa igualaram aqueles registados para as camadas mais profundas dos outros sistemas.

Embora do ponto de vista estatístico o efeito da interacção não seja significativo, o quadro IV.1.21 permite ainda verificar que nas camadas mais profundas, onde a mobilização do solo não actuou directamente, a resistência à penetração obtida com a Sementeira Directa apresenta valores mais próximos dos observados nos outros sistemas de mobilização,

**Quadro IV.1.20 Efeito da interacção mobilização X profundidade na resistência à penetração (MPa) no campo A3, da herdade da Abóboda, em Abril de 1996**

			Resistência à penetração (MPa) (campo A3)			
			Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
Abril de 1996	Camada	0-10 cm	1,6	2,5	2,4	1,6
		10-20 cm	3,1	4,0	3,5	2,9
		20-30 cm	4,7	6,3	5,3	5,1
	Média		3,6			
	Significância		0,999			
Coef. de variação		53,0%				

**Quadro IV.1.21 Efeito da interacção mobilização X profundidade na resistência à penetração (MPa) no campo R3, da herdade da Revilheira, em Dezembro de 1995**

			Resistência à penetração (MPa) (campo R3)			
			Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
Dezembro de 1995	Camada	0-10 cm	3,7	1,2	1,3	1,1
		10-20 cm	3,3	1,9	2,1	1,5
		20-30 cm	3,4	2,4	2,4	1,8
		30-40 cm	3,7	2,5	2,7	2,0
		40-50 cm	4,4	3,0	3,2	2,6
		50-60 cm	5,3	4,0	4,8	3,2
	Média		2,8			
	Significância		0,906			
Coef. de variação		44,7%				

Os valores obtidos no campo R3 evidenciam que nos primeiros 40 cm a resistência mecânica oferecida no solos com Sementeira Directa é mais ou menos constante, ao contrário do que se verifica nos outros sistemas, onde a menor impedância mecânica oferecida na camada superficial, vai aumentando em profundidade à medida que o efeito da mobilização vai decrescendo.

### 1.3.4. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO DIÂMETRO MÉDIO DOS AGREGADOS DO SOLO

Os dados recolhidos para a camada superficial de 0 a 10 cm do campo A3 da herdade da Abóboda não evidenciaram qualquer efeito do sistema de mobilização no diâmetro médio dos agregados, ao contrário do que se observou no campo R3 da herdade da Revilheira, onde as diferenças verificadas entre os sistemas de mobilização se mostraram significativas (quadro IV 1.22). A diferente precipitação acumulada até às datas das recolhas das amostras (120 mm até meados de Dezembro no campo R3 e 547 mm até meados de Abril no campo A3) constitui uma justificação plausível para o facto do efeito da mobilização do solo ter sido observado no campo R3, enquanto que no campo A3 o efeito, a ter existido, já tinha sido anulado pelos 547 mm de chuva. Estes valores da precipitação acumulada explicam, também, o maior valor médio registado para o campo R3 (3,25 mm) comparativamente com o valor encontrado para o campo A3 (2,75 mm). De facto, MAHBOUBI e LAL (1998) confirmam esta ideia, tendo observado, no Estado do Ohio, uma tendência sazonal significativa nos dados recolhidos em diferentes épocas do ano. Estes autores verificaram que o tamanho dos agregados era maior no Verão, depois no Outono, seguidamente no Inverno e por último na Primavera.

Outra explicação possível, para o maior diâmetro médio dos agregados do campo R3 da herdade da Revilheira, é a de que estes valores mais elevados podem significar uma maior estabilidade estrutural do solo Pm.

**Quadro IV.1.22** Efeito do sistema de mobilização no diâmetro médio dos agregados (mm) da camada de 0 a 10 cm dos campos R3, da herdade da Revilheira (Dezembro de 1995) e A3, da herdade da Abóboda (Abril de 1996)

	Diâmetro médio dos agregados (mm)	
	Campo R3 (Dezembro de 1995)	Campo A3 (Abril de 1996)
Sem. Directa	3,69 a	2,92
Escarificador	3,08 b	2,92
Chisel	3,04 b	2,56
Lavoura	3,19 b	2,60
Média	3,25	2,75
Significância	0,019	0,857
Coef. de variação	9,9%	22,1%
LSD erro $\leq$ 0,05	0,394	

No campo R3 a Sementeira Directa apresentou o diâmetro médio dos agregados mais elevado (maior estabilidade dos agregados), não se registando nos outros três sistemas de mobilização diferenças significativas entre eles.

### 1.3.5. DISCUSSÃO

O efeito da mobilização sobre a resistência à penetração não foi observado no campo A3 da herdade da Abóboda. A ausência de efeito pode ter estado relacionado com o facto de se tratar de um solo pouco estruturado e o eventual efeito da mobilização terá desaparecido até à data da medição, por acção da precipitação ocorrida entre fins de Novembro e meados de Abril (547 mm).

Ao contrário, na herdade da Revilheira, a menor precipitação acumulada entre fins de Novembro e meados de Dezembro (120 mm) e, talvez, por se tratar de um solo com melhor estrutura que o da herdade da Abóboda, já foi possível observar o efeito do sistema de mobilização sobre a resistência à penetração, tendo a Sementeira Directa sido o sistema de mobilização em que se registou significativamente mais impedância, o que pode ser explicado pelo facto de neste sistema o solo, ao não ser mobilizado, conservar uma maior coesão entre as partículas e agregados.

A profundidade influenciou a resistência à penetração encontrada nas várias camadas estudadas, tendo a impedância mecânica do solo aumentado em profundidade.

A interacção entre a mobilização do solo e a profundidade não teve qualquer influência na resistência à penetração. Na herdade da Revilheira, onde os sistemas de mobilização influenciaram a resistência à penetração, os valores encontrados para cada tratamento mantiveram em cada uma das diferentes camadas as mesmas posições relativas (na Sementeira Directa maior que no Chisel, neste maior que no Escarificador e neste maior que na Lavoura).

A resistência à penetração observada nos dois campos atingiu, por vezes, valores francamente elevados, que segundo vários autores são impeditivos do crescimento radicular (LETEY, 1985; ATWELL, 1993; KRZIC *et al.*, 2000 e; KHALILIAN *et al.*, 1991 citado por BAYHAN *et al.*, 2002). Contudo, estes valores elevados não impediram o crescimento das plantas, o que confirma a ideia de que este tipo de medição tem a grande limitação de não ser capaz, como sucede com as raízes, de escolher o caminho de menor resistência.

O maior diâmetro médio dos agregados que a Sementeira Directa apresentou para níveis baixos de precipitação, indiciam uma maior estabilidade dos agregados. O efeito da mobilização do solo sobre o tamanho dos agregados, foi também verificada noutros trabalhos como o de OZPINAR e CAY (2006), o de MRABET *et al.* (2001) ou ainda o de MAHBOUBI e LAL (1998) onde, neste último, se relatou que o tamanho dos agregados decresceu com o aumento da intensidade da mobilização do solo (1,19 mm na Sementeira Directa, 0,71 mm no Chisel e 0,53 mm na Lavoura).

A ordem de grandeza dos valores registados para o tamanho dos agregados no campo R3 (3,0 a 3,7 mm), é semelhante à dos valores encontrados por MRABET *et al.* (2001) em Marrocos (3,8 a 4,5 mm na sementeira directa e 3,2 a 3,5 mm na mobilização convencional, nas camadas de 0 a 2,5 cm e de 2,5 a 7 cm, respectivamente).

A conjugação dos parâmetros analisados (porosidade, densidade aparente e resistência à penetração) indica que, no período em causa, a Sementeira Directa conduziu a um solo mais compacto e mais coeso, sendo assim de esperar maiores restrições na drenagem da água e no crescimento das raízes. Esta é uma situação confirmada por vários autores. No entanto, as discontinuidades criadas no solo pelo seu fendilhamento, assim como os canais gerados pelo crescimento das raízes das culturas e a actividade da fauna do solo, tendem a crescer no tempo num solo que é sujeito a Sementeira Directa, não conseguindo ser convenientemente descritos e caracterizados pelas tecnologias e parâmetros normalmente utilizados para descrever o estado físico dos solos.

O conjunto dos dados mostra também que os efeitos benéficos da mobilização do solo, seja na redução da densidade aparente e resistência à penetração, seja no aumento da macroporosidade, tendem a ser temporários, desaparecendo estes efeitos mais rapidamente em Invernos chuvosos.



## 1.4. HUMIDADE DO SOLO

### 1.4.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA HUMIDADE DO SOLO

Os dados relativos à humidade no solo do campo R2 recolhidos entre 30 de Março e 10 de Agosto de 1999, na cultura do girassol, através de qualquer um dos dois métodos utilizados (TDR - *time domain reflectometry* e sonda de neutrões), não mostraram qualquer efeito do sistema de mobilização do solo (quadros IV.1.23 e IV.1.24).

**Quadro IV.1.23 Efeito do sistema de mobilização sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira em 1999 - (medições efectuadas com TDR)**

Data	30/3	6/4	13/4	20/4	27/4
Sem. Directa	25,5	26,7	24,1	24,1	24,4
Lavoura	26,7	27,5	24,9	24,8	24,6
Média	26,1	27,1	24,5	24,5	24,5
Significância	0,399	0,724	0,571	0,574	0,889
Coef. de variação	14,6%	22,9%	17,2%	17,1%	17,4%
Data	4/5	11/5	18/5	25/5	1/6
Sem. Directa	25,7	25,4	25,6	23,2	19,9
Lavoura	26,1	25,7	25,7	23,5	19,3
Média	25,9	25,6	25,6	23,4	19,6
Significância	0,679	0,847	0,983	0,994	0,697
Coef. de variação	13,5%	15,6%	15,3%	20,0%	26,8%
Data	8/6	15/6	22/6	29/6	5/7
Sem. Directa	17,5	17,9	16,7	16,5	15,8
Lavoura	16,8	17,8	15,3	15,8	15,2
Média	17,1	17,9	16,1	16,1	15,5
Significância	0,636	0,867	0,601	0,655	0,706
Coef. de variação	25,7%	30,7%	31,2%	32,8%	34,0%
Data	13/7	20/7	30/7	10/8	
Sem. Directa	15,5	14,8	14,8	15,2	
Lavoura	14,7	14,0	13,8	14,7	
Média	15,1	14,4	14,3	15,0	
Significância	0,573	0,625	0,520	0,724	
Coef. de variação	36,0%	38,2%	40,6%	29,2%	

**Quadro IV.1.24 Efeito do sistema de mobilização sobre a humidade do solo (%) na camada de 10 a 60 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (medições efectuadas com Sonda de neutrões)**

Data	30/3	6/4	13/4	20/4	27/4
Sem. Directa	25,4	25,4	25,0	25,0	24,8
Lavoura	24,6	24,6	24,2	24,2	23,7
Média	25,0	25,0	24,6	24,6	24,2
Significância	0,347	0,367	0,354	0,342	0,202
Coef. de variação	13,6%	14,2%	15,3%	15,3%	15,3%
Data	4/5	11/5	18/5	25/5	1/6
Sem. Directa	25,2	25,2	25,1	25,0	24,3
Lavoura	24,2	24,5	24,4	24,1	23,3
Média	24,7	24,8	24,8	24,6	23,8
Significância	0,244	0,441	0,433	0,316	0,284
Coef. de variação	15,1%	14,3%	14,7%	15,6%	19,0%
Data	8/6	15/6	22/6	29/6	5/7
Sem. Directa	22,8	20,6	19,3	19,0	18,8
Lavoura	21,7	20,0	18,9	18,6	18,2
Média	22,3	20,3	19,1	18,8	18,5
Significância	0,223	0,556	0,658	0,596	0,516
Coef. de variação	23,0%	25,3%	26,3%	26,1%	26,8%
Data	13/7	20/7	30/7	10/8	
Sem. Directa	18,6	18,4	18,3	18,3	
Lavoura	18,0	17,7	17,5	17,5	
Média	18,3	18,1	17,9	17,9	
Significância	0,481	0,419	0,394	0,302	
Coef. de variação	27,3%	27,8%	28,3%	27,8%	

Os dois sistemas de mobilização do solo objecto de medição (Sementeira Directa e Lavoura) não evidenciaram, em qualquer uma das 19 datas de leitura, diferenças significativas entre eles.

A tendência geral observada, para a redução dos valores de humidade do solo ao longo do tempo, corresponde à variação expectável em culturas de Primavera - Verão de sequeiro, onde a precipitação geralmente diminui ao longo do ciclo cultural, sendo a água armazenada no solo utilizada para satisfazer a evapotranspiração.

O quadro IV.1.25 compara os valores de humidade do solo medidos para as camadas de 0 - 10 cm dos dois sistemas de mobilização (Sementeira Directa e Lavoura) com a precipitação ocorrida entre datas de leitura. A tendência observada de decréscimo do conteúdo de água na camada superficial apenas é invertida em dois momentos (de 27 de Abril a 4 de Maio e 30 de Julho a 10 de Agosto) a que corresponderam precipitações acumuladas nesses períodos de 38,2 mm e 9,5 mm.

**Quadro IV.1.25 Comparação entre a humidade do solo (%), medida para as camadas de 0 a 10 cm e de 0 a 30 cm no campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999, e a precipitação (mm) ocorrida entre leituras efectuadas com TDR**

Datas de leitura	Humidade da camada 0-10 cm		Humidade média da camada 0-30 cm	Precipitação ocorrida entre leituras
	Sem. directa	Lavoura		
30/3	24,1	23,5	26,1	
6/4	23,6	23,4	27,1	6,3
13/4	20,6	21,6	24,5	0,4
20/4	20,6	21,5	24,5	3,8
27/4	20,4	21,7	24,5	6,2
4/5	24,3	23,6	25,9	38,2
11/5	23,2	23,0	25,6	13,1
18/5	23,3	23,2	25,6	7,7
25/5	19,9	20,1	23,4	2,4
1/6	17,6	16,8	19,6	0,0
8/6	16,0	14,7	17,1	0,4
15/6	15,1	13,3	17,9	0,0
22/6	13,2	11,3	16,1	0,0
29/6	13,0	10,5	16,1	0,4
5/7	12,2	9,6	15,5	0,0
13/7	11,7	8,5	15,1	0,0
20/7	10,9	7,9	14,4	0,0
30/7	10,3	7,4	14,3	0,0
10/8	14,3	11,1	15,0	9,5

#### 1.4.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NA HUMIDADE DO SOLO

Em todas as datas em que se efectuaram leituras da humidade do solo, os valores obtidos para as três camadas mostraram diferenças significativas entre eles (quadros IV.1.26, IV.1.27, IV.1.28).

**Quadro IV.1.26 Efeito da profundidade sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com TDR entre 30 de Março e 10 de Agosto)**

Data	Humidade do solo (%)				
	30/3	6/4	13/4	20/4	27/4
0-10 cm	23,8 b	23,5 b	21,1 b	21,0 b	21,0 b
10-20 cm	25,8 b	26,2 b	25,2 a	25,1 a	24,8 ab
20-30 cm	29,0 a	31,6 a	28,0 a	27,9 a	27,7 a
Média	26,1	27,1	24,5	24,5	24,5
Significância	0,012	0,012	0,001	0,001	0,006
Coef. de variação	14,6%	22,9%	17,2%	17,1%	17,4%
LSD erro $\leq$ 0,05	3,08	5,24	3,18	3,13	3,79
Data	4/5	11/5	18/5	25/5	1/6
0-10 cm	24,0 b	23,1 b	23,3 b	20,0 b	17,2 b
10-20 cm	25,9 ab	25,7 ab	25,6 ab	24,0 a	21,7 a
20-30 cm	28,3 a	28,5 a	28,7 a	27,3 a	19,9 a
Média	25,9	25,6	25,6	23,4	19,6
Significância	0,038	0,019	0,017	0,005	0,008
Coef. de variação	13,5%	15,6%	15,3%	20,0%	26,8%
LSD erro $\leq$ 0,05	3,05	3,40	3,35	3,77	4,33
Data	8/6	15/6	22/6	29/6	5/7
0-10 cm	15,4 b	14,2 b	12,3 b	11,7 c	10,9 c
10-20 cm	19,2 a	17,9 ab	16,9 a	16,3 b	15,8 b
20-30 cm	16,9 a	21,9 a	19,8 a	20,3 a	19,8 a
Média	17,1	17,9	16,1	16,1	15,5
Significância	0,019	0,007	0,005	0,001	0,0002
Coef. de variação	25,7%	30,7%	31,2%	32,8%	34,0%
LSD erro $\leq$ 0,05	3,75	4,46	3,97	3,88	3,71
Data	13/7	20/7	30/7	10/8	
0-10 cm	10,1 c	9,4 c	8,8 c	12,7 b	
10-20 cm	15,5 b	14,8 b	14,9 b	13,7 b	
20-30 cm	19,6 a	19,1 a	19,1 a	18,5 a	
Média	15,1	14,4	14,3	15,0	
Significância	0,0001	0,0001	0,0001	0,004	
Coef. de variação	36,0%	38,2%	40,6%	29,2%	
LSD erro $\leq$ 0,05	3,60	3,64	3,87	3,40	

Os valores obtidos mostraram uma tendência para o conteúdo de água no solo aumentar em profundidade. O facto das camadas mais superficiais possuírem valores de humidade mais reduzidos poderá ser explicado pela perda de água para a atmosfera da camada mais à superfície, estabelecendo-se, deste modo, um gradiente decrescente até à superfície.

**Quadro IV.1.27 Efeito da profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 30 de Março e 25 de Maio)**

Data		Humidade do solo (%)				
		30/3	6/4	13/4	20/4	27/4
Profundidade	20 cm	22,1	21,6 b	20,2 b	20,0 b	19,6 c
	30 cm	24,7	24,4 ab	24,0 a	23,9 a	23,4 b
	40 cm	26,3	26,3 a	25,9 a	26,1 a	25,7 ab
	50 cm	26,4	26,6 a	26,6 a	26,5 a	26,3 a
	60 cm	25,1	25,3 a	25,7 a	25,7 a	25,5 ab
	70 cm	25,4	25,6 a	25,5 a	25,4 a	24,9 ab
Média		25,0	25,0	24,6	24,6	24,2
Significância		0,067	0,025	0,001	0,001	0,0001
Coef. de variação		13,6%	14,2%	15,3%	15,3%	15,3%
LSD erro $\leq$ 0,05			3,06	3,01	2,99	2,81
Data		4/5	11/5	18/5	25/5	
Profundidade	20 cm	20,3 b	21,0 b	20,6 b	20,0 b	
	30 cm	24,0 a	24,2 a	24,1 a	23,5 a	
	40 cm	26,0 a	25,8 a	25,9 a	26,0 a	
	50 cm	26,4 a	26,4 a	26,4 a	26,5 a	
	60 cm	25,9 a	25,9 a	26,1 a	25,9 a	
	70 cm	25,5 a	25,7 a	25,6 a	25,6 a	
Média		24,7	24,8	24,8	24,6	
Significância		0,001	0,005	0,002	0,0005	
Coef. de variação		15,1%	14,3%	14,7%	15,6%	
LSD erro $\leq$ 0,05		2,98	2,96	2,96	3,01	

**Quadro IV.1.28 Efeito da profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 1 de Junho e 10 de Agosto)**

		Humidade do solo (%)				
Data		1/6	8/6	15/6	22/6	29/6
Profundidade	20 cm	17,7 c	14,7 c	13,1 d	12,1 c	12,0 d
	30 cm	22,2 b	19,6 b	17,3 c	16,3 b	16,1 c
	40 cm	25,3 ab	23,5 a	20,7 b	19,6 a	19,3 b
	50 cm	26,3 a	25,3 a	22,8 ab	21,5 a	21,2 ab
	60 cm	25,7 a	25,3 a	23,6 ab	22,2 a	21,9 ab
	70 cm	25,5 a	25,2 a	24,3 a	22,9 a	22,5 a
Média		23,8	22,3	20,3	19,1	18,8
Significância		0,00001	0,00000001	0,00000001	0,00000002	0,00000002
Coef. de variação		19,0%	23,0%	25,3%	26,3%	26,1%
LSD erro $\leq$ 0,05		3,25	3,16	3,17	3,18	3,11
Data		5/7	13/7	20/7	30/7	10/8
Profundidade	20 cm	11,5 c	11,1 d	10,8 d	10,5 d	10,8 d
	30 cm	15,7 b	15,4 c	15,3 c	15,1 c	14,9 c
	40 cm	19,2 a	18,9 b	18,7 b	18,5 b	18,4 b
	50 cm	20,8 a	20,8 ab	20,6 ab	20,4 ab	20,3 ab
	60 cm	21,7 a	21,3 ab	21,4 ab	21,2 ab	21,1 ab
	70 cm	22,1 a	22,1 a	21,9 a	21,7 a	21,8 a
Média		18,5	18,3	18,1	17,9	17,9
Significância		0,00000002	0,000000002	0,000000002	0,000000001	0,000000001
Coef. de variação		26,8%	27,3%	27,8%	28,3%	27,8%
LSD erro $\leq$ 0,05		3,12	2,99	3,00	2,97	2,94

### 1.4.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NA HUMIDADE DO SOLO

Com os dados recolhidos da humidade do solo não se registou qualquer efeito da interacção do sistema de mobilização com a profundidade (quadros IV.1.29, IV.1.30, IV.1.31, IV.1.32 e IV.1.33)

**Quadro IV.1.29** Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com TDR entre 30 de Março e 25 de Maio)

Data	Camada	Humidade do solo (%)			Significância	Coef. de variação
		Sem. directa	Lavoura	Média		
30/3	0-10 cm	24,1	23,5	26,1	0,521	14,6%
	10-20 cm	25,3	26,3			
	20-30 cm	27,4	30,3			
6/4	0-10 cm	23,6	23,4	27,1	0,947	22,9%
	10-20 cm	25,5	27,0			
	20-30 cm	31,2	32,1			
13/4	0-10 cm	20,6	21,6	24,5	0,976	17,2%
	10-20 cm	24,7	25,7			
	20-30 cm	27,8	28,1			
20/4	0-10 cm	20,6	21,5	24,5	0,998	17,1%
	10-20 cm	24,8	25,5			
	20-30 cm	27,6	28,2			
27/4	0-10 cm	20,4	21,7	24,5	0,862	17,4%
	10-20 cm	24,9	24,7			
	20-30 cm	28,0	27,5			
4/5	0-10 cm	24,3	23,6	25,9	0,806	13,5%
	10-20 cm	25,4	26,4			
	20-30 cm	27,7	28,9			
11/5	0-10 cm	23,2	23,0	25,6	0,894	15,6%
	10-20 cm	25,1	26,3			
	20-30 cm	28,6	28,4			
18/5	0-10 cm	23,3	23,2	25,6	0,968	15,3%
	10-20 cm	25,3	25,8			
	20-30 cm	28,8	28,5			
25/5	0-10 cm	19,9	20,1	23,4	0,987	20,0%
	10-20 cm	24,2	23,9			
	20-30 cm	27,2	27,3			

**Quadro IV.1.30** Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) na camada de 0 a 30 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com TDR entre 1 de Junho e 10 de Agosto)

Data	Camada	Humidade do solo (%)			Significância	Coef. de variação
		Sem. directa	Lavoura	Média		
1/6	0-10 cm	17,6	16,8	19,6	0,999	26,8%
	10-20 cm	22,0	21,3			
	20-30 cm	20,1	19,6			
8/6	0-10 cm	16,0	14,7	17,1	0,963	25,7%
	10-20 cm	19,3	19,0			
	20-30 cm	17,1	16,6			
15/6	0-10 cm	15,1	13,3	17,9	0,628	30,7%
	10-20 cm	17,8	17,9			
	20-30 cm	20,8	23,4			
22/6	0-10 cm	13,2	11,3	16,1	0,887	31,2%
	10-20 cm	17,1	16,6			
	20-30 cm	19,8	19,7			
29/6	0-10 cm	13,0	10,5	16,1	0,617	32,8%
	10-20 cm	16,7	15,9			
	20-30 cm	19,6	20,9			
5/7	0-10 cm	12,2	9,6	15,5	0,512	34,0%
	10-20 cm	16,2	15,4			
	20-30 cm	18,9	20,6			
13/7	0-10 cm	11,7	8,5	15,1	0,411	36,0%
	10-20 cm	15,9	15,1			
	20-30 cm	18,8	20,4			
20/7	0-10 cm	10,9	7,9	14,4	0,414	38,2%
	10-20 cm	15,2	14,4			
	20-30 cm	18,2	19,9			
30/7	0-10 cm	10,3	7,4	14,3	0,667	40,6%
	10-20 cm	15,2	14,6			
	20-30 cm	18,9	19,3			
10/8	0-10 cm	14,3	11,1	15,0	0,252	29,2%
	10-20 cm	14,0	13,4			
	20-30 cm	17,3	19,7			



**Quadro IV.1.31 Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 30 de Março e 11 de Maio)**

Data	Profundidade	Humidade do solo (%)			Significância	Coef. de variação
		Sem. directa	Lavoura	Média		
30/3	20 cm	22,8	21,4	25,0	0,985	13,6%
	30 cm	24,8	24,6			
	40 cm	26,1	26,5			
	50 cm	26,9	25,9			
	60 cm	25,8	24,5			
	70 cm	26,1	24,7			
6/4	20 cm	22,3	20,9	25,0	0,983	14,2%
	30 cm	24,7	24,2			
	40 cm	26,0	26,6			
	50 cm	26,9	26,2			
	60 cm	26,1	24,6			
	70 cm	26,2	24,9			
13/4	20 cm	20,8	19,6	24,6	0,982	15,3%
	30 cm	24,2	23,7			
	40 cm	25,7	26,1			
	50 cm	26,7	26,4			
	60 cm	26,4	24,9			
	70 cm	26,3	24,6			
20/4	20 cm	20,6	19,5	24,6	0,977	15,3%
	30 cm	24,0	23,7			
	40 cm	25,8	26,3			
	50 cm	26,7	26,2			
	60 cm	26,4	24,9			
	70 cm	26,3	24,5			
27/4	20 cm	20,5	18,6	24,2	0,887	15,3%
	30 cm	23,7	23,1			
	40 cm	25,5	26,0			
	50 cm	26,4	26,3			
	60 cm	26,4	24,5			
	70 cm	26,1	23,7			
4/5	20 cm	21,4	19,3	24,7	0,939	15,1%
	30 cm	24,2	23,8			
	40 cm	25,7	26,2			
	50 cm	26,6	26,1			
	60 cm	26,7	25,1			
	70 cm	26,5	24,5			
11/5	20 cm	21,5	20,4	24,8	0,980	14,3%
	30 cm	24,2	24,2			
	40 cm	25,6	26,1			
	50 cm	26,6	26,2			
	60 cm	26,6	25,2			
	70 cm	26,3	25,0			

**Quadro IV.1.32** Efeito da interação mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 30 de Março e 29 de Junho)

Data	Profundidade	Humidade do solo (%)			Significância	Coef. de variação
		Sem. directa	Lavoura	Média		
18/5	20 cm	21,2	20,1	24,8	0,968	14,7%
	30 cm	24,2	24,0			
	40 cm	25,6	26,2			
	50 cm	26,6	26,3			
	60 cm	26,8	25,4			
	70 cm	26,5	24,7			
25/5	20 cm	20,7	19,3	24,6	0,987	15,6%
	30 cm	24,0	23,0			
	40 cm	25,7	26,2			
	50 cm	26,8	26,2			
	60 cm	26,6	25,2			
	70 cm	26,3	24,9			
1/6	20 cm	19,0	16,4	23,8	0,954	19,0%
	30 cm	22,8	21,6			
	40 cm	25,0	25,5			
	50 cm	26,4	26,1			
	60 cm	26,3	25,2			
	70 cm	26,2	24,8			
8/6	20 cm	15,7	13,7	22,3	0,984	23,0%
	30 cm	20,6	18,6			
	40 cm	23,5	23,4			
	50 cm	25,5	25,1			
	60 cm	25,7	24,9			
	70 cm	25,9	24,6			
15/6	20 cm	14,0	12,1	20,3	0,983	25,3%
	30 cm	17,9	16,7			
	40 cm	20,6	20,8			
	50 cm	22,7	22,8			
	60 cm	23,8	23,5			
	70 cm	24,4	24,2			
22/6	20 cm	13,2	11,1	19,1	0,941	26,3%
	30 cm	17,1	15,5			
	40 cm	19,4	19,8			
	50 cm	21,4	21,7			
	60 cm	22,1	22,4			
	70 cm	22,8	23,0			
29/6	20 cm	13,1	10,8	18,8	0,908	26,1%
	30 cm	16,9	15,3			
	40 cm	19,2	19,4			
	50 cm	21,1	21,3			
	60 cm	21,8	21,9			
	70 cm	22,2	22,7			

**Quadro IV.1.33** Efeito da interacção mobilização X profundidade sobre a humidade do solo (%) às profundidades de 20 a 70 cm do campo R2 (girassol), da herdade da Revilheira, em 1999 - (Medições efectuadas com Sonda de neutrões entre 5 de Julho e 10 de Agosto)

Data	Profundidade	Humidade do solo (%)			Significância	Coef. de variação
		Sem. directa	Lavoura	Média		
5/7	20 cm	12,8	10,3	18,5	0,898	26,8%
	30 cm	16,6	14,9			
	40 cm	19,3	19,1			
	50 cm	20,8	20,9			
	60 cm	21,6	21,8			
	70 cm	21,8	22,4			
13/7	20 cm	12,6	9,6	18,3	0,784	27,3%
	30 cm	16,4	14,5			
	40 cm	18,9	18,9			
	50 cm	20,7	20,8			
	60 cm	21,2	21,4			
	70 cm	21,7	22,5			
20/7	20 cm	12,3	9,3	18,1	0,768	27,8%
	30 cm	16,3	14,2			
	40 cm	18,7	18,7			
	50 cm	20,4	20,7			
	60 cm	21,3	21,4			
	70 cm	21,5	22,2			
30/7	20 cm	12,0	8,9	17,9	0,740	28,3%
	30 cm	16,2	14,0			
	40 cm	18,7	18,4			
	50 cm	20,4	20,5			
	60 cm	21,0	21,3			
	70 cm	21,4	22,1			
10/8	20 cm	12,5	9,1	17,9	0,672	27,8%
	30 cm	16,2	13,7			
	40 cm	18,6	18,2			
	50 cm	20,4	20,3			
	60 cm	21,0	21,1			
	70 cm	21,4	22,2			

#### 1.4.4. DISCUSSÃO

Na cultura do girassol os teores de água no solo não foram influenciados pelos sistemas de mobilização monitorizados (Sementeira Directa e Lavoura).

A ausência de efeito verificou-se ao longo do período de medição (fim de Março a início de Agosto), tendo as variações da humidade do solo ao longo do tempo estado de acordo com a precipitação, que entretanto foi ocorrendo, e com as necessidades crescentes das plantas.

Os resultados obtidos não suportam a ideia referida em alguma bibliografia, segundo a qual a Sementeira Directa, relativamente aos sistemas de mobilização convencional, tenderia a favorecer um maior armazenamento da água no solo.

A profundidade influenciou o teor de água encontrado, estabelecendo-se um gradiente decrescente até à superfície do solo.

O efeito da interacção entre a mobilização do solo e a profundidade não foi observado.

O facto de não se terem registado diferenças no teor de água no solo entre a Sementeira Directa e a Lavoura, levanta a possibilidade da porosidade responsável pelo armazenamento da água no solo não ter sido significativamente diferente, como aliás os dados obtidos para os campos R1 e R3, parecem sugerir (quadro IV.1.4).

Do ponto de vista da cultura do girassol, a progressiva secura da camada superficial do solo, obriga as plantas a procurar água num maior volume de solo, o que pode ser dificultado nos solos em sementeira directa, devido à maior resistência mecânica oferecida. Os dados obtidos para a resistência à penetração (quadro IV.1.21), onde os valores medidos na Sementeira Directa são cerca de 2 a 3 vezes superiores aos lidos no sistema de mobilização Lavoura, suportariam esta eventual dificuldade, acrescida na Sementeira Directa, do crescimento das raízes, tanto mais necessário quanto mais seco se revela o ano. No entanto, os dados da humidade não revelaram diferença na profundidade a que a cultura do girassol foi capaz de utilizar a água do solo nos dois sistemas de mobilização. Este facto reforça a ideia de que a resistência à penetração é um parâmetro que não consegue descrever a capacidade do solo em permitir o crescimento das raízes das culturas em condições de sementeira directa.

## 1.5. MATÉRIA ORGÂNICA

### 1.5.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Os teores de matéria orgânica determinados para cada um dos seis campos analisados nas herdades da Abóboda e da Revilheira (A1, A2, A3, R1, R2 e R3) não mostraram ter sofrido efeito evidente do sistema de mobilização (quadros IV.1.34 e IV.1.35).

O intervalo de tempo de três anos (1995/96 a 1998/99) parece não ter sido suficiente para que os diferentes sistemas de mobilização estudados pudessem originar diferenças significativas no teor de matéria orgânica do solo na camada de 0 a 30 cm.

**Quadro IV.1.34** Efeito do sistema de mobilização no teor de matéria orgânica (%) da camada de 0 a 30 cm nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de matéria orgânica (%)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	Sementeira Directa	1,3	1,3	1,3
	Escarificador	1,3	1,3	1,2
	Chisel	1,3	1,2	1,2
	Lavoura	1,3	1,2	1,3
	Média	1,3	1,3	1,3
	Significância Coef. de variação	0,811 18,3%	0,499 24,1%	0,134 20,3%
Campo A2	Sementeira Directa	1,2	1,2	1,3
	Escarificador	1,3	1,2	1,2
	Chisel	1,3	1,4	1,3
	Lavoura	1,1	1,2	1,2
	Média	1,2	1,2	1,3
	Significância Coef. de variação	0,079 16,5%	0,132 25,3%	0,452 23,3%
Campo A3	Sementeira Directa	1,1	1,3	1,2
	Escarificador	1,3	1,2	1,2
	Chisel	1,2	1,3	1,2
	Lavoura	1,2	1,2	1,2
	Média	1,2	1,3	1,2
	Significância Coef. de variação	0,408 22,8%	0,824 22,8%	0,910 14,2%

**Quadro IV.1.35 Efeito do sistema de mobilização no teor de matéria orgânica (%) da camada de 0 a 30 cm nos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1999**

		Teor de matéria orgânica (%)		
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997	3 Nov. 1998
Campo R1	Sementeira Directa	1,3	1,0	1,2
	Escarificador	1,3	1,1	1,2
	Chisel	1,2	1,1	1,3
	Lavoura	1,3	1,2	1,3
	Média	1,3	1,1	1,2
	Significância	0,928	0,130	0,055
	Coef. de variação	16,9%	13,6%	12,7%
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996	30 Mar. 1999
Campo R2	Sementeira Directa	1,4	1,3	1,3
	Escarificador	1,5	1,3	1,3
	Chisel	1,4	1,4	1,3
	Lavoura	1,2	1,2	1,2
	Média	1,4	1,3	1,3
	Significância	0,191	0,570	0,217
	Coef. de variação	28,4%	23,0%	21,3%
		20 Nov. 1995	23 Out. 1996	3 Nov. 1998
Campo R3	Sementeira Directa	1,6	1,2	1,4
	Escarificador	1,5	1,2	1,4
	Chisel	1,6	1,0	1,3
	Lavoura	1,5	1,0	1,2
	Média	1,5	1,1	1,3
	Significância	0,797	0,229	0,051
	Coef. de variação	17,9%	21,8%	19,2%

### 1.5.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A profundidade influenciou o teor de matéria orgânica do solo (quadros IV.1.36 e IV.1.37).

Nos três campos da herdade da Abóboda (A1, A2 e A3) e ainda no campo R2 da herdade da Revilheira, o efeito da profundidade fez-se sentir desde o primeiro ano de amostragem (1996), no campo R1 apenas a partir do segundo ano (1996) e no campo R3 somente no último ano de recolha de dados (1998).

A análise dos quadros acima referidos permite verificar uma tendência clara para o decréscimo dos teores de matéria orgânica com a profundidade. De facto, na maioria

dos casos, as diferenças observadas entre as três camadas estudadas são altamente significativas.

**Quadro IV.1.36 Efeito da profundidade no teor de matéria orgânica (%) nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998**

		Teor de matéria orgânica (%)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	0-10 cm	1,5 a	1,5 a	1,5 a
	10-20 cm	1,4 b	1,3 b	1,3 b
	20-30 cm	1,1 c	1,0 c	1,0 c
	Média	1,3	1,3	1,3
	Significância	0,000001	0,000002	0,000000001
	Coef. de variação	18,3%	24,1%	20,3%
	LSD erro $\leq 0,05$	0,12	0,17	0,09
Campo A2	0-10 cm	1,3 a	1,5 a	1,5 a
	10-20 cm	1,3 a	1,3 b	1,3 b
	20-30 cm	1,1 b	1,0 c	1,0 c
	Média	1,2	1,2	1,3
	Significância	0,011	0,0000002	0,00002
	Coef. de variação	16,5%	25,3%	23,3%
	LSD erro $\leq 0,05$	0,15	0,15	0,17
Campo A3	0-10 cm	1,3 a	1,5 a	1,3 a
	10-20 cm	1,3 ab	1,3 a	1,2 b
	20-30 cm	1,1 b	1,0 b	1,1 b
	Média	1,2	1,3	1,2
	Significância	0,024	0,001	0,022
	Coef. de variação	22,8%	22,8%	14,2%
	LSD erro $\leq 0,05$	0,20	0,21	0,14

**Quadro IV.1.37** Efeito da profundidade no teor de matéria orgânica (%) nos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1999

		Teor de matéria orgânica (%)		
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997	3 Nov. 1998
Campo R1	0-10 cm	1,4	1,2 a	1,3 a
	10-20 cm	1,3	1,1 b	1,3 ab
	20-30 cm	1,2	1,0 b	1,2 b
	Média	1,3	1,1	1,2
	Significância	0,384	0,005	0,011
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	16,9%	13,6% 0,10	12,7% 0,11
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996	30 Mar. 1999
Campo R2	0-10 cm	1,6 a	1,5 a	1,5 a
	10-20 cm	1,4 ab	1,2 b	1,2 b
	20-30 cm	1,1 b	1,1 b	1,1 c
	Média	1,4	1,3	1,3
	Significância	0,012	0,0002	0,000000002
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	28,4% 0,29	23,0% 0,19	21,3% 0,10
		20 Nov. 1995	30 Mar 1997	3 Nov. 1998
Campo R3	0-10 cm	1,6	1,2	1,5 a
	10-20 cm	1,6	1,1	1,3 b
	20-30 cm	1,5	1,0	1,2 b
	Média	1,5	1,1	1,3
	Significância	0,807	0,098	0,015
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	17,9%	21,8%	19,2% 0,18

### 1.5.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Os quadros IV.1.38 a IV.1.43 mostram os teores de matéria orgânica encontrados para as diferentes interações estudadas. Da análise dos referidos quadros resulta evidente que, de um modo geral, a interação entre o sistema de mobilização do solo e a profundidade não influenciou os teores de matéria orgânica. Na herdade da Abóboda, apenas no campo A1 em 1995 e 1998 e no campo A2 em 1996 (quadros IV.1.38 e IV.1.39) se observou a existência de efeito da interação mobilização X profundidade.



Na herdade da Revilheira, somente no campo R2 em 1999 foi possível observar esse efeito (quadro IV.1.42).

Nos campos onde existiu uma interação significativa parece existir uma tendência para a estratificação dos teores de matéria orgânica nos sistemas de mobilização sem reviramento da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel). Nestes sistemas a camada superficial (0 a 10 cm) possui os valores mais elevados, apresentando a camada de 20 a 30 cm os valores mais baixos. Ao contrário dos outros três sistemas, na Lavoura as três camadas estudadas parecem possuir teores de matéria orgânica semelhantes, e que parecem situar-se entre aqueles encontrados para a camada mais superficial e aqueles outros obtidos para a camada de 20 a 30 cm dos outros três sistemas de mobilização do solo.

**Quadro IV.1.38** Efeito da interação mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de matéria orgânica (%) (Campo A1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	1,6 a	1,6 a	1,5 ab	1,4 abcd
	10-20 cm	1,4 abc	1,4 abcd	1,4 abcd	1,2 cd
	20-30 cm	1,0 e	0,9 e	1,1 de	1,3 bcd
	Média	1,3			
	Significância	0,036			
29 Out. 1996	0-10 cm	1,7	1,5	1,6	1,3
	10-20 cm	1,3	1,4	1,2	1,3
	20-30 cm	1,0	0,9	0,9	1,1
	Média	1,3			
	Significância	0,395			
9 Nov. 1998	0-10 cm	1,7 a	1,5 ab	1,4 bc	1,3 cd
	10-20 cm	1,3 cd	1,2 cd	1,3 cd	1,3 cd
	20-30 cm	1,0 e	0,9 e	0,9 e	1,2 d
	Média	1,3			
	Significância	0,001			
9 Nov. 1998	Coef. de variação	20,3%			
	LSD erro $\leq 0,05$	0,13			

**Quadro IV.1.39** Efeito da interacção **mobilização X profundidade** no teor de **materia orgânica (%)** do campo **A2**, da herdade da Abóboda, nos anos de **1995, 1996 e 1998**

		Teor de matéria orgânica (%) (Campo A2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	1,3	1,5	1,4	1,1
	10-20 cm	1,2	1,2	1,4	1,2
	20-30 cm	1,1	1,1	1,1	1,0
	Média	1,2			
	Significância	0,693			
	Coef. de variação	16,5%			
29 Out. 1996	0-10 cm	1,8 a	1,4 bc	1,6 ab	1,3 bc
	10-20 cm	1,1 cd	1,2 c	1,4 bc	1,3 bc
	20-30 cm	0,8 e	0,9 de	1,1 cd	1,1 cde
	Média	1,2			
	Significância	0,011			
	Coef. de variação	25,3%			
	LSD erro $\leq 0,05$	0,21			
9 Nov. 1998	0-10 cm	1,7	1,5	1,5	1,2
	10-20 cm	1,2	1,2	1,4	1,3
	20-30 cm	0,9	1,0	1,1	1,1
	Média	1,3			
	Significância	0,148			
	Coef. de variação	23,3%			

**Quadro IV.1.40** Efeito da interacção **mobilização X profundidade** no teor de **materia orgânica (%)** do campo **A3**, da herdade da Abóboda, nos anos de **1995, 1996 e 1998**

		Teor de matéria orgânica (%) (Campo A3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	1,3	1,6	1,4	1,1
	10-20 cm	1,2	1,3	1,3	1,2
	20-30 cm	0,9	1,0	1,1	1,3
	Média	1,2			
	Significância	0,167			
	Coef. de variação	22,8%			
29 Out. 1996	0-10 cm	1,6	1,4	1,5	1,3
	10-20 cm	1,3	1,2	1,3	1,3
	20-30 cm	1,0	1,0	1,0	1,0
	Média	1,3			
	Significância	0,941			
	Coef. de variação	22,8%			
9 Nov. 1998	0-10 cm	1,5	1,2	1,4	1,3
	10-20 cm	1,1	1,2	1,2	1,2
	20-30 cm	1,0	1,2	1,2	1,2
	Média	1,2			
	Significância	0,448			
	Coef. de variação	14,2%			

**Quadro IV.1.41** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998

		Teor de matéria orgânica (%) (Campo R1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	1,3	1,5	1,2	1,5
	10-20 cm	1,2	1,2	1,3	1,2
	20-30 cm	1,3	1,2	1,2	1,2
	Média	1,3			
	Significância	0,801			
	Coef. de variação	16,9%			
22 Abr. 1997	0-10 cm	1,1	1,3	1,2	1,1
	10-20 cm	1,0	1,0	1,0	1,2
	20-30 cm	1,0	0,9	1,0	1,1
	Média	1,1			
	Significância	0,076			
	Coef. de variação	13,6%			
3 Nov. 1998	0-10 cm	1,3	1,3	1,4	1,3
	10-20 cm	1,2	1,2	1,3	1,3
	20-30 cm	1,1	1,0	1,2	1,3
	Média	1,2			
	Significância	0,789			
	Coef. de variação	12,7%			

**Quadro IV.1.42** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1996 e 1999

		Teor de matéria orgânica (%) (Campo R2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
14 Mar. 1996	0-10 cm	1,9	1,6	1,7	1,2
	10-20 cm	1,2	1,7	1,4	1,3
	20-30 cm	1,1	1,3	1,1	1,1
	Média	1,4			
	Significância	0,446			
	Coef. de variação	28,4%			
23 Out. 1996	0-10 cm	1,6	1,7	1,6	1,3
	10-20 cm	1,1	1,1	1,3	1,2
	20-30 cm	1,0	1,0	1,2	1,2
	Média	1,3			
	Significância	0,276			
	Coef. de variação	23,0%			
30 Mar. 1999	0-10 cm	1,7 a	1,7 a	1,6 a	1,17 bc
	10-20 cm	1,1 bc	1,2 b	1,2 b	1,20 b
	20-30 cm	1,0 c	1,0 bc	1,1 bc	1,20 b
	Média	1,3			
	Significância	0,0001			
	Coef. de variação	21,3%			
	LSD erro $\leq 0,05$	0,14			

**Quadro IV.1.43** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de matéria orgânica (%) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998

		Teor de matéria orgânica (%) (Campo R3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	1,5	1,5	1,8	1,3
	10-20 cm	1,7	1,4	1,5	1,7
	20-30 cm	1,5	1,5	1,5	1,5
	Média	1,5			
	Significância	0,518			
	Coef. de variação	17,9%			
30-Mar-97	0-10 cm	1,3	1,4	1,1	1,1
	10-20 cm	1,2	1,2	1,1	1,0
	20-30 cm	1,0	1,0	1,0	0,9
	Média	1,1			
	Significância	0,952			
	Coef. de variação	21,8%			
3 Nov. 1998	0-10 cm	1,6	1,6	1,5	1,2
	10-20 cm	1,4	1,3	1,3	1,1
	20-30 cm	1,4	1,2	1,1	1,2
	Média	1,3			
	Significância	0,525			
	Coef. de variação	19,2%			

#### 1.5.4. DISCUSSÃO

O teor de matéria orgânica no solo não foi influenciado pelo sistema de mobilização. No entanto, há a referir que os resultados estão expressos em percentagem. Tendo havido diferenças na densidade aparente do solo em função do sistema de mobilização do solo (quadro IV.1.14), os valores expressos em peso por unidade de área teriam sido favorecidos nos tratamentos com maior densidade aparente, nomeadamente a Sementeira Directa. Contudo esta conversão não foi possível, uma vez que não se avaliou a densidade aparente do solo no momento da colheita das amostras para determinação da matéria orgânica.

A duração deste ensaio revelou-se manifestamente curta para que o expectável efeito positivo da Sementeira Directa sobre o teor de matéria orgânica do solo se pudesse fazer sentir. Os resultados relatados nos ensaios de longa duração mostram, geralmente, a existência da influência do sistema de mobilização do solo sobre o teor da matéria orgânica. OLSON *et al.* (2005), ao fim de 12 anos, verificaram que a mobilização reduzida apresentava mais matéria orgânica, na camada de 0 a 15 cm, do que a

mobilização convencional. DOLAN *et al.* (2006) constataram ao fim de 23 anos que a Sementeira Directa possuía uma quantidade de matéria orgânica superior em mais de 30% àquela que existia no sistema de mobilização Lavoura.

Nas condições deste ensaio, onde não existiu conservação da palha, a acumulação de matéria orgânica nos talhões de Sementeira Directa dependeu principalmente da redução da taxa de mineralização, o que para ter reflexos significativos exige períodos mais longos. O trabalho de LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (1997) confirma esta ideia. Estes autores, num ensaio de mobilização do solo realizado em Espanha, com uma rotação de sequeiro trigo mole (*Triticum aestivum* L.) – girassol (*Helianthus annuus* L.), não detectaram, ao fim de 6 anos, diferenças significativas do teor de matéria orgânica na camada de 0 a 30 cm, atribuindo esse facto à pequena quantidade de resíduos deixados no solo pela sementeira directa nesta rotação. Outros autores, como SISTI *et al.* (2004), atribuíram à falta de azoto disponível no solo, necessário ao aumento do carbono orgânico, a razão pela qual não tinham, ao fim de 13 anos, verificado diferenças significativas entre a Sementeira Directa e a Mobilização Convencional. Outra razão, para este lento efeito da Sementeira Directa no teor de matéria orgânica do solo, resulta do seu elevado grau de evolução. De facto, tratando-se de um solo com um teor de matéria orgânica muito baixo, esta é composta por ácidos húmicos muito estáveis e fortemente ligados aos minerais de argila (formando os complexos argilo-húmicos), pelo que a sua taxa de mineralização é menos afectada pelas condições ambientais e práticas agrícolas. Nestas condições, as diferenças na taxa de mineralização da matéria orgânica, impostas pelos diferentes sistemas de mobilização do solo, são necessariamente pequenas.

A profundidade influenciou os teores de matéria orgânica encontrados para as três camadas de solo estudadas. Este efeito profundidade fez-se notar através da estratificação muito evidente dos teores de matéria orgânica, com os valores a sofrerem uma redução com o aumento da profundidade. Os valores obtidos em cada uma das três camadas analisadas (0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm) resultam das médias dos valores verificados em cada uma dessas camadas dos quatro sistemas de mobilização estudados. Destes quatro sistemas apenas a lavoura faz o reviramento do solo, pelo que não havendo uma incorporação generalizada dos resíduos é natural que a matéria orgânica revele, no conjunto dos tratamentos de mobilização, alguma estratificação, diminuído o seu teor em profundidade.

A interacção entre os sistemas de mobilização e a profundidade não produziu um efeito significativo sobre o teor de matéria orgânica.

A não conservação da palha e o efeito demorado da redução da taxa de mineralização na Sementeira Directa poderão ter contribuído para a ausência de uma interacção significativa. Por outro lado, a camada mais superficial estudada possuía 10 cm de espessura o que pode diluir algum efeito significativo que possa ter-se verificado mais à superfície. O estudo de uma camada superficial mais fina (0 a 5 cm, por exemplo) poderia ter sido mais sensível a variações, sobretudo na Sementeira Directa. Os trabalhos de ZIBILSKE *et al.* (2002) e de BAYER *et al.* (2000) parecem confirmar esta ideia.

ZIBILSKE *et al.* (2002) obtiveram, ao fim de 9 anos em regadio e na camada de 0 a 4 cm, mais matéria orgânica no solo de Sementeira Directa (1,65%) do que na mobilização convencional (0,95%). Também BAYER *et al.* (2000), no Estado do Rio Grande do Sul no Brasil, verificaram ao fim de 10 anos de ensaios onde na sementeira directa se deixavam os resíduos da cultura anterior no terreno, um aumento da matéria orgânica neste sistema em relação à mobilização convencional, restringindo-se, no entanto, este aumento à camada de 0 a 5 cm.

Os resultados obtidos permitem perceber, embora nem sempre com significado estatístico, que o teor de matéria orgânica da Lavoura permaneceu, em cada campo, aproximadamente idêntico ao longo dos primeiros 30 cm de profundidade, enquanto que nos outros três tratamentos existiu a tendência, mais evidente na Sementeira Directa, para uma diminuição desse teor em profundidade. Também DUIKER e DOUGLAS (2006), comparando três sistemas de mobilização do solo (Sementeira Directa, Chisel e Lavoura) verificaram, na camada de 0 a 15 cm, que a Sementeira Directa possuía, em relação aos outros dois sistemas, mais matéria orgânica nos primeiros 5 cm de profundidade, decrescendo depois rapidamente, enquanto que na Lavoura o teor de matéria orgânica foi mais uniforme ao longo do perfil estudado.

## 1.6. NITRATOS

### 1.6.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE NITRATOS DO SOLO

Os sistemas de mobilização não parecem ter influenciado os teores de nitratos do solo (quadros IV.1.44 e IV.1.45).

**Quadro IV.1.44** Efeito do sistema de mobilização no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de nitratos (ppm)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	Sementeira Directa	15,3	13,5	7,1 b
	Escarificador	17,1	12,1	9,3 ab
	Chisel	11,7	12,9	10,6 a
	Lavoura	15,9	13,7	11,0 a
	Média	15,0	13,1	9,5
	Significância	0,553	0,779	0,023
	Coef. de variação	52,3%	49,3%	40,0%
	LSD erro $\leq$ 0,05			2,63
Campo A2	Sementeira Directa	11,6	15,9 a	31,1
	Escarificador	8,8	10,1 b	41,2
	Chisel	9,6	9,9 b	44,3
	Lavoura	9,8	8,9 b	26,1
	Média	9,9	11,2	35,6
	Significância	0,618	0,036	0,555
	Coef. de variação	53,5%	58,6%	74,8%
	LSD erro $\leq$ 0,05	5,05		
Campo A3	Sementeira Directa	7,0	7,6	52,8
	Escarificador	9,2	8,0	76,7
	Chisel	7,0	6,2	35,6
	Lavoura	8,5	9,3	61,1
	Média	7,9	7,8	56,5
	Significância	0,506	0,113	0,327
	Coef. de variação	58,7%	41,5%	77,0%

Dos dados obtidos para a herdade da Abóboda, apenas nos campos A1 em 1998 e A2 em 1996 se registou o efeito da mobilização do solo (quadro IV.1.44). O efeito verificado em 1996 no campo A2, onde o teor de nitratos na Sementeira Directa foi significativamente mais elevado (15,9 ppm), é inverso àquele que se observou em 1998 no campo A1, onde a Sementeira Directa registou o teor médio de nitratos mais baixo

(7,1 ppm), estatisticamente diferente dos teores médios obtidos para os sistemas Chisel e Lavoura (10,1 e 11,0 ppm, respectivamente).

Os teores médios verificados em 1998 nos campos A2 e A3 são superiores em mais de três a sete vezes (campo A2 e campo A3, respectivamente) aos valores obtidos para os outros dois anos analisados (1995 e 1996). Este facto parece sugerir que o ano foi mais determinante do que a mobilização do solo, na quantidade de nitratos existente à data da amostragem.

**Quadro IV.1.45 Efeito do sistema de mobilização no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1997**

		Teor de nitratos (ppm)	
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997
Campo R1	Sementeira Directa	8,4 a	7,7
	Escarificador	4,4 bc	4,8
	Chisel	7,1 ab	6,4
	Lavoura	3,3 c	5,4
	Média	5,8	6,1
	Significância	0,002	0,574
Coef. de variação	77,1%	75,0%	
		2,70	
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996
Campo R2	Sementeira Directa	7,0	12,2
	Escarificador	6,1	11,8
	Chisel	7,3	10,3
	Lavoura	6,2	12,5
	Média	6,6	11,7
	Significância	0,739	0,368
Coef. de variação	57,1%	32,4%	
		20 Nov. 1995	23 Out. 1996
Campo R3	Sementeira Directa	10,1	11,5
	Escarificador	7,2	14,7
	Chisel	10,3	12,9
	Lavoura	7,8	11,4
	Média	8,9	12,6
	Significância	0,485	0,185
Coef. de variação	65,1%	33,5%	

Na herdade da Revilheira, os dados obtidos em 1995/96 e 1998/99 também não indiciam a existência de efeito da mobilização do solo sobre o teor de nitratos. Nesta herdade apenas o campo R1, e para o primeiro ano amostrado (1995), revelou diferenças significativas entre os diferentes sistemas de mobilização estudados (quadro IV.1.45). Este efeito já não foi observado no ano seguinte e, à semelhança do que se



observou no campo A2 em 1996 a Sementeira Directa foi o sistema de mobilização com o teor mais elevado de nitratos (8,4 ppm) e estatisticamente diferente do valor obtido para a Lavoura (3,3 ppm).

### **1.6.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE NITRATOS DO SOLO**

A análise dos dados obtidos para o campo A1 da herdade da Abóboda (quadro IV.1.46) parece indicar que a profundidade influenciou os teores de nitratos em 1996 e 1998. Os valores obtidos sugerem a existência de uma tendência para a camada mais superficial (0 a 10 cm) acumular maior quantidade de nitratos relativamente às restantes. Esta distribuição dos nitratos no perfil (teores decrescentes com a profundidade) está com certeza relacionada com o mesmo padrão de variação dos teores de matéria orgânica (quadro IV.1.36).

No campo A2 este efeito da profundidade sobre o teor de nitratos não foi observado em qualquer um dos três anos estudados. Neste campo, principalmente nos anos de 1995 e 1996, os teores de nitratos aumentam ao longo do perfil estudado, não acompanhando, assim, a variação do teor de matéria orgânica.

Quando analisamos os valores dos teores de nitratos recolhidos no campo A3 verificamos que as variações observadas não revelam qualquer padrão consistente. De notar que apenas nos dois primeiros anos as variações entre as três camadas são estatisticamente diferentes, e enquanto que em 1995/96 o teor de nitratos da camada de 0 a 10 cm (4,2 ppm) foi inferior aos teores determinados para as restantes camadas, o valor obtido em 1996/97 para a mesma camada (9,9 ppm) foi, desta vez, o mais elevado.

A precipitação de 98 mm, ocorrida em 1995 nos quinze dias anteriores à sementeira (momento de amostragem), poderia ter provocado alguma descida dos nitratos originando, deste modo, uma acumulação nas camadas inferiores de 10 a 20 cm e de 20 a 30 cm, particularmente evidente nos campos A2 e A3. Em 1996, a precipitação ocorrida no período anterior à colheita das amostras de solo foi somente de 3,5 mm, o que poderá constituir a razão pela qual o perfil de distribuição dos nitratos, nos campos A1 e A3, é idêntico ao da matéria orgânica. Contudo, esta hipótese não explica o perfil de distribuição inversa do campo A2.

**Quadro IV.1.46** Efeito da profundidade no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de nitratos (ppm)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	0-10 cm	16,0	19,9 a	12,4 a
	10-20 cm	16,2	10,3 b	9,1 b
	20-30 cm	12,8	9,0 b	7,0 b
	Média	15,0	13,1	9,5
	Significância	0,537	0,000000061	0,000261542
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	52,3%	49,3% 2,91	40,0% 2,27
Campo A2	0-10 cm	7,2	8,8	34,0
	10-20 cm	10,9	13,0	39,6
	20-30 cm	11,7	11,7	33,3
	Média	9,9	11,2	35,6
	Significância	0,051	0,158	0,859
	Coef. de variação	53,5%	58,6%	74,8%
Campo A3	0-10 cm	4,2 b	9,9 a	44,2
	10-20 cm	8,6 a	6,7 b	67,5
	20-30 cm	11,0 a	6,7 b	57,9
	Média	7,9	7,8	56,5
	Significância	0,001	0,005	0,480
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	58,7% 3,19	41,5% 2,15	77,0% 39,36

Os valores mais elevados obtidos em 1998 para os campos A2 e A3, relativamente àqueles verificados em 1995 e 1996 (quadro IV.1.46) sugerem (tal como se referiu no ponto 1.6.1) que o ano terá sido mais importante do que a profundidade nas quantidades de nitratos encontradas. De facto neste ano de 1998 a precipitação ocorrida até à sementeira foi apenas de 44 mm (39% e 57% da precipitação ocorrida até à recolha das amostras em 1995 e 1996, respectivamente), o que parece reforçar a ideia de que a lavagem (ou a falta dela no caso em questão) terá contribuído para que uma maior quantidade de nitratos ainda permanecesse no perfil analisado.

Na herdade da Revilheira os dados obtidos, nos anos de 1995/96 e 1996/97, apontam para a existência de efeito da profundidade sobre o teor de nitratos (quadro IV.1.47). A interpretação destes dados deve ter em consideração que o período anual de recolha de amostras, ao contrário do que sucedeu na herdade da Abóboda, nem sempre foi o mesmo. No caso das culturas do trigo, tritcale e forragem a amostragem foi feita no Outono (Outubro ou Novembro), mas no caso da cultura do girassol a recolha de amostras foi feita em Março ou Abril, imediatamente após a preparação da cama da semente e antes da sementeira.

No campo R1 em 1995 a profundidade influenciou o teor de nitratos fazendo com que o valor encontrado na camada de 20 a 30 cm (9,7 ppm) tenha sido estatisticamente superior aos das camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm (3,1 ppm e 4,7 ppm, respectivamente). No ano de 1997 este efeito já não foi observado (quadro IV.1.47).

**Quadro IV.1.47** Efeito do sistema de mobilização no teor de nitratos (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1997

		Teor de nitratos (ppm)	
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997
Campo R1	0-10 cm	3,1 b	8,0
	10-20 cm	4,7 b	5,4
	20-30 cm	9,7 a	4,9
	Média	5,8	6,1
	Significância	0,00001	0,249
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	77,1% 2,34	75,0%
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996
Campo R2	0-10 cm	9,8 a	14,1 a
	10-20 cm	5,5 b	11,9 a
	20-30 cm	4,7 b	9,2 b
	Média	6,6	11,7
	Significância	0,0001	0,001
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	57,1% 2,17	32,4% 2,27
		20 Nov. 1995	30 Mar 1997
Campo R3	0-10 cm	5,8 b	16,0 a
	10-20 cm	8,2 b	12,0 b
	20-30 cm	12,7 a	9,9 b
	Média	8,9	12,6
	Significância	0,012	0,001
	Coef. de variação LSD erro $\leq$ 0,05	65,1% 4,40	33,5% 3,00

O efeito da profundidade sobre o teor de nitratos do campo R2 verificou-se nos dois momentos de amostragem (Março e Outubro de 1996), tendo a profundidade conduzido a um decréscimo dos teores de nitratos. Os valores mais elevados na camada superficial podem, eventualmente, estar relacionados com a existência nesta camada, relativamente às demais, de teores de matéria orgânica também mais elevados (ponto 1.5.2).

Os dados determinados para o campo R3 evidenciam também a existência de efeito da profundidade sobre o teor de nitratos. No entanto, este efeito não se mostrou idêntico nos dois anos analisados. Em 1995 o teor de nitratos aumentou em profundidade, apresentando as camadas mais superficiais (0 a 10 cm e 10 a 20 cm) valores inferiores aos da camada de 20 a 30 cm. Ao contrário, em 1997 o teor de nitratos diminuiu em profundidade, sendo desta vez a camada mais superficial (0 a 10 cm) aquela que registou o teor mais elevado. Este efeito diferenciado parece conduzir à ideia de que o ano poderá ter desempenhado um papel importante na determinação do sentido da variação.

No caso dos campos R1 e R3 em 1995, registou-se uma acumulação de nitratos nas camadas mais profundas (10 a 20 cm e 20 a 30 cm) contrariando o gradiente de concentração da matéria orgânica, pelo que a possível lavagem dos nitratos da camada superficial de 0 a 10 cm, originada pelos 102 mm de precipitação ocorridos nos quinze dias anteriores à amostragem, poderá constituir uma justificação plausível. No ano seguinte (1996) os escassos 29 mm de precipitação ocorrida em igual período poderão, tal como na herdade da Abóboda neste mesmo ano, justificar os teores de nitratos decrescentes em profundidade, acompanhando deste modo o perfil de distribuição da matéria orgânica.

### **1.6.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE NITRATOS DO SOLO**

De um modo geral os dados analisados apontam para a inexistência de efeito da interacção entre a mobilização do solo e a profundidade (quadros IV.1.46 a IV.1.51). Os dados relativos aos campos A1 e A2 em 1996 e, R2 em Março e Outubro de 1996, constituem a excepção a esta ausência generalizada de interacções significativas.

Na herdade da Abóboda somente os campos A1 e A2 em 1996 mostraram uma interacção significativa (quadros IV.1.48 e IV.1.49). Os valores obtidos para o campo A1 parecem exibir a tendência para nos sistemas de mobilização sem reviramento da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel) a camada mais superficial apresentar valores mais elevados que os das camadas inferiores, ao passo que na Lavoura os valores obtidos para as várias camadas parecem não se distinguir. Esta tendência parece continuar no tempo e talvez possa ser atribuída ao facto do teor de matéria orgânica exibir um padrão de variação similar (quadros IV.1.38 e IV.1.39). Os teores de nitratos registados para o campo A2 em 1996 mostraram uma interacção significativa, sendo a camada de 0 a 10 cm da Sementeira Directa aquela que apresentou o teor mais

elevado, contrariamente ao que sucedeu nos outros sistemas de mobilização onde a mesma camada superficial registou os menores valores.

Os dados registados nos anos de 1995/96 e 1996/97 para o campo R2 da herdade da Revilheira (quadro IV.1.52) apontam para um padrão de variação semelhante àquele descrito para o campo A1, isto é, as camadas superficiais dos sistemas sem reviramento da leiva possuem os teores de nitratos mais elevados, existindo alguma semelhança nos valores obtidos para as três camadas analisadas do sistema Lavoura. Este padrão de variação assemelha-se ao padrão de variação dos teores de matéria orgânica observados (quadro IV.1.42), pelo que este facto pode concorrer para a sua explicação.

**Quadro IV.1.48** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de nitratos (ppm)			
		(Campo A1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	8,9	14,2	12,8	15,2
	10-20 cm	21,7	21,5	11,7	16,3
	20-30 cm	15,4	15,6	10,5	16,1
	Média	15,0			
	Significância	0,714			
	Coef. de variação	52,3%			
29 Out. 1996	0-10 cm	25,4 a	18,9 bc	20,7 ab	14,7 bcd
	10-20 cm	6,9 e	10,5 de	10,1 de	13,5 cde
	20-30 cm	8,0 e	7,0 e	8,0 e	12,9 cde
	Média	13,1			
	Significância	0,006			
	Coef. de variação	49,3%			
	LSD erro $\leq 0,05$	4,12			
9 Nov. 1998	0-10 cm	8,7	14,4	14,4	12,0
	10-20 cm	5,9	8,2	11,0	11,4
	20-30 cm	6,8	5,2	6,5	9,7
	Média	9,5			
	Significância	0,160			
	Coef. de variação	40,0%			

**Quadro IV.1.49** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de nitratos (ppm) (Campo A2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	13,2	5,8	5,1	4,5
	10-20 cm	11,7	8,9	14,8	8,3
	20-30 cm	9,9	11,6	8,8	16,6
	Média	9,9			
	Significância	0,064			
	Coef. de variação	53,5%			
29 Out. 1996	0-10 cm	21,1 a	5,2 cd	4,8 d	4,2 d
	10-20 cm	15,9 ab	12,3 abcd	15,2 abc	8,5 bcd
	20-30 cm	10,5 bcd	12,8 abcd	9,6 bcd	14,0 abcd
	Média	11,2			
	Significância	0,027			
	Coef. de variação	58,6%			
	LSD erro $\leq 0,05$	6,19			
9 Nov. 1998	0-10 cm	30,8	43,2	41,6	20,5
	10-20 cm	27,4	44,7	54,0	32,1
	20-30 cm	35,0	35,6	37,2	25,5
	Média	35,6			
	Significância	0,994			
	Coef. de variação	74,8%			

**Quadro IV.1.50** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de nitratos (ppm) (Campo A3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	4,7	5,3	3,3	3,5
	10-20 cm	9,5	9,9	7,7	7,4
	20-30 cm	6,6	12,6	10,2	14,6
	Média	7,9			
	Significância	0,389			
	Coef. de variação	58,7%			
29 Out. 1996	0-10 cm	12,4	10,4	8,4	8,5
	10-20 cm	5,6	7,0	5,0	9,0
	20-30 cm	4,6	6,5	5,3	10,4
	Média	7,8			
	Significância	0,104			
	Coef. de variação	41,5%			
9 Nov. 1998	0-10 cm	51,7	66,7	28,3	30,0
	10-20 cm	56,7	90,0	48,3	75,0
	20-30 cm	50,0	73,3	30,0	78,3
	Média	56,5			
	Significância	0,970			
	Coef. de variação	77,0%			

**Quadro IV.1.51** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 e 1997

		Teor de nitratos (ppm) (Campo R1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	4,6	3,5	1,9	2,2
	10-20 cm	6,6	1,7	8,1	2,4
	20-30 cm	14,2	7,9	11,1	5,4
	Média	5,8			
	Significância	0,144			
	Coef. de variação	77,1%			
22 Abr. 1997	0-10 cm	12,4	4,0	9,7	5,9
	10-20 cm	5,3	5,6	4,2	6,4
	20-30 cm	5,6	4,8	5,3	3,9
	Média	6,1			
	Significância	0,633			
	Coef. de variação	75,0%			

**Quadro IV.1.52** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo R2, da herdade da Revilheira, no ano de 1996

		Teor de nitratos (ppm) (Campo R2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
14 Mar. 1996	0-10 cm	11,3 ab	9,8 abc	13,4 a	4,8 d
	10-20 cm	5,4 cd	5,3 cd	5,0 cd	6,0 cd
	20-30 cm	4,2 d	3,3 d	3,4 d	7,8 bcd
	Média	6,6			
	Significância	0,008			
	Coef. de variação	57,1%			
	LSD erro $\leq 0,05$	3,07			
23 Out. 1996	0-10 cm	17,9 a	13,3 abc	14,3 ab	10,9 bcd
	10-20 cm	11,2 bcd	13,5 abc	8,3 cd	14,4 ab
	20-30 cm	7,4 d	8,6 cd	8,5 cd	12,1 bcd
	Média	11,7			
	Significância	0,011			
	Coef. de variação	32,4%			
	LSD erro $\leq 0,05$	3,21			

**Quadro IV.1.53** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de nitratos (ppm) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 e 1997

		Teor de nitratos (ppm) (Campo R3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	5,2	2,6	6,1	9,3
	10-20 cm	8,8	8,4	9,9	5,6
	20-30 cm	16,4	10,6	15,1	8,6
	Média	8,9			
	Significância	0,496			
	Coef. de variação	65,1%			
30-Mar-97	0-10 cm	15,1	18,5	16,4	14,0
	10-20 cm	10,7	13,9	13,5	9,8
	20-30 cm	8,7	11,8	8,7	10,3
	Média	12,6			
	Significância	0,916			
	Coef. de variação	33,5%			

#### 1.6.4. DISCUSSÃO

O sistema de mobilização do solo não afectou significativamente o teor de nitratos encontrado.

Em dois campos da herdade da Abóboda o teor de nitratos encontrado em 1998/99 foi superior em três a sete vezes os valores encontrados para os anos anteriores, o que nos leva a ponderar a ideia de que o ano parece ter tido um impacto determinante na grandeza do teor de nitratos encontrado.

Na medida em que o azoto no solo se encontra fundamentalmente associado à matéria orgânica, um eventual efeito da mobilização do solo estará condicionado pela verificação de efeito sobre o teor de matéria orgânica, o que como já foi referido exige mais anos. Por outro lado, a quantidade de azoto mineral no solo é também influenciada pela taxa de mineralização da matéria orgânica. Na medida em que os dados registados parecem indicar que à data das recolhas de amostras já não se verificavam diferenças na taxa de mineralização nos diferentes sistemas de mobilização, podemos considerar que o eventual efeito do sistema de mobilização sobre a taxa de mineralização apenas se faz sentir durante uma determinada fase do ano e que à data da recolha de amostra de solo esse efeito já (ou ainda não) era visível. Outro aspecto do problema são os teores de matéria orgânica bastante baixos, pelo que é razoável pensar que possa estar, na sua grande maioria, ligada à argila, sendo a sua mineralização muito lenta e menos afectada pelo sistema de mobilização.



A lavagem dos nitratos provocada por precipitações diferentes em momentos diferentes poderá também ter afectado alguns valores encontrados. De facto, o efeito profundidade não foi evidente na herdade da Abóboda onde o factor campo ou o factor ano terão sido mais importantes. A ocorrência de precipitação antes da recolha de amostras pode ter arrastado da superfície quantidades de nitratos já de si baixas

Na herdade da Revilheira, o factor campo poderá ter sido determinante no tipo de efeito produzido. No campo R2 os valores decresceram com a profundidade acompanhando o padrão de variação da matéria orgânica. No campo R3 o sentido da variação alterou-se em anos diferentes, pelo as condições climáticas após a mobilização e até amostragem poderão ter feito a diferença.

O efeito da interacção entre a mobilização do solo e a profundidade não foi significativa, no entanto, os valores sugerem um padrão de variação que consiste na circunstância da maior quantidade de nitratos se encontrar na camada superficial dos tratamentos sem reviramento da leiva, das duas restantes camadas possuírem os teores mais baixos, e da Lavoura apresentar um teor de nitratos intermédio e semelhante ao longo do perfil estudado. Uma explicação possível para este padrão de variação reside no facto do reviramento da leiva proceder à mistura das várias camadas, enquanto que os outros sistemas, sobretudo a Sementeira Directa e o Escarificador, tenderem a acumular à superfície.

O'LEARY e CONNOR (1997), num ensaio de quatro anos, verificaram que a mobilização do solo teve pouco efeito no azoto mineral do solo determinado à sementeira e, que a sua distribuição no perfil variava todos os anos apesar de em alguns deles, o azoto mineral total ser semelhante, o que confirma a possibilidade da lavagem resultante de diferentes precipitações actuar como factor de redistribuição no perfil.

Também LÓPEZ-BELLIDO e LÓPEZ-BELLIDO (2001), em Espanha com várias rotações bianuais de sequeiro, verificaram que, no conjunto dos três anos de ensaios, o conteúdo de nitratos do solo à sementeira não variou com o sistema de mobilização do solo (Sementeira Directa e Mobilização Convencional). Estes autores consideraram que a falta de efeito da mobilização sobre o azoto mineral do solo se deveu ao facto dos ensaios terem decorrido em anos particularmente chuvosos.

## 1.7. FÓSFORO

### 1.7.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO

Nos três anos analisados nos campos A1, A2 e A3 da herdade da Abóboda, assim como o campo R1 da herdade da Revilheira, não se registaram quaisquer efeitos do sistema de mobilização sobre o teor de fósforo no solo (quadros IV.1.54 e IV.1.55).

**Quadro IV.1.54** Efeito do sistema de mobilização no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de fósforo (ppm)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	Sementeira Directa	23,6	29,6	26,0
	Escarificador	30,7	32,4	21,3
	Chisel	22,9	25,8	21,8
	Lavoura	21,3	26,9	21,8
	Média	24,6	28,7	22,7
	Significância	0,120	0,492	0,328
	Coef. de variação	50,2%	49,1%	61,3%
Campo A2	Sementeira Directa	18,2	21,3	22,7
	Escarificador	31,1	24,9	21,3
	Chisel	29,8	19,6	21,3
	Lavoura	30,4	20,0	24,2
	Média	27,4	21,4	22,4
	Significância	0,330	0,417	0,906
	Coef. de variação	66,3%	59,3%	59,8%
Campo A3	Sementeira Directa	14,0	14,4	11,6
	Escarificador	21,6	11,3	16,2
	Chisel	22,2	15,8	16,4
	Lavoura	24,4	13,8	20,0
	Média	20,6	13,8	16,1
	Significância	0,371	0,592	0,057
	Coef. de variação	57,6%	55,1%	42,5%

Na herdade da Revilheira, só nos campos R2 e R3, os teores de fósforo no solo foram influenciados pelo sistema de mobilização.

No campo R2, apenas em Março de 1996 e de 1999, foram significativas as diferenças encontradas entre os sistemas de mobilização sem reviramento (Sementeira

Directa, Escarificador e Chisel) e a Lavoura, registando-se neste último sistema as médias mais reduzidas.

No campo R3, apenas no ano de 1996 existiu influência da mobilização do solo sobre o teor de fósforo. Os dados recolhidos apontam para teores de fósforo encontrados nos sistemas de mobilização menos intensivos (Sementeira Directa e Escarificador) mais elevados do que aqueles encontrados nos sistemas de mobilização mais profundos (Chisel e Lavoura).

**Quadro IV.1.55 Efeito do sistema de mobilização no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998**

		Teor de fósforo (ppm)		
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997	3 Nov. 1998
Campo R1	Sementeira Directa	36,0	19,1	25,0
	Escarificador	31,8	16,4	27,6
	Chisel	26,7	17,1	30,0
	Lavoura	32,0	19,3	31,2
	Média	31,6	18,0	28,4
	Significância	0,562	0,706	0,152
	Coef. de variação	42,5%	35,0%	37,8%
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996	30 Mar. 1999
Campo R2	Sementeira Directa	36,2 a	21,3	35,0 a
	Escarificador	37,1 a	20,0	34,1 a
	Chisel	34,2 a	21,3	28,2 ab
	Lavoura	25,3 b	18,2	26,0 b
	Média	33,2	20,2	30,8
	Significância	0,015	0,252	0,037
	Coef. de variação	47,6%	51,8%	70,4%
	LSD erro $\leq 0,05$	7,63		7,06
		20 Nov. 1995	23 Out. 1996	3 Nov. 1998
Campo R3	Sementeira Directa	20,9	25,6 ab	32,6
	Escarificador	18,9	29,8 a	47,6
	Chisel	17,6	20,9 b	35,3
	Lavoura	16,9	20,0 b	33,0
	Média	18,6	24,1	37,1
	Significância	0,696	0,045	0,090
	Coef. de variação	38,4%	57,5%	72,4%
	LSD erro $\leq 0,05$		7,49	

### 1.7.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO

Os dados analisados (quadros IV.1.56 e IV.1.57) permitem afirmar que a profundidade influenciou o teor de fósforo no solo. Do ponto de vista estatístico o efeito da profundidade foi, na maioria dos casos, altamente significativo.

Os valores obtidos mostraram uma estratificação evidente dos teores de fósforo. A camada de 0 a 10 cm apresentou os níveis mais elevados deste nutriente, que decresceram em profundidade, registrando-se na camada de 20 a 30 cm valores de cerca de 50% a 30% dos níveis observados para a camada superficial. A fraca mobilidade deste nutriente pode explicar esta clara estratificação com a acumulação de teores mais elevados na camada mais à superfície.

**Quadro IV.1.56** Efeito da profundidade no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995 1996 e 1998

		Teor de fósforo (ppm)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	0-10 cm	33,0 a	40,5 a	37,5 a
	10-20 cm	25,8 b	27,7 b	20,2 b
	20-30 cm	15,0 c	17,8 c	10,5 c
	Média	24,6	28,7	22,7
	Significância	0,0001	0,00004	0,000000003
	Coef. de variação	50,2%	49,1%	61,3%
	LSD erro $\leq 0,05$	7,13	8,27	5,05
Campo A2	0-10 cm	38,0 a	34,7 a	33,2 a
	10-20 cm	29,2 a	18,5 b	22,8 b
	20-30 cm	15,0 b	11,2 c	11,2 c
	Média	27,4	21,4	22,4
	Significância	0,009	0,0000001	0,00004
	Coef. de variação	66,3%	59,3%	59,8%
	LSD erro $\leq 0,05$	14,13	6,16	8,11
Campo A3	0-10 cm	22,5	19,2 a	20,2 a
	10-20 cm	21,8	13,2 b	15,3 ab
	20-30 cm	17,3	9,2 b	12,7 b
	Média	20,6	13,8	16,1
	Significância	0,579	0,006	0,020
	Coef. de variação	57,6%	55,1%	42,5%
	LSD erro $\leq 0,05$		5,85	5,16

**Quadro IV.1.57 Efeito da profundidade no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998**

		Teor de fósforo (ppm)		
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997	3 Nov. 1998
Campo R1	0-10 cm	38,5	21,2	36,7 a
	10-20 cm	29,5	17,7	25,1 b
	20-30 cm	26,8	15,2	23,6 b
	Média	31,6	18,0	28,4
	Significância	0,114	0,084	0,00002
	Coef. de variação LSD erro $\leq 0,05$	42,5%	35,0%	37,8% 5,02
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996	30 Mar. 1999
Campo R2	0-10 cm	48,2 a	31,0 a	54 a
	10-20 cm	28,7 b	17,2 b	22 b
	20-30 cm	22,8 b	12,5 c	17 b
	Média	33,2	20,2	30,8
	Significância	0,0000001	0,0000000002	0,0000000001
	Coef. de variação LSD erro $\leq 0,05$	47,6% 6,61	51,8% 3,09	70,4% 6,11
		20 Nov. 1995	30 Mar 1997	3 Nov. 1998
Campo R3	0-10 cm	22,2	36,3 a	66 a
	10-20 cm	17,7	19,2 b	27 b
	20-30 cm	15,8	16,7 b	19 b
	Média	18,6	24,1	37,1
	Significância	0,132	0,000002	0,00000002
	Coef. de variação LSD erro $\leq 0,05$	38,4% 6,49	57,5% 6,49	72,4% 11,47

### 1.7.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO

A análise do efeito da interacção entre o sistema de mobilização do solo e a profundidade sobre o teor de fósforo (quadros IV.58 a IV.63) mostra um comportamento diferente dos campos da herdade da Abóboda em relação aos campos da herdade da Revilheira. Na herdade da Abóboda, apenas as interacções obtidas para o campo A1, em 1995 e 1998, influenciaram os teores de fósforo. Por outro lado, na herdade da Revilheira, somente os valores obtidos para os campos R1, em 1995 e 1997 e R3 em 1995, não foram afectados pela interacção mobilização X profundidade.

No campo A1 os valores registados (quadro IV.1.58) parecem apontar para uma clara estratificação dos teores de fósforo nos sistemas de mobilização sem reviramento

da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel), sendo evidente a redução dos níveis de fósforo à medida que passamos da camada superficial às camadas inferiores. No sistema Lavoura os valores encontrados para as três camadas analisadas parecem ser semelhantes entre si e inferiores aos valores obtidos para as camadas de 0 a 10 cm dos outros três sistemas estudados.

Embora as interacções relativas aos campos A2 e A3 não fossem estatisticamente relevantes (quadros IV.1.59 e IV.1.60) os dados obtidos parecem indicar um padrão de variação idêntico àquele que foi descrito para o campo A1.

Na herdade da Revilheira o efeito da interacção mobilização X profundidade fez-se sentir em todos os campos (quadros IV.1.61 a IV.1.63). No campo R2 logo a partir de Março de 1996, no campo R3 a partir de Outubro desse mesmo ano e no campo R1 só em Novembro de 1998. Também aqui os níveis de fósforo decrescem com a profundidade nos sistemas Sementeira Directa, Escarificador e Chisel, registando as respectivas camadas de 0 a 10 cm os teores de fósforo mais elevados do conjunto das doze possíveis. A Lavoura tende a ter níveis idênticos de fósforo nas três camadas.

**Quadro IV.1.58** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de fósforo (ppm) (Campo A1)			
		Sem. Directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	40,7 ab	42,0 a	29,3 abcd	20,0 cde
	10-20 cm	20,0 cde	36,0 abc	25,3 bcde	22,0 cde
	20-30 cm	10,0 e	14,0 de	14,0 de	22,0 cde
	Média	24,6			
	Significância	0,035			
29 Out. 1996	0-10 cm	42,7	48,7	43,3	27,3
	10-20 cm	25,3	36,7	20,7	28,0
	20-30 cm	20,7	12,0	13,3	25,3
	Média	28,7			
	Significância	0,077			
9 Nov. 1998	0-10 cm	50,7 a	39,3 b	36,7 b	23,3 c
	10-20 cm	18,7 cd	18,0 cd	20,0 c	24,0 c
	20-30 cm	8,7 de	6,7 e	8,7 de	18,0 cd
	Média	22,7			
	Significância	0,001			
	Coef. de variação	61,3%			
	LSD erro $\leq$ 0,05	7,14			

**Quadro IV.1.59** Efeito da interação mobilização X profundidade no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de fósforo (ppm) (Campo A2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	34,7	38,0	44,7	34,7
	10-20 cm	14,7	36,0	31,3	34,7
	20-30 cm	5,3	19,3	13,3	22,0
	Média	27,4			
	Significância	0,916			
	Coef. de variação	66,3%			
29 Out. 1996	0-10 cm	42,7	36,7	35,3	24,0
	10-20 cm	12,7	22,7	17,3	21,3
	20-30 cm	8,7	15,3	6,0	14,7
	Média	21,4			
	Significância	0,061			
	Coef. de variação	59,3%			
9 Nov. 1998	0-10 cm	40,7	34,0	36,0	22,0
	10-20 cm	19,3	22,0	19,3	30,7
	20-30 cm	8,0	8,0	8,7	20,0
	Média	22,4			
	Significância	0,111			
	Coef. de variação	59,8%			

**Quadro IV.1.60** Efeito da interação mobilização X profundidade no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de fósforo (ppm) (Campo A3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	17,3	24,0	23,3	25,3
	10-20 cm	13,3	20,7	25,3	28,0
	20-30 cm	11,3	20,0	18,0	20,0
	Média	20,6			
	Significância	0,998			
	Coef. de variação	57,6%			
29 Out. 1996	0-10 cm	18,7	16,7	23,3	18,0
	10-20 cm	10,7	13,3	13,3	15,3
	20-30 cm	14,0	4,0	10,7	8,0
	Média	13,8			
	Significância	0,721			
	Coef. de variação	55,1%			
9 Nov. 1998	0-10 cm	16,7	19,3	22,0	22,7
	10-20 cm	12,0	15,3	15,3	18,7
	20-30 cm	6,0	14,0	12,0	18,7
	Média	16,1			
	Significância	0,950			
	Coef. de variação	42,5%			

**Quadro IV.1.61 Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998**

		Teor de fósforo (ppm) (Campo R1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	47,3	36,7	38,7	31,3
	10-20 cm	32,0	32,0	22,0	32,0
	20-30 cm	28,7	26,7	19,3	32,7
	Média	31,6			
	Significância	0,837			
	Coef. de variação	42,5%			
22 Abr. 1997	0-10 cm	26,7	18,7	20,0	19,3
	10-20 cm	14,7	17,3	17,3	21,3
	20-30 cm	16,0	13,3	14,0	17,3
	Média	18,0			
	Significância	0,654			
	Coef. de variação	35,0%			
3 Nov. 1998	0-10 cm	35,0 abc	45,0 a	42,3 a	24,3 cde
	10-20 cm	21,3 de	19,3 e	29,0 bcde	30,7 bcd
	20-30 cm	18,7 e	18,3 e	18,7 e	38,7 ab
	Média	28,4			
	Significância	0,00007			
	Coef. de variação	37,8%			
	LSD erro ≤ 0,05	7,10			

**Quadro IV.1.62 Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm) do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998**

		Teor de fósforo (ppm) (Campo R2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
14 Mar. 1996	0-10 cm	66,0 a	52,7 b	49,3 b	24,7 cd
	10-20 cm	24,7 cd	32,0 cd	33,3 c	24,7 cd
	20-30 cm	18,0 d	26,7 cd	20,0 cd	26,7 cd
	Média	33,2			
	Significância	0,001			
	Coef. de variação	47,6%			
	LSD erro ≤ 0,05	9,35			
23 Out. 1996	0-10 cm	44,0 a	29,3 b	32,0 b	18,7 cd
	10-20 cm	12,0 de	20,7 c	18,7 cd	17,3 cd
	20-30 cm	8,0 e	10,0 e	13,3 de	18,7 cd
	Média	20,2			
	Significância	0,0000004			
	Coef. de variação	51,8%			
	LSD erro ≤ 0,05	4,37			
30 Mar. 1999	0-10 cm	77,7 a	65,0 b	49,0 c	23,7 de
	10-20 cm	17,7 def	20,7 def	22,3 def	26,0 de
	20-30 cm	9,7 f	16,7 def	13,3 ef	28,3 d
	Média	30,8			
	Significância	0,0000002			
	Coef. de variação	70,4%			
	LSD erro ≤ 0,05	8,64			



**Quadro IV.1.63** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de fósforo -  $P_2O_5$  (ppm) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998

		Teor de fósforo (ppm)			
		(Campo R3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	26,7	21,3	21,3	19,3
	10-20 cm	17,3	18,7	17,3	17,3
	20-30 cm	18,7	16,7	14,0	14,0
	Média	18,6			
	Significância	0,985			
	Coef. de variação	38,4%			
23 Out. 1996	0-10 cm	45,3 a	53,3 a	28,0 b	18,7 cd
	10-20 cm	17,3 cd	20,0 bcd	14,0 d	25,3 bc
	20-30 cm	14,0 d	16,0 d	20,7 bcd	16,0 d
	Média	24,1			
	Significância	0,001			
	Coef. de variação	57,5%			
	LSD erro $\leq 0,05$	9,18			
3 Nov. 1998	0-10 cm	58,3 b	98,7 a	65,0 b	40,0 c
	10-20 cm	24,3 cd	28,3 cd	25,3 cd	28,3 cd
	20-30 cm	15,0 d	15,7 d	15,7 d	30,7 cd
	Média	37,1			
	Significância	0,005			
	Coef. de variação	72,4%			
	LSD erro $\leq 0,05$	16,23			

#### 1.7.4. DISCUSSÃO

De um modo geral os sistemas de mobilização do solo não afectaram significativamente os teores de fósforo encontrados.

Vários autores (HUSSAIN *et al.*, 1999; DUIKER e DOUGLAS, 2006) reportaram a influência do sistema de mobilização, nomeadamente no modo como a estratificação do fósforo na Sementeira Directa se distingue da distribuição deste elemento no perfil dos outros sistemas de mobilização. A bibliografia refere muitas vezes que a Sementeira Directa possui mais fósforo na camada superficial que os restantes sistemas. Nestes relatos a camada superficial é com frequência inferior a 10 cm (2,5 cm, 5 cm, 8 cm, etc.), pelo que pode residir aqui a justificação para que os resultados obtidos na Sementeira Directa não tenham sido mais expressivos.

Os níveis de fósforo observados em ambas as herdades foram igualmente baixos, variando na maioria dos casos entre 20 ppm e 30 ppm. Este facto leva a supor que a influência do tipo de solo não foi clara, pois o solo é apenas um dos vários factores que condicionam a grandeza dos valores.

A profundidade influenciou significativamente os teores de fósforo nas várias camadas estudadas, verificando-se uma estratificação evidente nos níveis deste nutriente. ZIBILSKE *et al.*, (2002) relataram teores de fósforo mais elevados nas camadas superficiais (0 a 8 cm). DUIKER e DOUGLAS, (2006) também referem a estratificação do fósforo no solo. Segundo o trabalho destes autores a concentração de fósforo foi maior na camada de 0 a 5 cm do que na camada de 10 a 15 cm.

Verificou-se a tendência para o fósforo se acumular na camada superficial do solo, o que encontra justificação na sua fraca mobilidade.

O efeito da interacção entre os sistemas de mobilização e a profundidade foi mais evidente nos campos da herdade da Revilheira, do que nos da herdade da Abóboda.

Os sistemas de mobilização sem reviramento da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel) mostraram a tendência para acumular o fósforo na camada mais superficial, ao contrário da Lavoura que, ao promover a mistura vertical do perfil de solo analisado, favorece a tendência para que os teores de fósforo sejam semelhantes ao longo do perfil.

## 1.8. POTÁSSIO

### 1.8.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO TEOR DE POTÁSSIO DO SOLO

A análise dos dados relativos aos teores de potássio permitem afirmar que os níveis de potássio no solo não foram influenciados pelo sistema de mobilização (quadros IV.1.64 e IV.1.65). De facto, dos seis campos estudados apenas os campos A1 em Outubro de 1996, e A3, em Novembro de 1995, registaram diferenças significativas entre os sistemas de mobilização do solo.

**Quadro IV.1.64** Efeito do sistema de mobilização no teor de potássio - K<sub>2</sub>O (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de potássio (ppm)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	Sementeira Directa	131,6	128,0 b	132,2
	Escarificador	187,8	158,4 a	151,1
	Chisel	161,8	124,4 b	131,1
	Lavoura	139,8	125,1 b	126,2
	Média	155,2	134,0	135,2
	Significância	0,151	0,036	0,222
	Coef. de variação	41,8%	32,3%	38,7%
	LSD erro ≤ 0,05		26,19	
Campo A2	Sementeira Directa	119,0	136,2	137,8
	Escarificador	140,2	129,3	135,6
	Chisel	127,8	122,0	113,6
	Lavoura	139,7	132,7	122,0
	Média	131,7	130,1	127,2
	Significância	0,421	0,355	0,110
	Coef. de variação	28,5%	30,3%	26,0%
Campo A3	Sementeira Directa	115,1 b	120,0	120,9
	Escarificador	141,8 a	118,7	114,2
	Chisel	142,2 a	117,1	106,2
	Lavoura	128,4 ab	121,6	116,9
	Média	131,9	119,3	114,6
	Significância	0,020	0,979	0,670
	Coef. de variação	28,2%	24,7%	26,5%
	LSD erro ≤ 0,05	18,96		

O campo A1 da herdade da Abóboda parece ser o único onde se verifica um padrão de variação com alguma consistência. Neste campo, e ao longo dos três anos analisados, o sistema Escarificador parece ser aquele registou os teores mais elevados de potássio.

Avaliando os valores obtidos para os dois locais de ensaio (Abóboda e Revilheira), verificamos que não só os teores de potássio (média dos três campos) se mantiveram mais ou menos constantes ao longo dos três anos estudados (140 ppm, 128 ppm e 126 ppm, na herdade da Abóboda, e 67 ppm, 65 ppm e 68 ppm, na herdade da Revilheira), como também os níveis de potássio encontrados na herdade da Abóboda representam cerca do dobro daqueles registados para a herdade da Revilheira. Esta circunstância parece sugerir que o tipo de solo foi mais importante que a mobilização na definição dos níveis de potássio do solo.

**Quadro IV.1.65** Efeito do sistema de mobilização no teor de potássio -  $K_2O$  (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998

		Teor de potássio (ppm)		
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997	3 Nov. 1998
Campo R1	Sementeira Directa	72,2	70,9	78,9
	Escarificador	68,0	68,0	78,6
	Chisel	71,3	66,7	81,1
	Lavoura	73,1	70,4	78,2
	Média	71,2	69,0	79,2
	Significância	0,777	0,597	0,883
	Coef. de variação	18,2%	17,6%	13,5%
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996	30 Mar. 1999
Campo R2	Sementeira Directa	70,7	77,8	60,9
	Escarificador	77,3	74,4	58,2
	Chisel	64,7	64,0	59,6
	Lavoura	70,4	63,3	62,0
	Média	70,8	69,9	60,2
	Significância	0,651	0,531	0,748
	Coef. de variação	30,5%	35,8%	16,6%
		20 Nov. 1995	23 Out. 1996	3 Nov. 1998
Campo R3	Sementeira Directa	59,3	67,6	62,1
	Escarificador	56,9	64,9	63,6
	Chisel	59,3	63,8	63,8
	Lavoura	64,2	64,9	61,3
	Média	59,9	65,3	62,7
	Significância	0,861	0,847	0,966
	Coef. de variação	28,2%	22,3%	22,5%

### 1.8.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO TEOR DE POTÁSSIO DO SOLO

Os teores de potássio do solo, expressos em função das diferentes camadas estudadas (quadros IV.1.66 e IV.1.67), mostraram a existência do efeito da profundidade.

Na grande maioria dos casos, os valores obtidos conduziram a diferenças muito, ou mesmo, altamente significativas entre os teores de potássio encontrados para as três camadas. Apenas para os campos R2 em 1996 (Março e Outubro) e R3 em Novembro de 1995, o efeito da profundidade sobre o teor de potássio não foi estatisticamente significativo.

A análise dos resultados mostrou uma clara estratificação dos níveis de potássio no solo, sendo evidente a acumulação deste nutriente nas camadas superficiais, principalmente na camada de 0 a 10 cm. Uma mobilidade relativamente fraca do potássio no solo pode explicar a tendência para a estratificação.

**Quadro IV.1.66 Efeito da profundidade no teor de potássio - K<sub>2</sub>O (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998**

		Teor de potássio (ppm)		
		27 Nov. 1995	29 Out. 1996	9 Nov. 1998
Campo A1	0-10 cm	202,0 a	175,3 a	190,8 a
	10-20 cm	144,2 b	121,3 b	115,8 b
	20-30 cm	119,5 c	105,3 b	98,8 b
	Média	155,2	134,0	135,2
	Significância	0,003	0,000003	0,00000001
	Coef. de variação LSD erro ≤ 0,05	41,8% 45,77	32,3% 22,68	38,7% 22,06
Campo A2	0-10 cm	157,8 a	169,8 a	157,2 a
	10-20 cm	126,8 a	120,7 b	118,2 b
	20-30 cm	110,4 b	99,7 c	106,3 b
	Média	131,7	130,1	127,2
	Significância	0,004	0,000000001	0,00004
	Coef. de variação LSD erro ≤ 0,05	28,5% 26,13	30,3% 14,39	26,0% 19,40
Campo A3	0-10 cm	166,0 a	147,7 a	135,7 a
	10-20 cm	121,0 b	106,3 b	103,0 b
	20-30 cm	108,7 b	104,0 b	105,0 b
	Média	131,9	119,3	114,6
	Significância	0,0000004	0,0001	0,007
	Coef. de variação LSD erro ≤ 0,05	28,2% 16,42	24,7% 19,14	26,5% 21,63

**Quadro IV.1.67 Efeito da profundidade no teor de potássio - K<sub>2</sub>O (ppm) na camada de 0 a 30 cm dos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1998**

		Teor de potássio (ppm)		
		20 Nov. 1995	22 Abr. 1997	3 Nov. 1998
Campo R1	0-10 cm	83,0 a	79,2 a	87,1 a
	10-20 cm	67,5 b	66,5 b	75,6 b
	20-30 cm	63,0 b	61,3 b	74,9 b
	Média	71,2	69,0	79,2
	Significância	0,0004	0,00002	0,002
	Coef. de variação	18,2%	17,6%	13,5%
		14 Mar. 1996	23 Out. 1996	30 Mar. 1999
Campo R2	0-10 cm	81,3	79,0	68 a
	10-20 cm	68,0	63,0	56 b
	20-30 cm	63,0	67,7	57 b
	Média	70,8	69,9	60,2
	Significância	0,106	0,299	0,001
	Coef. de variação	30,5%	35,8%	16,6%
		20 Nov. 1995	30 Mar 1997	3 Nov. 1998
Campo R3	0-10 cm	65,3	78,7 a	74 a
	10-20 cm	56,5	57,7 b	56 b
	20-30 cm	58,0	59,5 b	58 b
	Média	59,9	65,3	62,7
	Significância	0,467	0,00001	0,002
	Coef. de variação	28,2%	22,3%	22,5%
			7,82	9,94

### 1.8.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO TEOR DE POTÁSSIO DO SOLO

A análise dos dados mostrou a existência de efeito da interacção entre o sistema de mobilização e a profundidade sobre os teores de potássio do solo (quadros IV.1.68 a IV.1.73).

Embora este efeito nem sempre tenha tido relevância estatística, os valores obtidos sugerem um comportamento diferente entre o sistema Lavoura e os outros sistemas de mobilização estudados.

De um modo geral, o padrão de variação assemelhou-se àquele se observou para os teores de fósforo (ponto IV.7.3), isto é, nos sistemas em que não existe reviramento

da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel) os teores de potássio no solo, mais elevados à superfície, diminuíram com a profundidade, contrariamente ao que sucedeu na Lavoura, onde os teores de potássio não apresentaram diferenças significativas entre as três camadas analisadas. Os valores verificados para a camada de 0 a 10 cm dos sistemas Sementeira Directa, Escarificador e Chisel foram, em regra, superiores aos teores encontrados em qualquer uma das três camadas da Lavoura.

A operação cultural da lavoura ao revirar da leiva provoca a mistura vertical da camada de solo, pelo que pode contribuir para reduzir a tendência para a estratificação do potássio.

**Quadro IV.1.68** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio -  $K_2O$  (ppm) do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de potássio (ppm)			(Campo A1)
		Sem. Directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	185,3	258,0	226,0	138,7
	10-20 cm	116,7	170,7	151,3	138,0
	20-30 cm	92,7	134,7	108,0	142,7
	Média	155,2			
	Significância	0,494			
	Coef. de variação	41,8%			
29 Out. 1996	0-10 cm	174,0	224,7	170,0	132,7
	10-20 cm	114,7	136,7	113,3	120,7
	20-30 cm	95,3	114,0	90,0	122,0
	Média	134,0			
	Significância	0,105			
	Coef. de variação	32,3%			
9 Nov. 1998	0-10 cm	206,7 ab	245,3 a	174,7 bc	136,7 cd
	10-20 cm	98,7 d	114,0 d	124,0 d	126,7 d
	20-30 cm	91,3 d	94,0 d	94,7 d	115,3 d
	Média	135,2			
	Significância	0,003			
	Coef. de variação	38,7%			
	LSD erro $\leq 0,05$	31,19			

**Quadro IV.1.69** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio -  $K_2O$  (ppm) do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de potássio (ppm) (Campo A2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	150,7	187,0	157,3	136,0
	10-20 cm	104,3	117,0	115,3	170,7
	20-30 cm	102,0	116,7	110,7	112,3
	Média	131,7			
	Significância	0,172			
	Coef. de variação	28,5%			
29 Out. 1996	0-10 cm	214,7 a	173,3 b	160,7 bc	130,7 d
	10-20 cm	100,0 efg	118,0 de	112,7 defg	152,0 c
	20-30 cm	94,0 g	96,7 fg	92,7 g	115,3 def
	Média	130,1			
	Significância	0,00004			
	Coef. de variação	30,3%			
	LSD erro $\leq 0,05$	20,35			
9 Nov. 1998	0-10 cm	186,0	178,0	132,7	132,0
	10-20 cm	112,7	118,7	114,0	127,3
	20-30 cm	114,7	110,0	94,0	106,7
	Média	127,2			
	Significância	0,194			
	Coef. de variação	26,0%			

**Quadro IV.1.70** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio -  $K_2O$  (ppm) do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		Teor de potássio (ppm) (Campo A3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
27 Nov. 1995	0-10 cm	146,0 bc	212,7 a	176,7 b	128,7 cdef
	10-20 cm	96,0 f	107,3 def	142,0 cd	138,7 cde
	20-30 cm	103,3 ef	105,3 def	108,0 def	118,0 cdef
	Média	131,9			
	Significância	0,001			
	Coef. de variação	28,2%			
	LSD erro $\leq 0,05$	23,22			
29 Out. 1996	0-10 cm	145,3	150,0	158,7	136,7
	10-20 cm	98,0	97,3	107,3	122,7
	20-30 cm	116,7	108,7	85,3	105,3
	Média	119,3			
	Significância	0,372			
	Coef. de variação	24,7%			
9 Nov. 1998	0-10 cm	166,0	131,3	134,7	110,7
	10-20 cm	98,0	96,7	102,0	115,3
	20-30 cm	98,7	114,7	82,0	124,7
	Média	114,6			
	Significância	0,125			
	Coef. de variação	26,5%			



**Quadro IV.1.71** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - K<sub>2</sub>O (ppm) do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998

		Teor de potássio (ppm) (Campo R1)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	86,0	80,0	80,7	85,3
	10-20 cm	65,3	68,0	66,7	70,0
	20-30 cm	65,3	56,0	66,7	64,0
	Média	71,2			
	Significância	0,948			
	Coef. de variação	18,2%			
22 Abr. 1997	0-10 cm	94,7 a	79,3 b	74,0 bc	68,7 bc
	10-20 cm	66,0 bcd	62,7 cd	63,3 cd	74,0 bc
	20-30 cm	52,0 d	62,0 cd	62,7 cd	68,7 bc
	Média	69,0			
	Significância	0,002			
	Coef. de variação	17,6%			
	LSD erro ≤ 0,05	8,98			
3 Nov. 1998	0-10 cm	92,0 a	89,7 a	93,3 a	73,3 b
	10-20 cm	72,7 b	72,0 b	79,3 ab	78,3 ab
	20-30 cm	72,0 b	74,0 b	70,7 b	83,0 ab
	Média	79,2			
	Significância	0,039			
	Coef. de variação	13,5%			
	LSD erro ≤ 0,05	10,02			

**Quadro IV.1.72** Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - K<sub>2</sub>O (ppm) do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1996 e 1998

		Teor de potássio (ppm) (Campo R2)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
14 Mar. 1996	0-10 cm	96,0	82,0	82,0	65,3
	10-20 cm	64,7	75,3	63,3	68,7
	20-30 cm	51,3	74,7	48,7	77,3
	Média	70,8			
	Significância	0,366			
	Coef. de variação	30,5%			
23 Out. 1996	0-10 cm	78,7	105,3	70,0	62,0
	10-20 cm	67,3	58,0	64,0	62,7
	20-30 cm	87,3	60,0	58,0	65,3
	Média	69,9			
	Significância	0,501			
	Coef. de variação	35,8%			
30 Mar. 1999	0-10 cm	74,7	70,7	68,0	60,0
	10-20 cm	53,3	48,7	58,0	62,7
	20-30 cm	54,7	55,3	52,7	63,3
	Média	60,2			
	Significância	0,072			
	Coef. de variação	16,6%			

**Quadro IV.1.73 Efeito da interacção mobilização X profundidade no teor de potássio - K<sub>2</sub>O (ppm) do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1997 e 1998**

		Teor de potássio (ppm) (Campo R3)			
		Sem. directa	Escarificador	Chisel	Lavoura
20 Nov. 1995	0-10 cm	74,0	54,7	69,3	63,3
	10-20 cm	49,3	55,3	56,0	65,3
	20-30 cm	54,7	60,7	52,7	64,0
	Média	59,9			
	Significância	0,806			
	Coef. de variação	28,2%			
23 Out. 1996	0-10 cm	91,3 a	87,3 a	68,7 b	67,3 b
	10-20 cm	52,0 b	52,7 b	57,3 b	68,7 b
	20-30 cm	59,3 b	54,7 b	65,3 b	58,7 b
	Média	65,3			
	Significância	0,007			
	Coef. de variação	22,3%			
	LSD erro ≤ 0,05	11,06			
3 Nov. 1998	0-10 cm	79,7	77,0	80,7	57,7
	10-20 cm	52,7	56,7	56,0	60,3
	20-30 cm	54,0	57,0	54,7	66,0
	Média	62,7			
	Significância	0,175			
	Coef. de variação	22,5%			

#### 1.8.4. DISCUSSÃO

O efeito da mobilização do solo não se fez sentir sobre os teores de potássio observados, não tendo os resultados obtidos, para os quatros sistemas de mobilização estudados, evidenciado qualquer padrão de variação.

Os níveis de potássio encontrados mantiveram-se mais ou menos constantes ao longo do período de ensaios, sendo no entanto de registar que os valores observados na herdade da Abóboda corresponderam a cerca do dobro dos níveis de potássio verificados na herdade da Revilheira. O tipo de solo terá pois, sido determinante para a ordem de grandeza dos valores registados.

A profundidade teve um efeito significativo sobre os teores de potássio encontrados, verificando-se uma estratificação acentuada deste nutriente. Os valores mais levados encontraram-se na camada superficial do solo, o que terá sido causado

pela pouca mobilidade do potássio. DUIKER e DOUGLAS (2006) também verificaram essa estratificação.

Verificou-se a existência de interação entre os sistemas de mobilização e a profundidade. O efeito desta interação foi idêntico àquele que se verificou para o fósforo, isto é, os sistemas de mobilização sem reviramento da leiva acumularam o potássio preferencialmente na camada superficial, verificando-se um decréscimo com a profundidade. A Lavoura, por outro lado, apresenta teores idênticos de potássio ao longo do perfil estudado, sendo no entanto estes valores inferiores aos da camada superficial dos outros sistemas.

## 1.9. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

### 1.9.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NO pH DO SOLO

A mobilização não afectou a reacção do solo dos campos estudados nas herdades da Abóboda e da Revilheira (quadros IV.1.74 e IV.1.75). O efeito da mobilização do solo não foi observado, quer quando a determinação do pH foi feita em água, quer ainda quando se utilizou cloreto de cálcio.

**Quadro IV.1.74** Efeito do sistema de mobilização no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998

		pH determinado em CaCl <sub>2</sub>			pH determinado em H <sub>2</sub> O		
		Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998	Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998
Campo A1	Sem. Directa	5,0	4,5	4,6	5,5	5,3	5,3
	Escarificador	5,1	4,8	5,0	5,7	5,6	5,6
	Chisel	5,0	4,6	4,7	5,8	5,5	5,4
	Lavoura	5,0	4,6	4,6	5,6	5,4	5,3
	Média	5,0	4,6	4,7	5,7	5,5	5,4
	Significância	0,656	0,210	0,208	0,574	0,497	0,132
	Coef. de variação	5,2%	7,4%	8,5%	5,3%	7,2%	5,3%
Campo A2	Sem. Directa	5,6	4,9	5,1	6,2	6,0	5,7
	Escarificador	5,7	5,3	5,5	6,3	6,1	6,1
	Chisel	5,7	5,5	5,4	6,5	6,3	6,0
	Lavoura	5,7	5,6	5,5	6,3	6,4	6,1
	Média	5,7	5,3	5,4	6,3	6,2	6,0
	Significância	0,912	0,093	0,267	0,476	0,148	0,234
	Coef. de variação	6,7%	11,1%	9,7%	6,8%	6,6%	6,8%
Campo A3	Sem. Directa	5,2	4,8	4,9	5,9	6,0	5,8
	Escarificador	5,3	5,0	5,0	6,0	6,1	5,8
	Chisel	5,2	4,8	4,9	5,8	5,9	5,6
	Lavoura	5,4	4,9	5,1	6,1	6,0	5,7
	Média	5,3	4,9	5,0	5,9	6,0	5,7
	Significância	0,173	0,271	0,249	0,587	0,627	0,421
	Coef. de variação	3,9%	5,4%	4,7%	5,5%	4,4%	4,5%

Por vezes alguma bibliografia refere a ideia que a acumulação de matéria orgânica que a Sementeira Directa promove, quer pela redução da taxa de mineralização quer pela conservação dos resíduos das culturas, pode favorecer a redução do pH do solo (CARVALHO e BASCH, 1995; HUSSAIN *et al.*, 1999; DUIKER e DOUGLAS, 2006; LIMOUSIN e TESSIER, 2007).

Os resultados obtidos relativos aos teores de matéria orgânica não registaram diferenças significativas entre a Sementeira Directa e os demais sistemas de mobilização (ponto 5.1.1). Assim, estando, frequentemente, alterações do pH, em solos

sujeitos a sementeira directa, associadas à acumulação de ácidos húmicos (ROSELL *et al.*, 1989; ZIBILSKÉ *et al.*, 2002), não é de estranhar que o pH registado para a Sementeira Directa não seja diferente dos valores observados para os outros sistemas.

**Quadro IV.1.75 Efeito do sistema de mobilização no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos R1, R2 e R3 nos anos de 1995 a 1999**

		pH determinado em CaCl <sub>2</sub>			pH determinado em H <sub>2</sub> O		
		Nov. 1995	Abr. 1997	Nov. 1998	Nov. 1995	Abr. 1997	Nov. 1998
Campo R1	Sem. Directa	5,5	5,2	5,3	6,1	6,5	5,7
	Escarificador	5,6	5,3	5,3	6,3	6,6	5,8
	Chisel	5,6	5,3	5,4	6,3	6,7	5,7
	Lavoura	5,6	5,3	5,3	6,2	6,7	5,6
	Média	5,6	5,3	5,3	6,2	6,6	5,7
	Significância	0,347	0,730	0,738	0,360	0,369	0,461
	Coef. de variação	2,9%	2,6%	3,3%	2,9%	2,6%	2,9%
		Mar. 1996	Out. 1996	Mar. 1999	Mar. 1996	Out. 1996	Mar. 1999
Campo R2	Sem. Directa	4,9	5,1	5,1 a	6,1	6,1	5,8
	Escarificador	4,9	5,0	5,0 b	6,1	6,1	5,7
	Chisel	5,0	5,1	4,9 b	6,1	6,1	5,7
	Lavoura	5,0	5,1	5,0 ab	6,1	6,0	5,7
	Média	5,0	5,1	5,0	6,1	6,1	5,7
	Significância	0,459	0,480	0,018	0,690	0,731	0,054
	Coef. de variação	1,7%	2,3%	2,2%	3,1%	4,1%	3,2%
	LSD erro ≤ 0,05			0,09			
		Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998	Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998
Campo R3	Sem. Directa	5,3	4,8	4,9	5,9	5,8	5,4
	Escarificador	5,3	4,8	4,9	6,0	5,7	5,4
	Chisel	5,2	4,8	4,9	6,0	5,8	5,3
	Lavoura	5,4	4,8	4,8	6,0	5,9	5,3
	Média	5,3	4,8	4,9	6,0	5,8	5,4
	Significância	0,789	0,971	0,415	0,523	0,492	0,217
	Coef. de variação	6,0%	2,4%	2,4%	2,7%	3,1%	2,8%

### 1.9.2. O EFEITO DA PROFUNDIDADE NO pH DO SOLO

Na herdade da Abóboda os resultados obtidos mostraram a inexistência de efeito da profundidade sobre o valor do pH (quadro IV.1.76).

Na herdade da Revilheira em alguns campos e em alguns anos observaram-se diferenças significativas entre os valores de pH encontrados nas diferentes camadas (quadro IV.1.77). Contudo, estas diferenças, nem sempre coincidentes quando a determinação foi feita em água ou em cloreto de cálcio, nunca foram superiores a 0,2 unidades, o que do ponto de vista agronómico não é relevante.

**Quadro IV.1.76 Efeito da profundidade no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos A1, A2 e A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998**

		pH determinado em CaCl <sub>2</sub>			pH determinado em H <sub>2</sub> O		
		Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998	Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998
Campo A1	0-10 cm	5,0	4,6	4,9	5,7	5,3	5,4
	10-20 cm	5,0	4,6	4,6	5,6	5,4	5,3
	20-30 cm	5,0	4,8	4,7	5,7	5,6	5,4
	Média	5,0	4,6	4,7	5,7	5,5	5,4
	Significância	0,997	0,306	0,267	0,792	0,275	0,460
	Coef. de variação	5,2%	7,4%	8,5%	5,3%	7,2%	5,3%
Campo A2	0-10 cm	5,7	5,4	5,5	6,5	6,2	6,0
	10-20 cm	5,6	5,1	5,2	6,3	6,1	5,8
	20-30 cm	5,7	5,4	5,5	6,3	6,3	6,0
	Média	5,7	5,3	5,4	6,3	6,2	6,0
	Significância	0,777	0,434	0,444	0,553	0,676	0,484
	Coef. de variação	6,7%	11,1%	9,7%	6,8%	6,6%	6,8%
Campo A3	0-10 cm	5,3	4,9	5,0	6,0	6,0	5,8
	10-20 cm	5,3	4,8	4,9	5,9	6,0	5,7
	20-30 cm	5,3	5,0	5,0	6,0	6,0	5,8
	Média	5,3	4,9	5,0	5,9	6,0	5,7
	Significância	0,662	0,557	0,314	0,936	0,759	0,646
	Coef. de variação	3,9%	5,4%	4,7%	5,5%	4,4%	4,5%

**Quadro IV.1.77. Efeito da profundidade no pH na camada de 0 a 30 cm nos campos R1, R2 e R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995 a 1999**

		pH determinado em CaCl <sub>2</sub>			pH determinado em H <sub>2</sub> O		
		Nov. 1995	Abr. 1997	Nov. 1998	Nov. 1995	Abr. 1997	Nov. 1998
Campo R1	0-10 cm	5,6	5,3	5,4	6,3 a	6,6	5,7
	10-20 cm	5,6	5,3	5,3	6,2 ab	6,6	5,7
	20-30 cm	5,6	5,3	5,3	6,1 b	6,6	5,8
	Média	5,6	5,3	5,3	6,2	6,6	5,7
	Significância	0,480	0,989	0,282	0,035	0,816	0,151
	Coef. de variação	2,9%	2,6%	3,3%	2,9%	2,6%	2,9%
	LSD erro $\leq$ 0,05				0,15		
		Mar. 1996	Out. 1996	Mar. 1999	Mar. 1996	Out. 1996	Mar. 1999
Campo R2	0-10 cm	4,9	5,0 b	5,0 b	5,9 c	6,0	5,6 c
	10-20 cm	5,0	5,0 b	4,9 b	6,1 b	6,1	5,7 b
	20-30 cm	5,0	5,2 a	5,1 a	6,2 a	6,1	5,9 a
	Média	5,0	5,1	5,0	6,1	6,1	5,7
	Significância	0,207	0,00001	0,002	0,000003	0,187	0,0000001
	Coef. de variação	1,7%	2,3%	2,2%	3,1%	4,1%	3,2%
	LSD erro $\leq$ 0,05		0,06	0,08	0,10		0,08
		Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998	Nov. 1995	Out. 1996	Nov. 1998
Campo R3	0-10 cm	5,3	4,8	4,9	6,1	5,7 b	5,3 b
	10-20 cm	5,2	4,7	4,8	5,9	5,8 b	5,3 b
	20-30 cm	5,4	4,9	4,9	6,0	5,9 a	5,5 a
	Média	5,3	4,8	4,9	6,0	5,8	5,4
	Significância	0,391	0,052	0,179	0,192	0,019	0,003
	Coef. de variação	6,0%	2,4%	2,4%	2,7%	3,1%	2,8%
	LSD erro $\leq$ 0,05				0,14		0,11

### 1.9.3. O EFEITO DA INTERACÇÃO MOBILIZAÇÃO X PROFUNDIDADE NO pH DO SOLO

A análise dos quadros IV.1.78 a IV.1.83 permite-nos constar que não existiu efeito da interacção entre a mobilização e a profundidade sobre o pH do solo.

**Quadro IV.1.78** Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo A1, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura)

		pH determinado em H <sub>2</sub> O (Campo A1)				pH determinado em CaCl <sub>2</sub> (Campo A1)			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Nov. 1995	0-10 cm	5,5	5,7	5,9	5,7	4,9	5,1	5,0	5,0
	10-20 cm	5,5	5,6	5,7	5,6	5,0	5,1	5,1	4,9
	20-30 cm	5,7	5,8	5,8	5,6	5,0	5,1	5,0	5,0
	Média	5,7				5,0			
Coef. de variação	Significância	0,981				0,994			
		5,3%				5,2%			
Out. 1996	0-10 cm	5,2	5,4	5,4	5,4	4,5	4,7	4,6	4,5
	10-20 cm	5,4	5,6	5,5	5,3	4,4	4,8	4,5	4,5
	20-30 cm	5,5	5,9	5,7	5,4	4,6	5,0	4,8	4,7
	Média	5,5				4,6			
Coef. de variação	Significância	0,975				0,997			
		7,2%				7,4%			
Nov. 1998	0-10 cm	5,3	5,8	5,3	5,2	4,6	5,4	4,7	4,6
	10-20 cm	5,2	5,4	5,3	5,3	4,5	4,6	4,6	4,6
	20-30 cm	5,4	5,5	5,5	5,3	4,6	4,8	4,8	4,6
	Média	5,4				4,7			
Coef. de variação	Significância	0,639				0,562			
		5,3%				8,5%			

**Quadro IV.1.79** Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo A2, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura)

		pH determinado em H <sub>2</sub> O (Campo A2)				pH determinado em CaCl <sub>2</sub> (Campo A2)			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Nov. 1995	0-10 cm	6,2	6,5	6,4	6,6	5,7	5,8	5,6	5,8
	10-20 cm	6,0	6,3	6,5	6,2	5,4	5,7	5,7	5,6
	20-30 cm	6,4	6,1	6,7	6,1	5,7	5,7	5,8	5,6
	Média	6,3				5,7			
Coef. de variação	Significância	0,716				0,951			
		6,8%				6,7%			
Out. 1996	0-10 cm	5,9	6,3	6,4	6,3	5,1	5,5	5,6	5,4
	10-20 cm	6,0	5,9	6,2	6,4	4,3	5,2	5,4	5,6
	20-30 cm	6,2	6,0	6,3	6,6	5,3	5,2	5,5	5,6
	Média	6,2				5,3			
Coef. de variação	Significância	0,861				0,713			
		6,6%				11,1%			
Nov. 1998	0-10 cm	5,6	6,1	6,2	6,2	5,1	5,7	5,6	5,7
	10-20 cm	5,6	6,0	5,9	5,9	4,9	5,4	5,3	5,4
	20-30 cm	5,9	6,1	6,0	6,1	5,3	5,6	5,4	5,6
	Média	6,0				5,4			
Coef. de variação	Significância	0,950				0,997			
		6,8%				9,7%			

**Quadro IV.1.80** Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo A3, da herdade da Abóboda, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura)

		pH determinado em H <sub>2</sub> O (Campo A3)				pH determinado em CaCl <sub>2</sub> (Campo A3)			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Nov. 1995	0-10 cm	5,9	6,1	5,8	6,0	5,9	6,1	5,8	6,0
	10-20 cm	5,7	5,9	5,8	6,2	5,7	5,9	5,8	6,2
	20-30 cm	6,1	5,9	5,8	6,0	6,1	5,9	5,8	6,0
	Média	5,9				5,3			
	Significância	0,803				0,553			
	Coef. de variação	5,5%				3,9%			
Out. 1996	0-10 cm	5,9	6,1	5,8	6,0	4,9	5,1	4,8	4,8
	10-20 cm	5,8	6,1	5,9	6,0	4,8	4,9	4,8	4,9
	20-30 cm	6,2	5,9	5,9	6,1	4,9	5,1	4,8	5,1
	Média	6,0				4,9			
	Significância	0,711				0,973			
	Coef. de variação	4,4%				5,4%			
Nov. 1998	0-10 cm	5,7	5,9	5,6	5,7	4,9	5,1	4,9	5,1
	10-20 cm	5,8	5,7	5,5	5,7	4,7	4,8	4,8	5,1
	20-30 cm	5,9	5,9	5,6	5,8	5,0	5,0	4,9	5,0
	Média	5,7				5,0			
	Significância	0,988				0,933			
	Coef. de variação	4,5%				4,7%			

**Quadro IV.1.81** Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo R1, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura)

		pH determinado em H <sub>2</sub> O (Campo R1)				pH determinado em CaCl <sub>2</sub> (Campo R1)			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Nov. 1995	0-10 cm	6,2	6,4	6,4	6,3	5,6	5,7	5,7	5,7
	10-20 cm	6,1	6,2	6,3	6,2	5,5	5,5	5,6	5,6
	20-30 cm	6,1	6,2	6,2	6,1	5,4	5,7	5,6	5,5
	Média	6,2				5,6			
	Significância	0,987				0,814			
	Coef. de variação	2,9%				2,9%			
Abr. 1997	0-10 cm	6,5	6,6	6,6	6,7	5,2	5,3	5,3	5,3
	10-20 cm	6,6	6,6	6,7	6,6	5,2	5,3	5,3	5,3
	20-30 cm	6,5	6,6	6,7	6,6	5,2	5,2	5,3	5,3
	Média	6,6				5,3			
	Significância	0,961				0,996			
	Coef. de variação	2,6%				2,6%			
Nov. 1998	0-10 cm	5,7	5,7	5,8	5,6	5,4	5,4	5,5	5,2
	10-20 cm	5,7	5,7	5,6	5,6	5,2	5,2	5,3	5,3
	20-30 cm	5,8	5,9	5,8	5,7	5,3	5,3	5,3	5,3
	Média	5,7				5,3			
	Significância	0,981				0,749			
	Coef. de variação	2,9%				3,3%			



**Quadro IV.1.82** Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo R2, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura)

		pH determinado em H <sub>2</sub> O (Campo R2)				pH determinado em CaCl <sub>2</sub> (Campo R2)			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Mar. 1996	0-10 cm	5,8	5,9	5,9	6,1	4,9	5,0	4,9	4,9
	10-20 cm	6,2	6,0	6,1	6,1	4,9	4,9	5,0	5,0
	20-30 cm	6,3	6,2	6,3	6,2	5,0	4,9	5,0	5,0
	Média	6,1				5,0			
	Significância	0,085				0,141			
	Coef. de variação	3,1%				1,7%			
Out. 1996	0-10 cm	5,8	6,0	6,0	6,0	4,9	5,0	5,1	5,1
	10-20 cm	6,2	6,2	6,1	6,0	5,0	5,0	5,0	5,1
	20-30 cm	6,3	6,1	6,2	6,0	5,3	5,2	5,2	5,1
	Média	6,1				5,1			
	Significância	0,603				0,073			
	Coef. de variação	4,1%				2,3%			
Mar. 1999	0-10 cm	5,53 fg	5,47 g	5,57 efg	5,73 cde	5,07	4,93	4,93	4,97
	10-20 cm	5,83 bcd	5,70 cdel	5,73 cde	5,70 cde	4,97	4,90	4,90	4,97
	20-30 cm	6,07 a	5,93 ab	5,87 bc	5,67 def	5,20	5,03	5,00	5,07
	Média	5,7				5,0			
	Significância	0,0004				0,8701			
	Coef. de variação	3,2%				2,2%			
	LSD erro ≤ 0,05	0,11				0,11			

**Quadro IV.1.83** Efeito da interacção mobilização X profundidade no pH do solo do campo R3, da herdade da Revilheira, nos anos de 1995, 1996 e 1998 (SD – Sementeira Directa, Esc – Escarificador, Chi – Chisel e Lav – Lavoura)

		pH determinado em H <sub>2</sub> O (Campo R3)				pH determinado em CaCl <sub>2</sub> (Campo R3)			
		SD	Esc	Chi	Lav	SD	Esc	Chi	Lav
Nov. 1995	0-10 cm	6,0	6,0	6,0	6,1	5,3	5,4	5,2	5,3
	10-20 cm	5,8	6,0	5,9	6,0	5,3	5,1	5,1	5,3
	20-30 cm	6,0	6,0	6,0	6,0	5,3	5,3	5,4	5,6
	Média	6,0				5,3			
	Significância	0,980				0,967			
	Coef. de variação	2,7%				6,0%			
Out. 1996	0-10 cm	5,6	5,6	5,8	5,8	4,7	4,7	4,8	4,8
	10-20 cm	5,7	5,7	5,8	5,8	4,7	4,8	4,7	4,8
	20-30 cm	6,1	5,8	5,8	5,9	4,9	4,9	4,8	4,8
	Média	5,8				4,8			
	Significância	0,533				0,492			
	Coef. de variação	3,1%				2,4%			
Nov. 1998	0-10 cm	5,3	5,3	5,2	5,4	4,9	5,0	4,9	4,8
	10-20 cm	5,4	5,3	5,3	5,3	4,9	4,9	4,8	4,8
	20-30 cm	5,6	5,5	5,5	5,3	4,9	4,9	4,9	4,9
	Média	5,4				4,9			
	Significância	0,269				0,982			
	Coef. de variação	2,8%				2,4%			

#### 1.9.4. DISCUSSÃO

O pH do solo não foi influenciado pelos sistemas de mobilização. A determinação do pH em água, como método mais sensível a variações, não trouxe qualquer acréscimo à informação já obtida com os valores resultantes da determinação utilizando cloreto de cálcio.

A ideia de que com a Sementeira Directa o pH do solo tende a baixar não foi confirmada. A redução do pH na Sementeira Directa, está normalmente associada ao aumento dos resíduos à superfície, o que no caso deste ensaio teve pouca expressão, dado que se procedeu ao enfardamento da palha dos cereais.

A profundidade não influenciou o pH do solo.

Os resultados obtidos não evidenciaram qualquer efeito da interacção entre os sistemas de mobilização e a profundidade sobre a reacção do solo.

## 2. PRODUÇÃO VEGETAL

### 2.1. TRIGO MOLE (*Triticum aestivum* L.)

#### 2.1.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE TRIGO MOLE (*Triticum aestivum* L.)

Na herdade da Abóboda a produção de grão de trigo mole não foi afectada pelos sistemas de mobilização do solo (quadro IV.2.1). A análise dos dados permitiu ainda constatar que a produção de grão em 1998/99 ( $52,9 \text{ g.m}^{-2}$ ) sofreu uma quebra acentuada relativamente aos anos anteriores (70% e 58% dos valores obtidos em 1995/96 e 1996/97, respectivamente). Esta quebra de produção está provavelmente relacionada, com a circunstância do ano 1998/99 ter sido um ano onde a precipitação ocorrida correspondeu a cerca de metade da normal climática. De facto, a precipitação ocorrida, na herdade da Abóboda no ano 1998/99, entre a sementeira do trigo e a colheita, foi de 289 mm enquanto que nos anos anteriores, 1995/96 e 1996/97, a precipitação acumulada no mesmo período foi de 768 mm e 603 mm, respectivamente.

**Quadro IV.2.1 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	175,2	145,4	67,7
Escarificador	178,3	110,7	50,2
Chisel	177,8	122,5	50,9
Lavoura	178,0	126,7	42,7
Média	177,3	126,3	52,9
Significância	0,972	0,304	0,128
Coef. de variação	21,6%	17,4%	25,7%

A produção de palha na herdade da Abóboda também não foi afectada pela mobilização do solo (quadro IV.2.2). Tal como sucedeu com a produção de grão, também a produção de palha em 1998/99 sofreu quebras com a menor precipitação ocorrida.

**Quadro IV.2.2 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	197,5	215,5	76,4
Escarificador	213,2	164,0	65,3
Chisel	181,2	181,1	60,1
Lavoura	216,4	189,7	66,9
Média	202,1	187,6	67,2
Significância	0,879	0,150	0,776
Coef. de variação	25,9%	15,1%	26,1%

A análise da evolução da população de trigo mole na herdade da Abóboda, para os anos de 1995/96 e 1996/97 (quadro IV.2.3), mostra-nos que de um modo geral os diferentes sistemas de mobilização do solo não influenciaram os vários parâmetros estudados. De notar que embora os talhões de Sementeira Directa possuíssem em Março de 1997, uma matéria seca significativamente inferior à dos outros sistemas, a cultura acabou por compensar esse menor crescimento inicial, uma vez que acabou por não apresentar diferenças significativas na produção de palha.

Os parâmetros relativos aos componentes da produção de trigo mole na herdade da Abóboda (quadro IV.2.4) não evidenciaram diferenças significativas entre os sistemas de mobilização nos anos de 1995/96 e 1996/97.

No ano de 1998/99 o peso de 1000 grãos e o número de grãos. $\text{m}^{-2}$  foram afectados pela mobilização do solo. Este efeito do sistema de mobilização acabou por não influenciar a produção de grão (quadro IV.2.1) uma vez que estes dois parâmetros estiveram negativamente correlacionados (quadro IV.2.5), isto é, aos tratamentos onde o número de grãos. $\text{m}^{-2}$  foi menor, correspondeu um grão mais pesado.

Em todos os anos a produção de grão esteve altamente correlacionada com o número de grãos. $\text{m}^{-2}$  (quadro IV.2.5). Esta terá sido o componente da produção que mais contribuiu para a definição da produção de grão. De facto, o número de grãos. $\text{m}^{-2}$  acompanhou a redução da produção de grão ao longo dos três anos de ensaios, tendo este facto sido mais relevante do que o aumento do peso do grão que, apenas em 1996/97 esteve correlacionado com a produção de grão. A quantidade de espigas à colheita apenas se revelou importante no ano de 1995/96.

**Quadro IV.2.3 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Nº de plantas emergidas / m <sup>2</sup>	Nº de filhos / planta	Nº de espigas potenciais / m <sup>2</sup>	Matéria seca (*) (g/m <sup>2</sup> )	Nº de espigas à colheita / m <sup>2</sup>	Sobrevivência das espigas (%)
1995 / 96	Sem. Directa	491	1,0	979 bc	111	290	29
	Escarificador	517	1,3	1163 a	121	270	23
	Chisel	411	1,1	864 c	95	258	29
	Lavoura	477	1,3	1086 ab	116	266	24
	Média	474	1,2	1023,0	110,8	271,0	26,3
	Significância	0,168	0,492	0,020	0,388	0,839	0,115
	Coef. de variação	12,8%	22,0%	13,9%	16,9%	15,1%	15,3%
	LSD erro ≤ 0,05			175,3			
1996 / 97	Sem. Directa	89	2,6 c	320	107 b	225	71
	Escarificador	72	3,0 bc	288	156 a	186	67
	Chisel	76	3,7 ab	359	165 a	201	56
	Lavoura	68	4,2 a	360	177 a	195	56
	Média	76	3,4	331,8	151,3	201,8	62,5
	Significância	0,253	0,005	0,463	0,033	0,466	0,343
	Coef. de variação	17,5%	22,4%	18,3%	23,1%	14,6%	20,2%
	LSD erro ≤ 0,05		0,78		45,9		
1998 / 99	Sem. Directa	183				119	
	Escarificador	192				105	
	Chisel	191				106	
	Lavoura	183				97	
	Média	187				107	
	Significância	0,894				0,762	
	Coef. de variação	9,4%				21,8%	

(\*) As datas de recolha de amostras para determinação da matéria seca foram 14 de Fevereiro de 1996 e 3 de Março de 1997

**Quadro IV.2.4 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Peso de 1000 grãos (g)	Nº de grãos / m <sup>2</sup>	Nº de grãos / espiga
1995 / 96	Sem. Directa	14,97	11709	40
	Escarificador	15,19	11727	44
	Chisel	13,79	11696	44
	Lavoura	14,74	12094	45
	Média	14,7	11806,5	43,3
	Significância	0,142	0,998	0,723
	Coef. de variação	5,5%	20,4%	11,4%
1996 / 97	Sem. Directa	26,28	5525	25
	Escarificador	24,98	4385	23
	Chisel	24,04	5100	26
	Lavoura	23,95	5291	27
	Média	24,8	5075,3	25,3
	Significância	0,205	0,283	0,637
	Coef. de variação	6,1%	14,6%	14,4%
1998 / 99	Sem. Directa	31,51 c	2143 a	18
	Escarificador	33,98 b	1470 b	14
	Chisel	34,89 ab	1463 b	14
	Lavoura	35,63 a	1200 b	13
	Média	34,0	1569,0	14,8
	Significância	0,001	0,033	0,324
	Coef. de variação	5,2%	28,9%	23,0%
	LSD erro ≤ 0,05	1,54	598,1	

**Quadro IV.2.5 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do trigo mole na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Trigo mole (Abóboda)			
		Peso de 1000 grãos	Nº de grãos /m <sup>2</sup>	Nº de grãos / espiga	Nº espigas à colheita / m <sup>2</sup>
1995/96	Produção de grão	R= 0,492 s= 0,104	R= 0,974 s= 0,0000001	R= 0,723 s= 0,008	R= 0,837 s= 0,001
	Peso de 1000 grãos		R= 0,288 s= 0,363	R= 0,201 s= 0,530	R= 0,318 s= 0,314
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,740 s= 0,006	R= 0,848 s= 0,0005
	Nº de grãos /espiga				R= 0,279 s= 0,380
1996/97	Produção de grão	R= 0,679 s= 0,015	R= 0,940 s= 0,00001	R= 0,475 s= 0,119	R= 0,545 s= 0,067
	Peso de 1000 grãos		R= 0,390 s= 0,210	R= 0,179 s= 0,578	R= 0,203 s= 0,527
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,529 s= 0,077	R= 0,579 s= 0,049
	Nº de grãos /espiga				R= -0,380 s= 0,223
1998/99	Produção de grão	R= -0,522 s= 0,082	R= 0,985 s= 0,00000001	R= 0,682 s= 0,015	R= 0,553 s= 0,062
	Peso de 1000 grãos		R= -0,658 s= 0,020	R= -0,237 s= 0,458	R= -0,535 s= 0,073
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,661 s= 0,019	R= 0,580 s= 0,048
	Nº de grãos /espiga				R= -0,215 s= 0,502

(R – coeficiente de correlação, s – significância)

Na herdade da Revilheira as produções de grão e de palha de trigo mole (quadros IV.2.6 e IV.2.7) também não sofreram o efeito do sistema de mobilização nos anos de 1995/96 e 1996/97.

No ano 1998/99, a produção de grão apresentou diferenças significativas entre os sistemas de mobilização estudados, tendo sido os sistemas menos intensivos (Sementeira Directa e Escarificador) aqueles em que a produção foi mais elevada. Neste ano, a produção de palha também foi influenciada pelo sistema de mobilização do solo mas de modo diferente. A Lavoura foi o sistema que produziu mais palha enquanto que na Sementeira Directa se registaram valores inferiores.

Contrariamente ao que sucedeu na herdade da Abóboda, a menor precipitação ocorrida no ano de 1998/99 (257 mm entre a sementeira e a colheita) não afectou de um modo tão evidente a produção de grão, quando comparada com a verificada nos anos de 1995/96 e 1996/97 (694 mm e 612 mm, respectivamente). Estes resultados parecem

indicar que poderá existir uma interacção entre a precipitação e o tipo de solo na produção final de grão de trigo.

**Quadro IV.2.6 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	256,1	200,4	253,8 a
Escarificador	266,4	211,6	244,6 a
Chisel	262,5	218,6	203,0 b
Lavoura	269,5	225,7	232,2 ab
Média	263,6	214,1	233,4
Significância	0,577	0,388	0,022
Coef. de variação	4,3%	8,3%	10,4%
LSD erro $\leq 0,05$			30,12

**Quadro IV.2.7 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	259,8	252,2	289,8 bc
Escarificador	300,2	304,4	318,3 ab
Chisel	281,6	282,9	266,2 c
Lavoura	316,6	218,3	336,7 a
Média	289,6	264,5	302,8
Significância	0,327	0,211	0,008
Coef. de variação	13,2%	19,9%	10,7%
LSD erro $\leq 0,05$			35,33

A análise da evolução da população da cultura do trigo mole da herdade da Revilheira (quadro IV.2.8) mostra-nos que o efeito da mobilização não se fez sentir nos diferentes parâmetros estudados. Constituem excepção o número de plantas emergidas. $\text{m}^{-2}$  e a matéria seca ao afilhamento em 1996/97, que no entanto acabou por não se reflectir na produção de palha desse ano (quadro IV.2.7).



**Quadro IV.2.8 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Nº de plantas emergidas / m <sup>2</sup>	Nº de filhos / planta	Nº de espigas potenciais / m <sup>2</sup>	Matéria seca (*) (g/m <sup>2</sup> )	Nº de espigas à colheita / m <sup>2</sup>	Sobrevivência das espigas (%)
1995 / 96	Sem. Directa	398	0,1	449	117	291	67
	Escarificador	313	0,3	409	119	277	68
	Chisel	285	0,3	370	111	269	73
	Lavoura	277	0,3	359	100	288	81
	Média	318	0,3	396,8	111,8	281,3	72,3
	Significância	0,213	0,335	0,578	0,792	0,869	0,232
	Coef. de variação	24,5%	50,8%	20,6%	20,0%	11,7%	13,1%
1996 / 97	Sem. Directa	135 a	2,0	398	137 b	292	74
	Escarificador	138 a	2,2	446	167 a	297	67
	Chisel	129 a	2,4	434	116 bc	272	63
	Lavoura	103 b	2,6	364	108 c	247	68
	Média	126	2,3	410,5	132,0	277,0	68,0
	Significância	0,028	0,312	0,059	0,006	0,091	0,291
	Coef. de variação	14,0%	17,8%	10,6%	20,4%	10,1%	9,9%
	LSD erro ≤ 0,05	22,8			28,0		
1998 / 99	Sem. Directa	323				327	
	Escarificador	341				340	
	Chisel	350				317	
	Lavoura	373				388	
	Média	347				343,0	
	Significância	0,330				0,089	
	Coef. de variação	9,5%				11,3%	

(\*) As datas de recolha de amostras para determinação da matéria seca foram 26 de Fevereiro de 1996 e 27 de Fevereiro de 1997

Da análise dos componentes da população da cultura do trigo mole da herdade da Revilheira (quadro IV.2.9) verificámos que a existência do efeito da mobilização do solo sobre o número de grãos por espiga em 1995/96, não foi, por si, bastante para afectar a produção de grão desse ano (quadro IV.2.6). Contrariamente, em 1998/99 para a existência do efeito da mobilização sobre produção de grão poderão ter contribuído de forma decisiva, as diferenças significativas entre o número de grãos por espiga, sendo os respectivos padrões de variação semelhantes. De facto, a análise do quadro IV.2.10 permite verificar que só em 1998/99 é que este parâmetro (número de grãos.espiga<sup>-1</sup>) esteve correlacionado significativamente com a produção de grão.

**Quadro IV.2.9 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Peso de 1000 grãos (g)	Nº de grãos / m <sup>2</sup>	Nº de grãos / espiga
1995 / 96	Sem. Directa	13,10	19695	68 b
	Escarificador	11,88	22850	82 a
	Chisel	11,31	23272	87 a
	Lavoura	12,10	22419	78 ab
	Média	12,1	22059,0	78,8
	Significância	0,413	0,505	0,046
	Coef. de variação	10,4%	13,5%	11,7%
	LSD erro ≤ 0,05			12,7
1996 / 97	Sem. Directa	27,85	7187	25
	Escarificador	28,27	7485	25
	Chisel	26,27	8418	31
	Lavoura	30,16	7483	30
	Média	28,1	7643,3	27,8
	Significância	0,182	0,309	0,089
	Coef. de variação	7,8%	10,8%	14,6%
1998 / 99	Sem. Directa	32,06	7948	25 a
	Escarificador	30,90	7935	24 ab
	Chisel	30,91	6544	21 bc
	Lavoura	31,69	7365	19 c
	Média	31,4	7448,0	22,3
	Significância	0,635	0,153	0,034
	Coef. de variação	3,9%	11,8%	13,2%
	LSD erro ≤ 0,05			3,8

Tal como se verificou na herdade da Abóboda, também na herdade da Revilheira a produção de grão de trigo mole mostrou-se correlacionada com o número de grãos.m<sup>-2</sup>. Na herdade da Revilheira, embora de um modo menos acentuado, este parâmetro também sofreu uma redução do seu valor, com a redução da precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura sendo no entanto, compensada pelo aumento do peso do grão (quadro IV.2.9).

A correlação negativa altamente significativa, observada em 1995/96, entre o número de grãos.m<sup>-2</sup> e o peso de 1000 grãos (quadro IV.2.10), pode justificar o facto da Sementeira Directa, apesar de ter sido o tratamento com menos grãos por metro quadrado, não ter tido uma produção significativamente diferente da dos restantes tratamentos.

**Quadro IV.2.10 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do trigo mole na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Trigo mole (Revilheira)			
		Peso de 1000 grãos	Nº de grãos /m <sup>2</sup>	Nº grãos / espiga	Nº espigas à colheita / m <sup>2</sup>
1995/96	Produção de grão	R= -0,536 s= 0,073	R= 0,745 s= 0,005	R= 0,294 s= 0,354	R= 0,616 s= 0,033
	Peso de 1000 grãos		R= -0,954 s= 0,000001	R= -0,681 s= 0,015	R= -0,409 s= 0,187
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,628 s= 0,029	R= 0,524 s= 0,080
	Nº de grãos /espiga				R= -0,326 s= 0,301
1996/97	Produção de grão	R= 0,304 s= 0,337	R= 0,569 s= 0,054	R= 0,557 s= 0,060	R= -0,233 s= 0,467
	Peso de 1000 grãos		R= -0,608 s= 0,036	R= -0,289 s= 0,362	R= -0,226 s= 0,480
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,741 s= 0,006	R= -0,035 s= 0,914
	Nº de grãos /espiga				R= -0,693 s= 0,012
1998/99	Produção de grão	R= -0,161 s= 0,618	R= 0,947 s= 0,000003	R= 0,582 s= 0,047	R= 0,332 s= 0,292
	Peso de 1000 grãos		R= -0,465 s= 0,128	R= -0,144 s= 0,655	R= -0,279 s= 0,380
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,566 s= 0,055	R= 0,389 s= 0,212
	Nº de grãos /espiga				R= -0,531 s= 0,075

(R – coeficiente de correlação, s – significância)

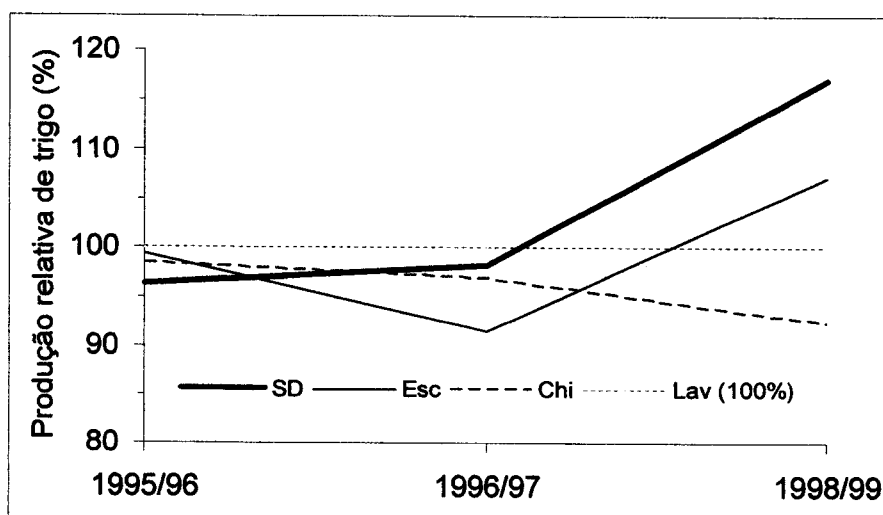
## 2.1.2. DISCUSSÃO

Na cultura do trigo mole, a mobilização do solo não influenciou significativamente as produções de grão e de palha. A ausência de efeito significativo, dos sistemas de mobilização do solo sobre a produção de grão observada na herdade da Abóboda nos três anos de ensaios e na herdade da Revilheira nos dois primeiros, encontra paralelo em algumas referências bibliográficas como, por exemplo, MRABET (2000) que em Marrocos durante 3 anos em sequeiro, com regimes pluviométricos de 195 mm a 440 mm, também não registou diferenças significativas na produção de grão e de palha de trigo mole (*Triticum aestivum* L.). Também CARVALHO e BASCH (1994), numa

revisão de vários ensaios de mobilização do solo em Portugal, referem a não existência de diferenças significativas na produção de grão de trigo (média de três anos).

É frequente, em ensaios realizados em sequeiro, haver uma tendência para a Sementeira Directa apresentar melhores resultados em anos secos. FISCHER *et al.* (2002), num ensaio de quatro anos (2 secos e 2 húmidos), não detectaram diferenças nas produções médias dos sistemas de mobilização, embora a produção de grão na sementeira directa fosse significativamente maior nos dois anos secos. Este relato parece ajustar-se ao que sucedeu na herdade da Revilheira, onde, no ano seco de 1998/99, a produção de grão de trigo mole nos talhões de Sementeira Directa mostrou-se significativamente maior, quando comparada com a obtida nos outros três sistemas.

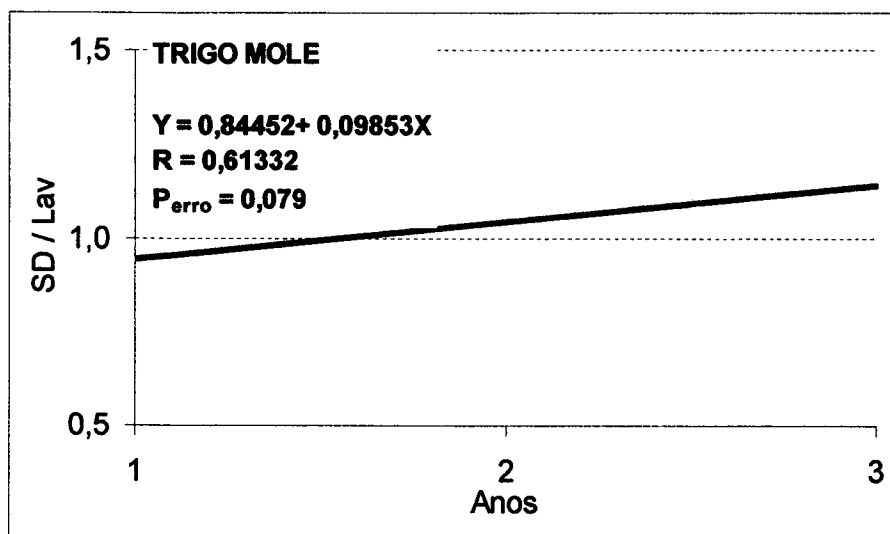
CANTERO-MARTÍNEZ *et al.* (2003), no vale do Ebro em Espanha com a cultura da cevada de sequeiro, reportam que a sementeira directa e a mobilização reduzida tiveram um efeito positivo nos anos secos, referindo que a produção se reduziu em 60% com a mobilização convencional do solo. Também HEMMAT e ESKANDARI (2006) observaram um efeito da mobilização do solo em dois dos três anos de ensaios, tendo o trigo mole (*Triticum aestivum* L.) de sequeiro na sementeira directa produzido mais 13% e mais 42% do que a mobilização reduzida (chisel) e a convencional (lavoura), respectivamente.



**Figura IV.2.1** Produções relativas (%) de trigo mole nos anos de 1995/96, 1996/97 a 1998/99, obtidas em quatro sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), nas herdades da Abóboda e Revilheira

Quando avaliamos a produção relativa de grão de trigo mole dos quatro sistemas estudados (figura IV.2.1), verificamos que a Sementeira Directa foi o sistema que, relativamente à Lavoura, apresentou ao longo dos três anos uma maior tendência de

crescimento. Esta tendência é confirmada quando calculamos a respectiva equação de regressão (figura IV.2.2). Inicialmente a produção de grão na Sementeira Directa é ligeiramente inferior à produção estimada para a Lavoura, no entanto, logo a partir do segundo ano, a Sementeira Directa ultrapassa a Lavoura, conseguindo tendencialmente no terceiro ano exceder a produção de grão da Lavoura em cerca de 14%.



**Figura IV.2.2** Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de grão de trigo mole (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), nas herdades da Abóboda e Revilheira

Na herdade da Abóboda as produções obtidas em 1998/99 sofreram uma redução de 60% a 70% em relação aos anos anteriores. Esta quebra de produção esteve, possivelmente, relacionada com a menor precipitação ocorrida nesse ano. Ao contrário, na herdade da Revilheira, a redução da precipitação em 1998/99 não teve o mesmo impacto na produção. Este facto sugere a possibilidade da produção de grão ser influenciada pela interacção entre o tipo de solo e a precipitação ocorrida (CARVALHO, 1987). HEMMAT e ESKANDARI (2006) relataram que o ano constituiu um factor que afectou a produção, devido à precipitação diferenciada.

A produtividade do trigo mole na herdade da Revilheira foi sistematicamente (em qualquer ano e para qualquer sistema) mais elevada do que na herdade da Abóboda. Este facto está de acordo com a ideia de que o tipo de solo onde decorreu o ensaio na herdade da Abóboda (Px), ser menos indicado para a produção de cereais, quando comparado com o solo onde teve lugar o ensaio na herdade da Revilheira (Pm).

A análise da evolução da população e da composição da produção da cultura do trigo mole mostrou que, quando a Sementeira Directa apresentou menor quantidade de grão, esta foi compensada por um grão mais pesado.

Na análise das condições físicas do solo, nomeadamente a porosidade, a densidade aparente e a resistência à penetração (pontos IV.1.1, IV.1.2 e IV.1.3, respectivamente), o solo com Sementeira Directa apresentou, frequentemente, os piores valores. No entanto, estas condições, aparentemente desfavoráveis, acabaram por não ter reflexo na produção de trigo. Uma explicação frequente para este facto é a existência de canais e fendas que tendem a ser em maior número e mais contínuas em solos sujeitos a Sementeira Directa. Assim, os parâmetros normalmente utilizados para caracterizar o solo do ponto de vista físico não são capazes de traduzir este aspecto. É de referir que o número de canais e fendas, bem como a sua continuidade ao longo do perfil, tendem a aumentar num solo não perturbado, contribuindo para o aumento do potencial produtivo dos solos em Sementeira Directa prolongada (EHLERS *et al.*, 1983; LAL e VANDOREN-JR, 1990).

## 2.2. TRITICALE (X *Triticosecale* Wittmack.)

### 2.2.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE TRITICALE (X *Triticosecale* WITTMACK)

Nos quadros IV.2.11 e IV.2.12 são apresentados os valores observados para as produções de grão e palha da cultura do triticale na herdade da Abóboda.

**Quadro IV.2.11. Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do triticale na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	145,2	89,4	77,2
Escarificador	175,0	98,0	60,9
Chisel	178,9	93,7	59,6
Lavoura	204,1	119,5	56,7
Média	175,8	100,2	63,6
Significância	0,258	0,487	0,301
Coef. de variação	20,1%	24,2%	22,2%

**Quadro IV.2.12 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do triticale na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	230,6	93,1 b	110,7
Escarificador	220,3	145,3 ab	91,4
Chisel	258,4	124,1 ab	90,3
Lavoura	267,4	175,5 a	155,4
Média	244,2	134,5	112,0
Significância	0,562	0,049	0,131
Coef. de variação	17,8%	30,0%	35,3%
LSD erro $\leq 0,05$		55,96	

A produção de grão de triticale não parece ter sido influenciada pelo sistema de mobilização (quadro IV.2.11). Tal como sucedeu com a produção de grão de trigo mole nesta herdade (quadro IV.2.1), os valores obtidos em 1998/99 (média anual de

63,6 g.m<sup>-2</sup>), ficaram francamente abaixo das produções registadas nos anos anteriores (175,8 g.m<sup>-2</sup> e 100,2 g.m<sup>-2</sup> em 1995/96 e 1998/99, respectivamente), pelo que é possível que, à semelhança do que terá sucedido com a cultura do trigo mole, também a cultura do triticales tenha sofrido com a menor precipitação ocorrida nesse ano, entre a sementeira e a colheita (289 mm).

A produção de palha de triticales na herdade da Abóboda (quadro IV.2.12) apenas em 1996/97 foi afectada pelo sistema de mobilização do solo, tendo a Lavoura registado o maior valor (175,5 g.m<sup>-2</sup>) e a Sementeira Directa o valor mais reduzido (93,1 g.m<sup>-2</sup>).

Os parâmetros estudados, relacionados com a evolução da população na cultura do triticales na herdade da Abóboda, não evidenciaram, em geral, a influência do sistema de mobilização (quadro IV.2.13).

**Quadro IV.2.13 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Nº de plantas emergidas / m <sup>2</sup>	Nº de filhos / planta	Nº de espigas potenciais / m <sup>2</sup>	Matéria seca (*) (g/m <sup>2</sup> )	Nº de espigas à colheita / m <sup>2</sup>	Sobrevivência das espigas (%)
1995 / 96	Sem. Directa	451	0,0	464	57	288	63
	Escarificador	437	0,0	450	65	231	52
	Chisel	426	0,0	426	60	306	73
	Lavoura	322	0,1	346	63	307	90
	Média	409	0,0	421,5	61,3	283,0	69,5
	Significância	0,077	0,487	0,085	0,822	0,323	0,062
	Coef. de variação	17,5%	147,7%	15,4%	15,8%	19,7%	27,3%
1996 / 97	Sem. Directa	32	1,0	63 b	132	48 b	77
	Escarificador	47	0,9	88 a	201	76 a	87
	Chisel	40	0,9	74 ab	173	60 ab	83
	Lavoura	43	1,2	86 a	206	83 a	96
	Média	39	1,0	77,8	178,0	42,5	85,8
	Significância	0,066	0,172	0,043	0,264	0,004	0,351
	Coef. de variação	19,4%	19,1%	17,0%	28,4%	23,8%	15,1%
	LSD erro ≤ 0,05			18,1		16,0	
1998 / 99	Sem. Directa					150	
	Escarificador					145	
	Chisel					131	
	Lavoura					196	
	Média					155,5	
	Significância					0,269	
	Coef. de variação					27,0%	

(\*) As datas de recolha de amostras para determinação da matéria seca foram 13 de Fevereiro de 1996 e 3 de Março de 1997



O número de espigas potenciais.m<sup>-2</sup> e o número de espigas à colheita.m<sup>-2</sup> foram os únicos parâmetros que, em 1996/97, registaram diferenças significativas. De notar que em ambos os parâmetros o padrão de variação foi o mesmo, tendo a Sementeira Directa registado os valores mais baixos.

Embora, a circunstância de em Março de 1996/97 o peso da matéria seca não apresentar diferenças significativas (quadro IV.2.13), parece sugerir que as tendências então observadas acabaram por afectar a produção de palha (quadro IV.2.12).

**Quadro IV.2.14 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do triticales na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Peso de 1000 grãos (g)	Nº de grãos / m <sup>2</sup>	Nº de grãos / espiga
1995 / 96	Sem. Directa	15,08	9614	35
	Escarificador	14,90	11989	51
	Chisel	13,59	13360	44
	Lavoura	17,17	11875	40
	Média	15,2	11709,5	42,5
	Significância	0,062	0,468	0,272
	Coef. de variação	11,6%	23,5%	23,8%
1996 / 97	Sem. Directa	38,07	2355	48 c
	Escarificador	35,05	2790	78 ab
	Chisel	35,16	2671	62 bc
	Lavoura	34,40	3453	90 a
	Média	35,7	2817,3	69,7
	Significância	0,067	0,277	0,008
	Coef. de variação	5,5%	24,5%	27,1%
	LSD erro ≤ 0,05			20,6
1998 / 99	Sem. Directa	32,83 b	2350	16
	Escarificador	32,73 b	1857	13
	Chisel	33,39 b	1788	14
	Lavoura	35,43 a	1607	9
	Média	33,6	1900,5	13,0
	Significância	0,008	0,199	0,173
	Coef. de variação	3,9%	23,2%	30,4%
	LSD erro ≤ 0,05	1,433		

A análise dos componentes da produção de triticales na herdade da Abóboda (quadro IV.2.14) permitiu-nos verificar que apenas os parâmetros número de grãos por espiga em 1996/97 e o peso de 1000 grãos em 1998/99 registaram diferenças

significativas entre sistema de mobilização, que no entanto acabaram por não se reflectir na produção final de grão (quadro IV.2.11). De facto, em 1996/97 a Sementeira Directa foi o sistema de mobilização que registou menos espigas potenciais e à colheita (quadro IV.2.13), para além de um menor número de grãos por espiga (quadro IV.2.14). Contudo, esta menor quantidade de grãos terá, aparentemente, sido compensada por um grão mais pesado.

As correlações do quadro IV.2.15 confirmam o que já se tinha observado na cultura do trigo mole, isto é, a produção de grão de triticale apresentou uma correlação altamente significativa com o número de grãos.m<sup>-2</sup>. Como sucedeu com o trigo na herdade da Abóboda as quebras de produção de grão associadas aos anos mais secos (em particular o ano 1998/99) parecem ser motivadas pela redução do número de grãos.m<sup>-2</sup>.

**Quadro IV.2.15 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do triticale na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Triticale (Abóboda)			
		Peso de 1000 grãos	Nº de grãos /m <sup>2</sup>	Nº de grãos / espiga	Nº espigas à colheita / m <sup>2</sup>
1995/96	Produção de grão	R= 0,126 s= 0,696	R= 0,827 s= 0,001	R= 0,482 s= 0,113	R= 0,329 s= 0,297
	Peso de 1000 grãos		R= -0,451 s= 0,141	R= -0,441 s= 0,151	R= 0,058 s= 0,858
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,675 s= 0,016	R= 0,276 s= 0,385
	Nº de grãos /espiga				R= -0,516 s= 0,086
1996/97	Produção de grão	R= -0,059 s= 0,854	R= 0,978 s= 0,00000004	R= 0,723 s= 0,008	R= 0,675 s= 0,016
	Peso de 1000 grãos		R= -0,264 s= 0,407	R= -0,425 s= 0,168	R= -0,552 s= 0,063
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,786 s= 0,002	R= 0,769 s= 0,003
	Nº de grãos /espiga				R= 0,972 s= 0,0000001
1998/99	Produção de grão	R= -0,311 s= 0,325	R= 0,991 s= 0,000000005	R= 0,668 s= 0,018	R= -0,119 s= 0,714
	Peso de 1000 grãos		R= -0,434 s= 0,159	R= -0,637 s= 0,026	R= 0,526 s= 0,079
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,714 s= 0,009	R= -0,175 s= 0,587
	Nº de grãos /espiga				R= -0,785 s= 0,002

(R – coeficiente de correlação, s – significância)

No ano 1996/97, para além do número de grãos.m<sup>-2</sup>, também o número de espigas à colheita e o número de grãos por espiga se mostraram correlacionados com a produção de grão.

Na herdade da Revilheira, a produção de grão de tritcale (quadro IV.2.16) só em 1998/99 foi afectada significativamente pela mobilização do solo, tendo a Sementeira Directa sido o sistema que registou a produção mais elevada.

Ao contrário do que sucedeu na herdade da Abóboda, aqui, a menor precipitação ocorrida em 1998/99 (289 mm) não teve reflexo negativo na produção de grão. De facto, o ano em que, na herdade da Revilheira, a cultura do tritcale produziu menos correspondeu ao ano 1996/97, onde a precipitação ocorrida desde a sementeira à colheita foi de 603 mm. De notar que apesar de todos os sistemas de mobilização registarem quebras de produção nesse ano, a Sementeira Directa foi o tratamento que apresentou um valor de produção de grão tendencialmente mais elevado.

**Quadro IV.2.16 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão (g.m<sup>-2</sup>) da cultura do tritcale na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de grão (g.m <sup>-2</sup> )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	204,0	113,4	292,6 a
Escarificador	222,6	110,5	279,6 b
Chisel	254,2	93,0	253,6 b
Lavoura	239,5	95,6	258,7 b
Média	230,1	103,1	271,1
Significância	0,880	0,852	0,0004
Coef. de variação	30,8%	30,3%	6,3%
LSD erro ≤ 0,05			12,59

A produção de palha de tritcale na herdade da Revilheira (quadro IV.2.17) também não foi influenciada pela mobilização do solo.

A análise da evolução da população de tritcale (quadro IV.2.18) mostra-nos que só o número de espigas potenciais em 1995/96 e o peso da matéria seca em 1995/96 e 1996/97 registaram diferenças significativas entre sistemas de mobilização, não tendo, no entanto, reflexos no desempenho final da cultura.

**Quadro IV.2.17 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do triticale na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	216,7	161,0	518,6
Escarificador	250,2	183,0	497,9
Chisel	288,0	132,4	505,8
Lavoura	270,7	150,7	523,5
Média	256,4	156,8	511,5
Significância	0,730	0,909	0,827
Coef. de variação	28,7%	48,7%	6,6%

**Quadro IV.2.18 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do triticale na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Nº de plantas emergidas / $\text{m}^2$	Nº de filhos / planta	Nº de espigas potenciais / $\text{m}^2$	Matéria seca (*) ( $\text{g/m}^2$ )	Nº de espigas à colheita / $\text{m}^2$	Sobrevivência das espigas (%)
1995 / 96	Sem. Directa	357	0,3	474 a	57 a	168	37
	Escarificador	305	0,2	363 b	40 ab	200	55
	Chisel	269	0,3	337 b	28 b	303	89
	Lavoura	322	0,3	419 ab	49 a	255	55
	Média	313	0,3	398,3	43,5	231,5	59,0
	Significância	0,189	0,642	0,037	0,036	0,500	0,073
	Coef. de variação	16,0%	44,2%	17,4%	32,4%	47,1%	44,9%
LSD erro $\leq 0,05$				92,4	18,8		
1996 / 97	Sem. Directa	85	0,8	151	150 b	123	79
	Escarificador	84	0,8	150	202 a	104	67
	Chisel	78	0,7	131	206 a	90	68
	Lavoura	87	0,8	159	137 b	96	60
	Média	84	0,8	147,8	173,8	103,3	68,5
	Significância	0,067	0,835	0,207	0,019	0,877	0,885
	Coef. de variação	5,6%	17,9%	11,2%	22,1%	45,5%	38,7%
LSD erro $\leq 0,05$					46,8		
1998 / 99	Sem. Directa					278	
	Escarificador					264	
	Chisel					313	
	Lavoura					299	
	Média					288,6	
	Significância					0,214	
Coef. de variação						10,6%	

(\*) As datas de recolha de amostras para determinação da matéria seca foram 26 de Fevereiro de 1996 e 27 de Fevereiro de 1997

Também no que respeita aos parâmetros relacionados com os componentes da produção, os sistemas de mobilização do solo parecem não os ter afectado de forma significativa (quadro IV.2.19).

**Quadro IV.2.19 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do tritcale na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Peso de 1000 grãos (g)	Nº de grãos / m <sup>2</sup>	Nº de grãos / espiga
1995 / 96	Sem. Directa	19,42	10556	65
	Escarificador	19,60	11422	56
	Chisel	19,05	13453	45
	Lavoura	18,82	12769	60
	Média	19,2	12050,0	56,5
	Significância Coef. de variação	0,449 4,0%	0,839 31,8%	0,505 26,7%
1996 / 97	Sem. Directa	27,80	3972	34
	Escarificador	26,13	4218	45
	Chisel	24,54	3747	46
	Lavoura	27,01	3517	43
	Média	26,4	3863,5	42,0
	Significância Coef. de variação	0,597 10,8%	0,844 23,2%	0,715 29,3%
1998 / 99	Sem. Directa	35,53 a	8204	30
	Escarificador	33,63 ab	8310	33
	Chisel	31,27 c	8110	27
	Lavoura	32,09 bc	8069	27
	Média	33,1	8173,3	29,3
	Significância Coef. de variação LSD erro ≤ 0,05	0,004 5,8% 1,937	0,470 2,3%	0,198 13,1%

Em 1995/96 e 1996/97 a produção de grão de tritcale também apresentou uma correlação positiva significativa com o número de grãos.m<sup>-2</sup>. Contudo, em 1998/99 este parâmetro não se mostrou importante na definição da produção de grão. (quadro IV.2.20). Neste último ano (1998/99), o peso de 1000 grãos parece ter sido o parâmetro mais correlacionado com a produção do grão, razão pela qual um grão mais pesado na Sementeira Directa conduziu a uma produção de grão significativamente superior à dos outros sistemas de mobilização estudados.

**Quadro IV.2.20 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do triticale na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Triticale (Revilheira)			
		Peso de 1000 grãos	Nº de grãos /m <sup>2</sup>	Nº grãos / espiga	Nº espigas à colheita / m <sup>2</sup>
1995/96	Produção de grão	R= -0,255 s= 0,424	R= 0,994 s= 0,0000000005	R= -0,110 s= 0,734	R= 0,769 s= 0,003
	Peso de 1000 grãos		R= -0,355 s= 0,258	R= -0,274 s= 0,388	R= -0,134 s= 0,678
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= -0,084 s= 0,795	R= 0,761 s= 0,004
	Nº de grãos /espiga				R= -0,670 s= 0,017
1996/97	Produção de grão	R= 0,777 s= 0,003	R= 0,942 s= 0,000005	R= -0,682 s= 0,015	R= 0,942 s= 0,000005
	Peso de 1000 grãos		R= 0,526 s= 0,079	R= -0,881 s= 0,0002	R= 0,875 s= 0,0002
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= -0,465 s= 0,128	R= 0,815 s= 0,001
	Nº de grãos /espiga				R= -0,870 s= 0,0002
1998/99	Produção de grão	R= 0,926 s= 0,00002	R= 0,391 s= 0,209	R= 0,646 s= 0,023	R= -0,648 s= 0,023
	Peso de 1000 grãos		R= 0,016 s= 0,961	R= 0,563 s= 0,056	R= -0,632 s= 0,028
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,333 s= 0,290	R= -0,181 s= 0,574
	Nº de grãos /espiga				R= -0,963 s= 0,000001

(R – coeficiente de correlação, s – significância)

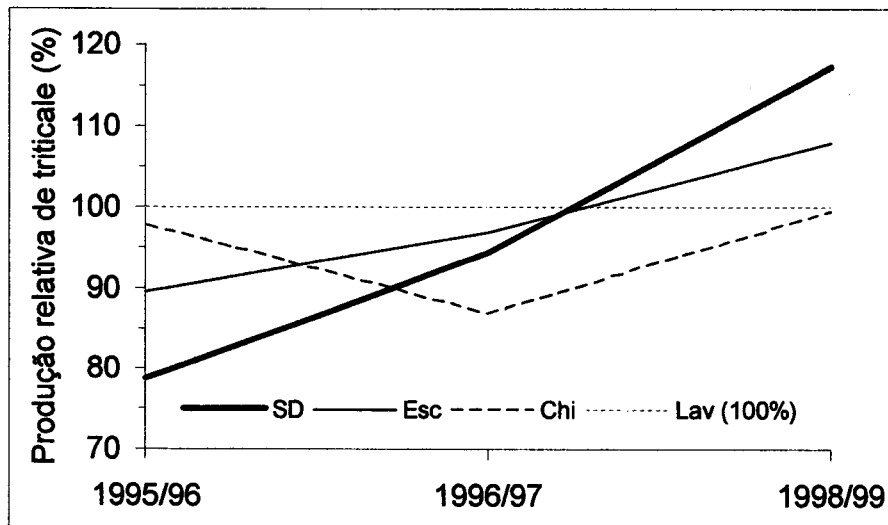
## 2.2.2. DISCUSSÃO

As produções de grão e de palha na cultura do triticale, tal como na cultura do trigo mole, não foram, de um modo geral, influenciadas pelos sistemas de mobilização do solo.

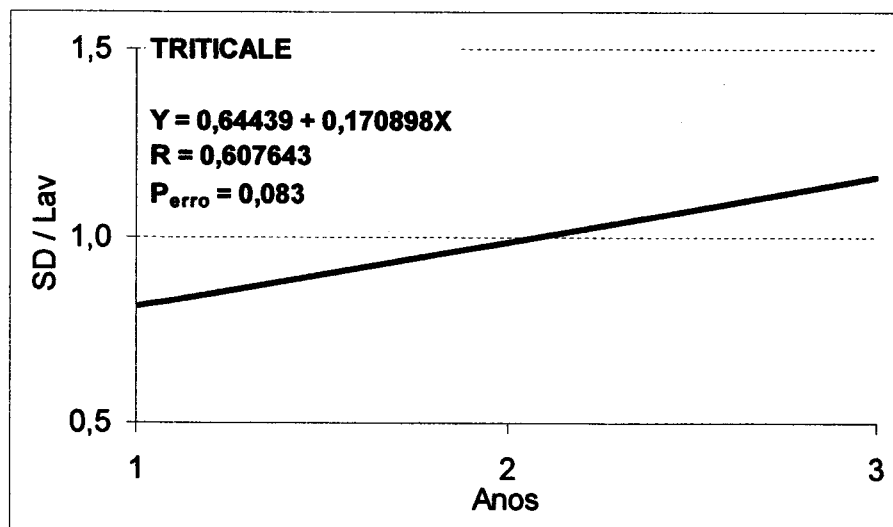
Também a produtividade do triticale em 1998/99 na herdade da Abóboda foi afectada negativamente pelo ano mais seco.

O tipo de solo terá, também na cultura do triticale, justificado o facto das produções obtidas na herdade da Revilheira terem sido em geral superiores às obtidas na herdade da Abóboda.

Tal como no caso do trigo mole, a produção de grão de tritcale na Sementeira Directa também exhibe uma tendência crescente, quando comparada com os valores registados para a Lavoura (figuras IV.2.3 e IV.2.4). Tal como para o caso do trigo mole, na figura IV.2.4 fica evidente qual a tendência de evolução da produção relativa. Apesar de inicialmente a Sementeira Directa apresentar uma produção de grão inferior à Lavoura, a prática continuada da Sementeira Directa conduz a produções tendencialmente superiores às observadas para a Lavoura.

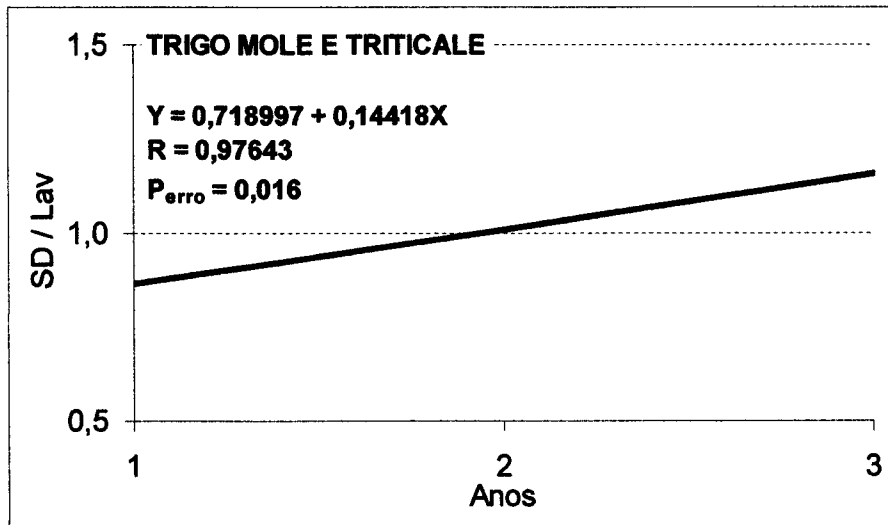


**Figura IV.2.3** Produções relativas (%) de tritcale nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, obtidas em quatro sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), nas herdades da Abóboda e Revilheira



**Figura IV.2.4** Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de grão de tritcale (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), nas herdades da Abóboda e Revilheira

Quando calculamos a equação de regressão da produção relativa (Sementeira Directa / Lavoura) em função dos anos, tendo por base os valores das produções obtidas para os dois cereais (trigo mole e triticales) nas herdades da Abóboda e da Revilheira (figura IV.2.5), obtemos uma regressão muito significativa ( $P_{\text{erro}} = 0,016$ ).



**Figura IV.2.5** Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de grão de cereal (trigo mole e triticales) (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), nas herdades da Abóboda e Revilheira

Na análise conjunta das produções de grão obtidas nas culturas do trigo mole e do triticales nas duas herdades onde decorreram os ensaios, verificamos que na herdade da Abóboda (solos Px), os sistemas de mobilização do solo nunca afectaram significativamente os valores das produções, embora a Sementeira Directa mostrasse uma tendência para exibir um melhor desempenho quando comparada com os outros sistemas. Na herdade da Revilheira (solos Pm) e nos dois primeiros anos, o desempenho dos sistemas foi, do ponto de vista relativo, semelhante àquele que se observou na herdade da Abóboda. No entanto, no último ano de ensaios (1998/99) os sistemas de mobilização menos intensiva, em particular a Sementeira Directa, já registaram uma produção de grão significativamente mais elevada, o que leva a supor que o tipo de solo Pm responde mais depressa aos efeitos benéficos da Sementeira Directa, enquanto que o solo do tipo Px necessitará de mais tempo para que a tendência evidenciada se torne efectiva. Uma explicação provável é o fendilhamento apresentado pelo solo Pm, que não se verificou no solo Px, pois, é sabido que o fendilhamento do solo é um mecanismo poderoso de crescimento das raízes em profundidade, particularmente em solos não perturbados.



Apenas no primeiro ano de ensaios (1995/96), onde a precipitação ocorrida durante o ciclo das culturas (768 mm e 694 mm, respectivamente nas herdades da Abóboda e da Revilheira) se pode considerar própria de um ano húmido, é que a Sementeira Directa foi o tratamento com menores produções. Na medida em que no ano de ensaios seguinte (1996/97), a precipitação ocorrida em igual período foi semelhante (603 mm e 612 mm), é de supor que o mau desempenho da Sementeira Directa em 1995/96 se deveu, essencialmente, ao facto de se tratar do ano inicial do sistema e portanto aquele em que as condições físicas do solo são mais adversas.

## 2.3. GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)

### 2.3.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)

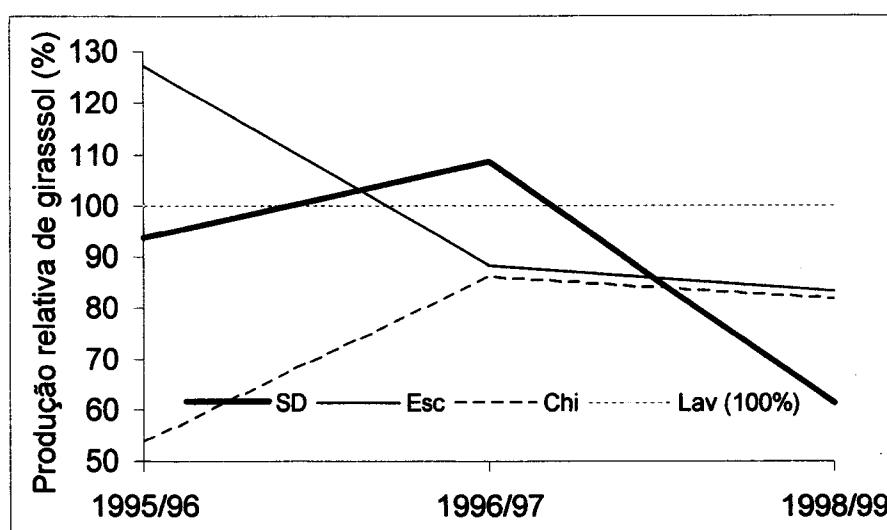
A cultura do girassol foi realizada apenas na herdade da Revilheira. A análise dos dados relativos à produção de grão (quadro IV.2.21) mostra-nos que apenas em 1995/96, as diferenças obtidas entre os quatro sistemas de mobilização estudados foram estatisticamente significativas, tendo os sistemas Escarificador e Lavoura registado os melhores resultados, e o Chisel aquele em que a produção de grão foi mais baixa. Os dados relativos aos outros dois anos de registos (1996/97 e 1998/99) não confirmam este padrão nem sugerem qualquer outro.

**Quadro IV.2.21** Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99

	Produção de grão ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	77,6 ab	109,8	29,2
Escarificador	105,3 a	89,4	39,8
Chisel	44,3 b	87,2	39,0
Lavoura	82,7 a	101,2	47,7
Média	77,5	96,9	38,9
Significância	0,020	0,512	0,554
Coef. de variação	35,4%	20,2%	37,8%
LSD erro $\leq$ 0,05	33,66		

As baixas produções de grão registadas em 1998/99 ( $38,9 \text{ g.m}^{-2}$ ) são, com certeza, consequência da pouca precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura (87 mm). Contudo, os valores das produções de grão verificadas nos restantes anos ( $77,5 \text{ g.m}^{-2}$  em 1995/96 e  $96,9 \text{ g.m}^{-2}$  em 1998/99), apesar bastante mais elevados, não serão suficientes para tornar o girassol numa actividade economicamente viável.

A figura IV.2.6 mostra que, ao contrário dos cereais de Inverno, a produção de grão de girassol apresenta uma grande variabilidade de resultados não sendo evidente qualquer tendência evolutiva.



**Figura IV.2.6** Produções relativas (%) de girassol nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, obtidas em quatro sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na herdade da Revilheira

A produção de palha de girassol não foi influenciada pelo sistema de mobilização, conforme ficou evidente da análise dos dados obtidos (quadro IV.2.22). Parece, no entanto, ter existido a tendência, em cada ano, para que os padrões de variação das produções de grão e de palha fossem muito parecidos, o que indicia que a produção de grão do girassol é condicionada pela quantidade de biomassa dos caules e das folhas.

**Quadro IV.2.22** Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ ) da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99

	Produção de palha ( $\text{g.m}^{-2}$ )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	236,4	198,5	82,8
Escarificador	436,8	165,2	118,5
Chisel	306,6	168,9	136,3
Lavoura	308,7	191,6	155,1
Média	322,1	181,1	123,2
Significância	0,108	0,205	0,140
Coef. de variação	32,7%	12,7%	32,7%

A análise da evolução da população (quadro IV.2.23) e dos componentes da produção (quadro IV.2.24) permite-nos perceber que em 1995/96 a Sementeira Directa, apesar de ter tido uma boa emergência ( $4,8 \text{ plantas.m}^{-2}$ ) e de ter tido o maior número de capítulos colhidos ( $4,2 \text{ capítulos.m}^{-2}$ ), o número de grãos em cada capítulo foi o menor

dos quatro sistemas. Este facto terá, possivelmente, contribuído para que a Sementeira Directa não fosse o sistema mais produtivo.

Em 1996/97 a prestação da Sementeira Directa no que se refere à emergência, ao número de capítulos colhidos e à quantidade de grão em cada capítulo, foi idêntica à que foi descrita para 1995/96 e, tal como nesse ano, a respectiva produção de grão não se distinguiu significativamente dos valores encontrados para os outros sistemas.

**Quadro IV.2.23 Efeito do sistema de mobilização na evolução da população da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Nº de plantas emergidas / m <sup>2</sup>	Matéria seca (*) (g/m <sup>2</sup> )	Nº de capítulos à colheita / m <sup>2</sup>
1995 / 96	Sem. Directa	4,8 a	179	4,2 a
	Escarificador	2,9 b	212	2,9 ab
	Chisel	2,5 b	225	2,1 b
	Lavoura	2,5 b	238	2,3 b
	Média	3,2	213,5	2,9
	Significância	0,020	0,599	0,028
	Coef. de variação	38,1%	24,3%	37,9%
	LSD erro ≤ 0,05	1,50		1,40
1996 / 97	Sem. Directa	4,6 a	107	4,6 a
	Escarificador	3,9 b	101	4 b
	Chisel	3,8 b	104	3,9 b
	Lavoura	3,8 b	130	3,7 b
	Média	4,0	110,5	4,1
	Significância	0,003	0,216	0,042
	Coef. de variação	9,9%	17,3%	10,2%
	LSD erro ≤ 0,05	0,38		0,56
1998 / 99	Sem. Directa	4,8	7,5 c	4,8
	Escarificador	5,4	15,4 bc	5,3
	Chisel	5,7	32,1 a	5,7
	Lavoura	5,9	29,0 ab	5,9
	Média	5,5	21,0	5,4
	Significância	0,097	0,020	0,053
	Coef. de variação	10,8%	60,1%	10,5%
	LSD erro ≤ 0,05		15,53	

(\*) As datas de recolha de amostras para determinação da matéria seca foram 30 de Abril de 1996, 29 de Maio 1997 e 22 de Abril de 1999

Em 1998/99, ao contrário dos anos anteriores, a Sementeira Directa exibiu, relativamente aos outros sistemas de mobilização, uma emergência mais fraca e um menor número de capítulos colhidos. Este facto, agravado com um menor número de grãos por capítulo, terá possivelmente sido mais importante para o pior desempenho (produção de grão e de palha) da Sementeira Directa do que a circunstância deste sistema de mobilização ter apresentado o grão mais pesado.

**Quadro IV.2.24 Efeito do sistema de mobilização nos componentes da produção da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Peso de 1000 grãos (g)	Nº de grãos / m <sup>2</sup>	Nº de grãos / capítulo
1995 / 96	Sem. Directa	24,75	3295 b	778
	Escarificador	22,09	4763 a	1800
	Chisel	21,68	1991 c	983
	Lavoura	24,42	3367 b	1503
	Média	23,2	3354,0	1266,0
	Significância	0,816	0,008	0,060
1996 / 97	Coef. de variação	18,9%	35,1%	43,9%
	LSD erro ≤ 0,05		1275,9	
	Sem. Directa	38	2991	662
	Escarificador	32	2763	692
	Chisel	30,33	2843	730
	Lavoura	33,42	3056	817
1998 / 99	Média	33,4	2913,3	725,3
	Significância	0,052	0,941	0,643
	Coef. de variação	11,5%	19,5%	19,7%
	Sem. Directa	35,21 a	811	171
	Escarificador	33,13 ab	1172	223
	Chisel	28,84 b	1337	235
1998 / 99	Lavoura	28,84 b	1645	281
	Média	31,5	1241,3	227,5
	Significância	0,037	0,162	0,425
	Coef. de variação	11,5%	37,5%	33,9%
	LSD erro ≤ 0,05	4,840		

No quadro IV.2.25 apresentam-se as correlações entre os componentes da produção de grão. Tal como nos cereais de Outono/Inverno, o número de grãos.m<sup>-2</sup> mostrou-se significativamente correlacionado com a produção de grão. Na cultura do girassol o parâmetro número de grãos por capítulo também contribuiu para afectar significativamente a produção da cultura.

**Quadro IV.2.25 Correlação entre os componentes da produção de grão da cultura do girassol na herdade da Revilheira nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

		Girassol (Revilheira)			
		Peso de 1000 grãos	Nº de grãos /m <sup>2</sup>	Nº grãos / capitulo	Nº capitulos à colheita/m <sup>2</sup>
1995/96	Produção de grão	R= 0,378 s= 0,225	R= 0,875 s= 0,0002	R= 0,667 s= 0,018	R= 0,208 s= 0,517
	Peso de 1000 grãos		R= -0,097 s= 0,763	R= 0,065 s= 0,840	R= -0,027 s= 0,934
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,617 s= 0,033	R= 0,328 s= 0,297
	Nº grãos / capitulo				R= -0,514 s= 0,087
1996/97	Produção de grão	R= 0,218 s= 0,496	R= 0,882 s= 0,0001	R= 0,747 s= 0,005	R= 0,113 s= 0,727
	Peso de 1000 grãos		R= -0,252 s= 0,430	R= -0,338 s= 0,283	R= 0,362 s= 0,248
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,876 s= 0,0002	R= 0,011 s= 0,973
	Nº grãos / capitulo				R= -0,465 s= 0,127
1998/99	Produção de grão	R= 0,178 s= 0,581	R= 0,953 s= 0,000002	R= 0,979 s= 0,0000003	R= 0,253 s= 0,427
	Peso de 1000 grãos		R= -0,118 s= 0,714	R= 0,093 s= 0,775	R= -0,770 s= 0,003
	Nº de grãos /m <sup>2</sup>			R= 0,964 s= 0,0000004	R= 0,468 s= 0,125
	Nº grãos / capitulo				R= 0,226 s= 0,479

(R – coeficiente de correlação, s – significância)

### 2.3.2. DISCUSSÃO

Na cultura do girassol o efeito do sistema de mobilização nem sempre foi evidente o que leva a supor que terão existido outros factores determinantes na produção final. A cultura do girassol parece possuir alguma plasticidade das componentes da produção. A redução do número de grãos.m<sup>-2</sup> (frequente na Sementeira Directa) tende a ser compensada pelo aumento do peso de 1000 grãos.

As diferenças de produção de grão, observadas entre anos, são um reflexo das diferentes precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura.

CARVALHO e BASCH (1994) dão nota da variabilidade da produção de grão encontrada entre sistemas de mobilização e entre anos, referindo ainda que o atraso da data de sementeira para depois de Fevereiro, compromete seriamente a produção final. No entanto, é difícil semeá-lo antes, devido à forte probabilidade do solo se encontrar demasiado plástico.

Ao contrário do que sucedeu nos cereais de Inverno, não se verificou a tendência de melhoria relativa da Sementeira Directa, indicando os resultados obtidos na cultura do girassol que este sistema parece estar, no nosso clima mediterrânico, menos vocacionado para culturas de Primavera em sequeiro.

Os dados parecem também indicar que no ano mais seco, ao contrário do que se verificou nos cereais de Outono/Inverno, a Sementeira Directa na cultura do girassol foi o tratamento mais penalizado. Uma explicação possível para este facto é a resistência do solo à penetração, que já tendo sido maior na Sementeira Directa, aumenta com a diminuição do teor de água no solo. Se tivermos em consideração que o diâmetro da raiz do girassol é claramente superior ao diâmetro das raízes dos cereais que o precederam na rotação, então é forçoso admitir que a cultura do girassol em Sementeira Directa terá de alargar os canais deixados pelos precedentes culturais, afim de possibilitar o crescimento das suas próprias raízes. A maior resistência à penetração no ano mais seco poderá ter dificultado essa tarefa.

## 2.4. FORRAGEM DE AVEIA (*Avena sativa* L.) E ERVILHACAS (*Vicia sativa* L. E *Vicia vilosa* L.)

### 2.4.1. O EFEITO DO SISTEMA DE MOBILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA (*Avena sativa* L.) E ERVILHACAS (*Vicia sativa* L. E *Vicia vilosa* L.)

A produção de forragem (aveia e vicia) na herdade da Abóboda apenas foi influenciada significativamente pela mobilização do solo em 1998/99 (quadro IV.2.26). Neste ano, os talhões de Sementeira Directa produziram em média 306 g.m<sup>-2</sup>, o que constituiu o valor mais elevado dos três anos de ensaios.

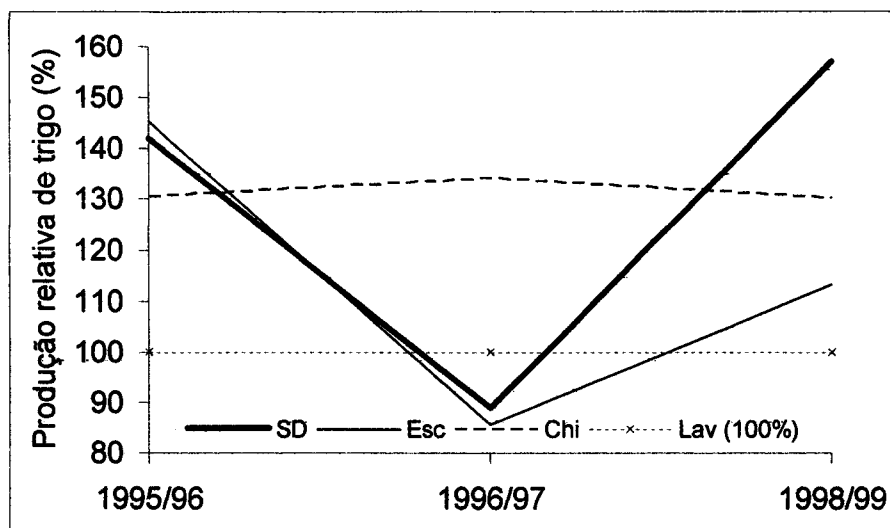
**Quadro IV.2.26 Efeito do sistema de mobilização na produção de matéria seca (g.m<sup>-2</sup>) da cultura da forragem na herdade da Abóboda nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99**

	Produção de matéria seca (g.m <sup>-2</sup> )		
	1995/96	1996/97	1998/99
Sem. Directa	270,0	136,0	306,0 a
Escarificador	276,0	131,0	221,0 b
Chisel	248,0	205,0	254,0 b
Lavoura	190,0	153,0	195,0 b
Média	246,0	156,3	244,0
Significância	0,106	0,173	0,003
Coef. de variação	20,0%	29,5%	19,7%
LSD erro ≤ 0,05			46,65

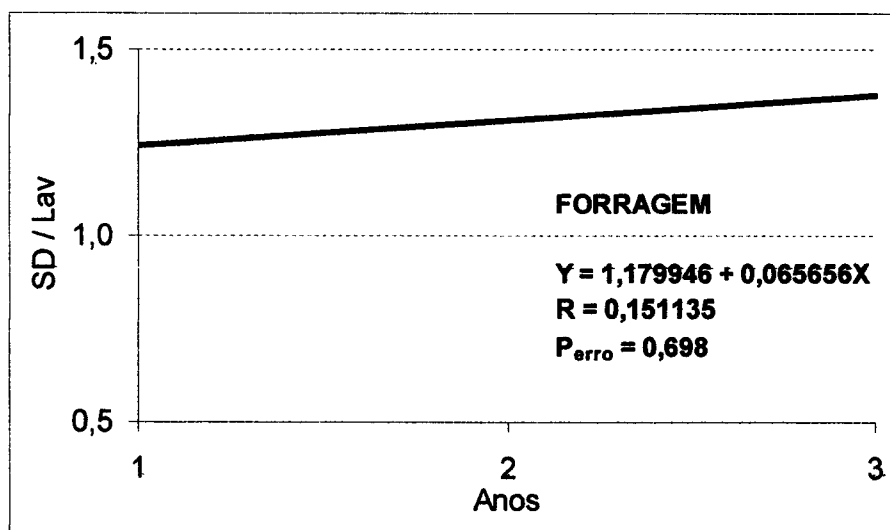
O gráfico da figura IV.2.7 mostra que, com excepção do ano 1996/97, a produção de forragem na Lavoura foi sempre inferior aos valores obtidos nos outros sistemas de mobilização do solo, tendo a Sementeira Directa e Escarificador apresentado um padrão de variação muito semelhante.

A figura IV.2.8 mostra o gráfico da regressão da produção relativa da Sementeira Directa/Lavoura em função dos anos.





**Figura IV.2.7** Produções relativas (%) de forragem nos anos de 1995/96, 1996/97 e 1998/99, obtidas em quatro sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na herdade da Abóboda



**Figura IV.2.8** Produção relativa (Sementeira Directa/Lavoura) de matéria seca de forragem (SD – Sementeira Directa e Lav – Lavoura), na herdade da Abóboda

## 2.4.2. DISCUSSÃO

Contrariamente à produção de cereais na herdade da Abóboda, a produção de forragem em 1998/99 parece não ter sofrido com a menor quantidade de precipitação

ocorrida, sugerindo uma sensibilidade climática da forragem, diferente da verificada para os cereais.

A produção de forragem apenas foi afectada significativamente pela mobilização do solo no último ano, quando a precipitação ocorrida foi menor (289 mm). Neste ano a Sementeira Directa obteve a produção mais elevada, sugerindo que em anos secos este sistema de mobilização consegue, relativamente aos outros sistemas, um melhor desempenho.

### **3. AVALIAÇÃO ECONÓMICA**

#### **3.1. TEMPO DE TRABALHO E O PARQUE DE MÁQUINAS**

##### **3.1.1. TEMPO DE TRABALHO**

Os sistemas de mobilização do solo estudados caracterizam-se pelo facto de utilizarem, na preparação da cama da semente e na sementeira, alfaias diferentes. Deste facto resulta que as suas várias operações culturais possuam tempos de tarefa diferentes (tempo necessário e tempo disponível), consequência da natureza diferente de cada uma das alfaias utilizadas. A largura e a velocidade de trabalho são um dos factores mais importantes na determinação do tempo necessário à realização de cada uma das tarefas. Para além deste dois factores, também a capacidade das tremonhas e/ou dos depósitos associada à quantidade de semente, adubo ou de produto a distribuir, influenciam o cálculo dos tempos finais.

A estimativa do tempo necessário à realização das diferentes operações culturais resultou da agregação dos respectivos tempos elementares. Estes tempos calculados estão expressos no quadro IV.3.1.

O tempo efectivo, função exclusiva da largura e da velocidade de trabalho, é responsável por mais de 50% da definição dos tempos de tarefa, sendo que nas operações culturais em que as alfaias utilizadas interactuam com o solo (lavoura, gradagens e escarificações), o impacto do tempo efectivo é superior a 70%.

A área que uma alfaia consegue trabalhar anualmente é função do tempo necessário à realização da tarefa por ela desempenhada (tempo de tarefa) e do tempo disponível para que essa operação cultural possa ser realizada. Este tempo disponível constitui uma janela temporal definida, não só em função da época agronomicamente desejável, mas também consequência das condições edáfo-climáticas necessárias ao bom desempenho da tarefa cultural, pelo que dependerá também do tipo de alfaia e dos objectivos da sua utilização.

**Quadro IV.3.1 Tempos elementares, de tracção e de tarefa para a realização das diferentes operações culturais, calculados para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav)**

Tarefa	Tempos elementares (h.ha <sup>-1</sup> )						Tempo de tracção (h.ha <sup>-1</sup> )	Tempo de tarefa (h.ha <sup>-1</sup> )	
	efectivo	adicional de viragem	adicional de carga e/ou reabastecimento	adicional de acesso à parcela dentro da folha	adicional de transporte entre a folha e o assento	adicional de deslocação para o local de trabalho			adicional de preparação
lavoura	2,020	0,421				0,069	0,241	2,510	2,751
chisel	0,868	0,174				0,029	0,103	1,071	1,174
gradagem	0,680	0,102				0,022	0,077	0,804	0,881
escarificação	0,376	0,088				0,013	0,046	0,477	0,523
vibrocultor	0,348	0,081				0,012	0,042	0,441	0,483
monda de pré-sementeira	0,104	0,028	0,025			0,004	0,017	0,161	0,178
carregamento e transporte para a folha do adubo e semente			0,112		0,021		0,004	0,133	0,137
sementeira e adubação de fundo (semeador convencional)	0,476	0,111	0,138			0,021	0,077	0,746	0,823
sementeira e adubação de fundo (semeador SD)	0,476	0,111	0,124			0,020	0,076	0,731	0,807
monda de pós-emergência	0,119	0,028	0,063			0,006	0,022	0,216	0,238
carregamento e transporte para a folha do adubo (1ª cob.)			0,034		0,003		0,001	0,370	0,038
1ª adubação de cobertura	0,075	0,009	0,038			0,003	0,012	0,125	0,137
carregamento e transporte para a folha do adubo (2ª cob.)			0,051		0,004		0,002	0,055	0,057
2ª adubação de cobertura	0,075	0,009	0,057			0,004	0,014	0,145	0,159
ceifa (SD)	0,694	0,116	0,074			0,026	0,115	0,910	1,025
ceifa (Esc)	0,694	0,116	0,075			0,026	0,115	0,911	1,026
ceifa (Chi)	0,694	0,116	0,071			0,026	0,115	0,907	1,022
ceifa (Lav)	0,694	0,116	0,076			0,026	0,116	0,912	1,028
transporte do grão (SD)			0,085	0,027	0,068		0,006	0,180	0,186
transporte do grão (Esc)			0,086	0,028	0,069		0,006	0,183	0,189
transporte do grão (Chi)			0,081	0,026	0,065		0,006	0,172	0,178
transporte do grão (Lav)			0,087	0,028	0,069		0,006	0,184	0,190
enfardação	0,556	0,116				0,019	0,071	0,691	0,762

**Quadro IV.3.2 Tempo necessário, tempo disponível e área trabalhada anualmente, calculados para as diferentes operações culturais até à sementeira nos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav)**

Tarefa	Tempo necessário (h.ha <sup>-1</sup> )	Tempo disponível (h.ano <sup>-1</sup> ) (a)	Área trabalhada (ha.ano <sup>-1</sup> )
lavoura (Lav)	2,75	250	90
chisel (Chi)	1,17	125	106
gradagem (2,67 passagens) (Lav)	2,35	250	106
gradagem (2 passagens) (Chi)	1,76	250	142
escarificação (Esc)	0,52	125	240
vibrocultor (Esc)	0,97	125	130
sementeira convencional (Lav, Chi e Esc)	0,82	125	152
monda pré-sementeira (SD)	0,18	125	694
sementeira (SD)	0,81	250	309

(a) Os valores de tempo disponível basearam-se nos limites para a utilização anual de máquinas agrícolas adoptados por HENRIQUES e CARNEIRO (2002)

O cálculo da área que as diferentes alfaias utilizadas, nos quatro sistemas de mobilização estudados, conseguem trabalhar anualmente encontra-se apresentado no quadro IV.3.2. Os valores das áreas trabalhadas possuem, em geral, a mesma ordem de grandeza encontrada por SÁNCHEZ-GIRÓN *et al.* (2004), onde a área que um agricultor consegue anualmente trabalhar com o recurso à mobilização convencional é 4 ou 1,5 vezes inferior àquela realizada com sementeira directa ou mobilização reduzida, respectivamente.

O tempo disponível adoptado para a sementeira directa (250 horas), relativamente ao tempo considerado para a sementeira convencional (125 horas) (quadro IV.3.2), é justificado não só pelo facto daquela operação cultural estar apenas condicionada pela realização prévia de uma monda de pré-sementeira, mas também pelo facto de na sementeira directa as condições de traficabilidade, que o solo normalmente apresenta, permitirem a realização da sementeira num maior número de dias. A sementeira directa admite, ainda, um nível de plasticidade do solo semelhante ao da lavoura e que é de todo interdito a um semeador convencional.

O tempo disponível considerado, em HENRIQUES e CARNEIRO (2002), para a grade-de-discos (250 horas) parece-nos um valor demasiado elevado, sobretudo quando consideramos a utilização desta alfaia na preparação da cama da semente. A preparação da cama da semente obriga a que a humidade presente no solo não seja impeditiva da formação de pequenos agregados, ou seja, que esteja no designado período de sazão, o que pode ficar comprometido quando a precipitação diária admitida for a mesma que se aceita para uma lavoura ou uma sementeira com semeador de sementeira directa. Deste modo, os custos de tracção dos sistemas de mobilização do solo, onde a preparação da cama da semente assenta na grade-de-discos (Chisel e Lavoura) podem sofrer de alguma subestimação. Quando consideramos os três anos de ensaios em que se instalaram os cereais de Inverno, verificamos que no período de meados de Outubro a meados de Dezembro a maior diferença entre o número de dias com precipitações superiores a 5 mm e 10 mm (quadro IV.3.3) foi de apenas 8 dias em 1995 na herdade da Revilheira. No entanto, esta amostra não espelha, nesta matéria, a realidade conhecida.

Quando agregamos, em cada sistema de mobilização do solo, os tempos necessários para realização das diferentes tarefas com vista à sementeira de 1 hectare, observamos que o tempo agregado decresce com a redução da intensidade do sistema, sendo que a sementeira de 1 hectare com Sementeira Directa necessita apenas de 17% do tempo exigido no sistema Lavoura, ou ainda 63% e 39% quando o sistema utilizado foi o Chisel ou o Escarificador, respectivamente (quadro IV.3.4).

**Quadro IV.3.3 Número de dias com precipitação superior a 5 mm e 10 mm, nas herdades da Abóboda e da Revilheira, no período de 15 de Outubro a 15 de Dezembro nos anos de 1995, 1996 e 1998**

	Número de dias com precipitação (15 de Outubro a 15 Dezembro)					
	1995		1996		1998	
	≥ 10 mm	≥ 5 mm	≥ 10 mm	≥ 5 mm	≥ 10 mm	≥ 5 mm
Herd. Abóboda	9	12	5	6	0	1
Herd. Revilheira	6	14	6	10	1	1

**Quadro IV.3.4 Tempo de trabalho (h) necessário para semear 1 hectare em cada um dos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav)**

Tarefa	Sistema de mobilização do solo			
	Lav	Chi	Esc	SD
preparação da cama-da-semente	5,10	2,93	1,49	0,18
sementeira	0,82	0,82	0,82	0,81
cama-da-semente e sementeira	5,92	3,75	2,31	0,99

### 3.1.2. PARQUE DE MÁQUINAS

Do ponto de vista económico a necessidade de existência de um parque de máquinas próprio encontra justificação quando o custo dos serviços alugados, para a execução das diferentes tarefas culturais, excede o custo que a empresa terá de suportar, pelo facto de passar a realizar as mesmas tarefas com meios próprios. O valor do custo próprio constitui a soma das suas várias componentes (mão-de-obra, combustíveis e lubrificantes, reparação e manutenção, amortização, custo atribuído aos capitais de exploração circulante e fixo inanimado).

Neste trabalho, o critério de decisão de alugar ou adquirir máquinas próprias assentou no pressuposto de que o agricultor só adquire as máquinas e os equipamentos necessários, para as operações culturais que sucedem a sementeira (mondas, adubações de cobertura, ceifa e enfardamento), se já possuir o parque de máquinas necessário para realizar as tarefas de preparação da cama da semente e sementeira. Assim, a decisão de adquirir a maquinaria para as tarefas posteriores à sementeira está dependente da decisão prévia de aquisição das máquinas e alfaias para a preparação

da cama da semente e sementeira, o que por sua vez depende da verificação da condição do seu custo de aluguer ser superior ao custo económico a suportar pela empresa.

O quadro IV.3.5 apresenta para os vários sistemas de mobilização do solo estudados, o custo de contratar no exterior os serviços que permitem a realização das diferentes operações culturais de preparação da cama da semente e sementeira. No mesmo quadro, encontram-se as áreas semeadas a partir das quais se justifica economicamente a aquisição de um parque de máquinas próprio.

**Quadro IV.3.5** Área semeada a partir da qual o custo de aluguer da tracção necessária para a preparação da cama da semente e da sementeira passa a justificar a existência de parque de máquinas próprio, calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav)

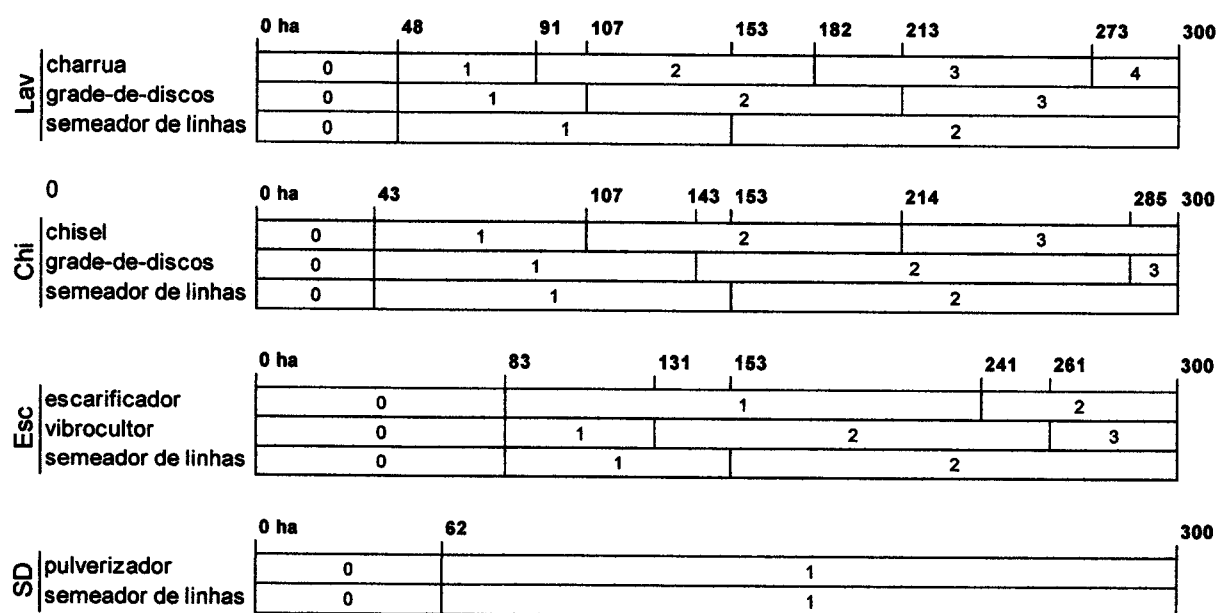
	Sistema de mobilização do solo			
	Lav	Chi	Esc	SD
Custo de aluguer da tracção para preparação da cama da semente e sementeira (€.ha <sup>-1</sup> )	180,1	150,1	80	75
Área Semeada (ha)	48	43	83	62

A redução da intensidade do sistema parece favorecer a contratação de serviços de aluguer, para superfícies semeadas onde os sistemas mais intensivos já justificam um parque de máquinas próprio. O facto de no sistema de mobilização Escarificador, apenas a partir dos 83 ha de área semeada se tornar vantajoso a existência de maquinaria própria e de na Sementeira Directa a partir dos 62 ha já não ser compensador o aluguer, poderá encontrar explicação na circunstância do preço de mercado de aluguer dos semeadores ser bastante desigual (semeador convencional – 30 €.ha<sup>-1</sup>; semeador de sementeira directa – 60 €.ha<sup>-1</sup>).

Para uma dada área semeada, o número de alfaias necessárias à execução de uma qualquer operação cultural resulta do quociente entre o tempo necessário e o tempo disponível. Assim, os sistemas de mobilização do solo com operações culturais de preparação da cama da semente mais demoradas (Lavoura e Chisel), necessitam de um maior número de alfaias e, por consequência, um maior número de tractores do que sistemas de mobilização que utilizam uma mobilização do solo mais reduzida (Escarificador e Sementeira Directa).

A leitura da figura IV.3.1 permite constatar que apenas com um semeador de sementeira directa é possível semear anualmente uma área de 300 ha. Este dado e a informação de que para instalarmos 1 hectare em Sementeira Directa necessitamos de

0,99 horas (quadro IV.3.4), conduzem-nos à conclusão de que o conjunto constituído por um tractor de 80 cv, um pulverizador de 800 litros com uma barra de 12 m e um semeador de sementeira directa com 3 m de largura de trabalho, permite a sementeira de uma área de 300 ha, sendo necessário um tempo de trabalho total de cerca de 297 horas, o que corresponde a cerca de 37 dias de trabalho e por isso enquadráveis, sem muito esforço, na época própria para a sementeira do trigo.

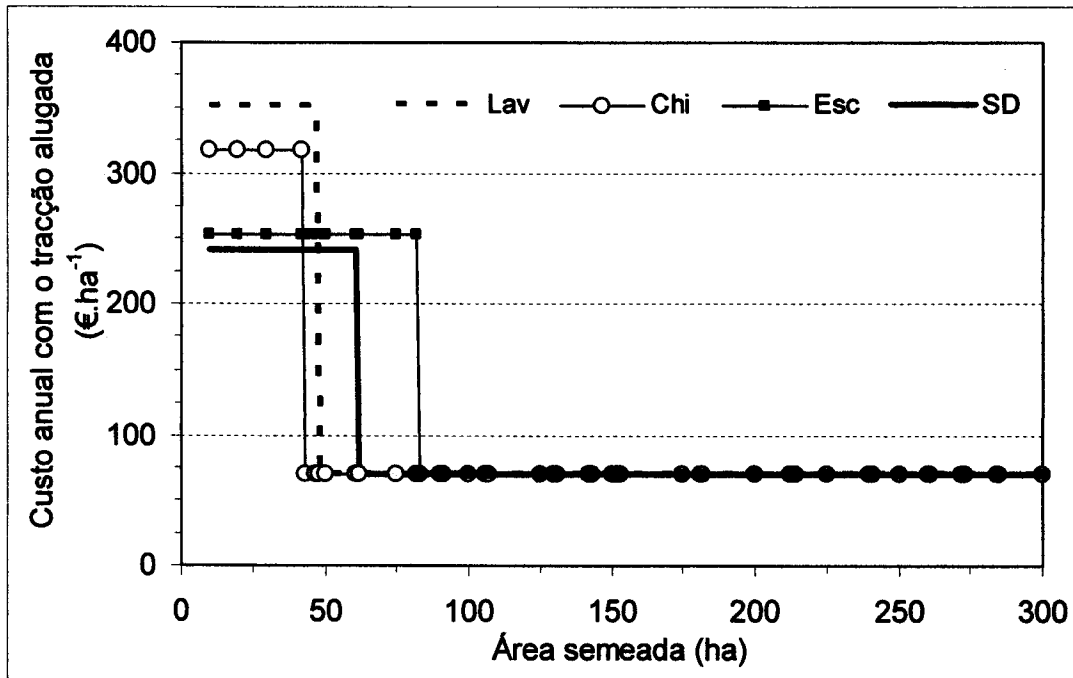


**Figura IV.3.1 Número de alfaias próprias necessárias para a realização das operações culturais de preparação da cama da semente e de sementeira, para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada**

O sistema de mobilização do solo Lavoura, sendo dos sistemas estudados o mais intensivo, obriga a um parque de máquinas significativamente maior para instalarmos os mesmos 300 ha (figura IV.3.1). Neste sistema, semear 300 ha significa a necessidade de um parque de máquinas bastante pesado (4 charruas, 3 grades-de-discos e dois semeadores convencionais), sendo necessário um tempo de trabalho total de 1776 horas (cerca de 222 dias). Este elevado número de dias de trabalho implica, do ponto de vista prático, a necessidade de o calendário de operações ter que ter, num dado período, simultaneidade de tarefas culturais.

A partir das áreas em que, para cada sistema de mobilização do solo, passa a existir um parque de máquinas próprio (quadro IV.3.5), o custo com os serviços de aluguer ficam reduzidos a 70 €.ha<sup>-1</sup>, correspondendo ao aluguer da ceifeira-debulhadora. Este custo é comum aos vários sistemas de mobilização estudados, não influenciando por isso a sua comparação (figura IV.3.2).

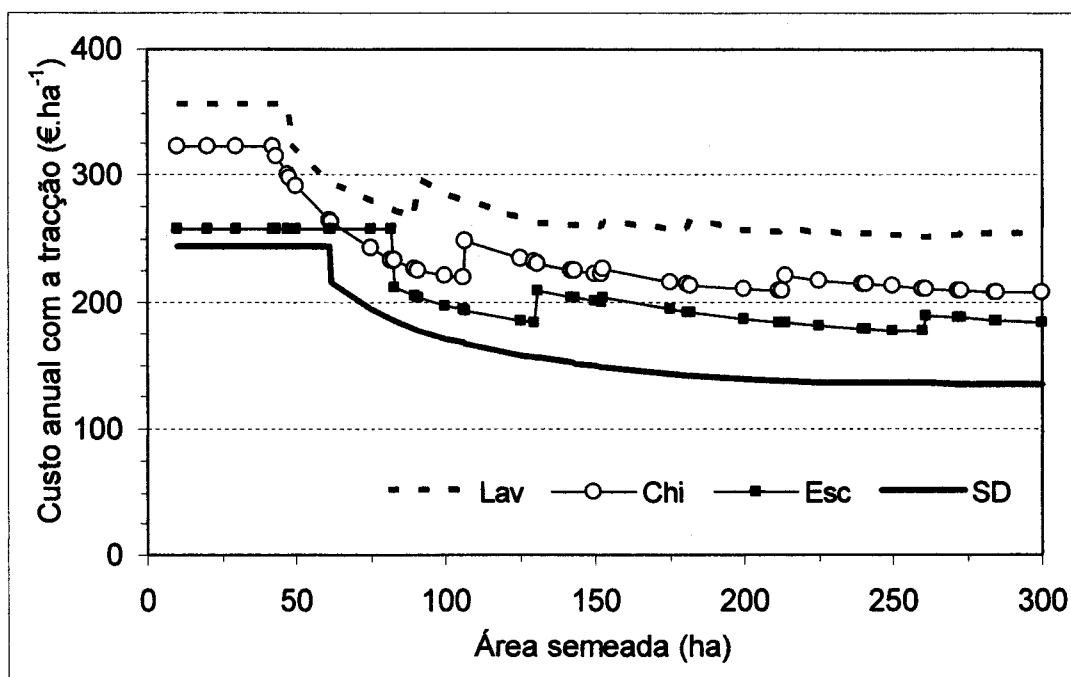




**Figura IV.3.2** Custo anual com o aluguer de tracção (operador, tractor e alfaia) (€/ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

O facto do serviço, contratado no exterior, para realizar as várias operações culturais, ser cobrado ao hectare, torna-o independente da área semeada, variando apenas em função do sistema de mobilização considerado. Na medida em que se considerou que os quatro sistemas de mobilização não possuíam necessidades diferentes de maquinaria após a sementeira, a justificação das diferenças verificadas dos montantes de aluguer terá necessariamente de ser atribuída às diferentes exigências de cada sistema até à realização da sementeira. Os valores destas diferenças são, por isso, aqueles que resultam das diferenças entre os diferentes custos de aluguer já apresentados no quadro IV.3.5.

Quando analisamos o custo anual com da tracção (alugada e/ou própria) em função da área semeada (figura IV.3.3) verificamos que, de um modo geral, o custo para cada valor de área semeada é tanto menor quanto menos intensivo for o sistema de mobilização do solo. Constituem excepção a esta leitura os custos no Escarificador e no Chisel entre as áreas de 66 a 82 ha, onde os custos no Chisel são inferiores aos verificados para o sistema Escarificador.



**Figura IV.3.3** Custo anual com a tracção ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

A redução abrupta do custo de tracção, no momento da aquisição do parque de máquinas, relativamente ao custo de aluguer existente para a área semeada imediatamente inferior, é consequência do pressuposto de análise referido anteriormente, isto é, a aquisição dos equipamentos necessários às tarefas culturais que se seguem à sementeira (mondas, aplicação de fertilizantes, enfardamento da palha, etc.) só ter lugar quando o custo económico de efectuar, com máquinas próprias, as tarefas culturais até à sementeira é inferior ao custo de aluguer. Esta condição ignora o facto de que para áreas inferiores, o custo de aluguer de alguns equipamentos utilizados após a sementeira, poder ser já superior àquele que a empresa teria que suportar. Assim, é de esperar que este fenómeno seja tanto mais evidente quanto maior for a área semeada em que se troca um parque de máquinas alugado por um próprio.

Em qualquer dos sistemas estudados, os custos com a tracção em função da área semeada são tendencialmente decrescentes, o que encontra explicação no facto do parque de máquinas ir sendo utilizado em superfícies cada vez maiores e, por consequência, implica que os custos fixos suportados sejam pagos por uma superfície maior e, deste modo, a fracção do custo afecto a um hectare ser cada vez menor.

Contrariando esta tendência, regista-se uma subida do custo por unidade de superfície quando em cada sistema se verifica a aquisição de equipamentos adicionais.

Este fenómeno é mais evidente na Lavoura (aquisições mais frequentes) e menos claro no Escarificador, sendo inexistente no caso da Sementeira Directa, uma vez que neste sistema o parque de máquinas considerado se mantém constante até aos 300 ha.

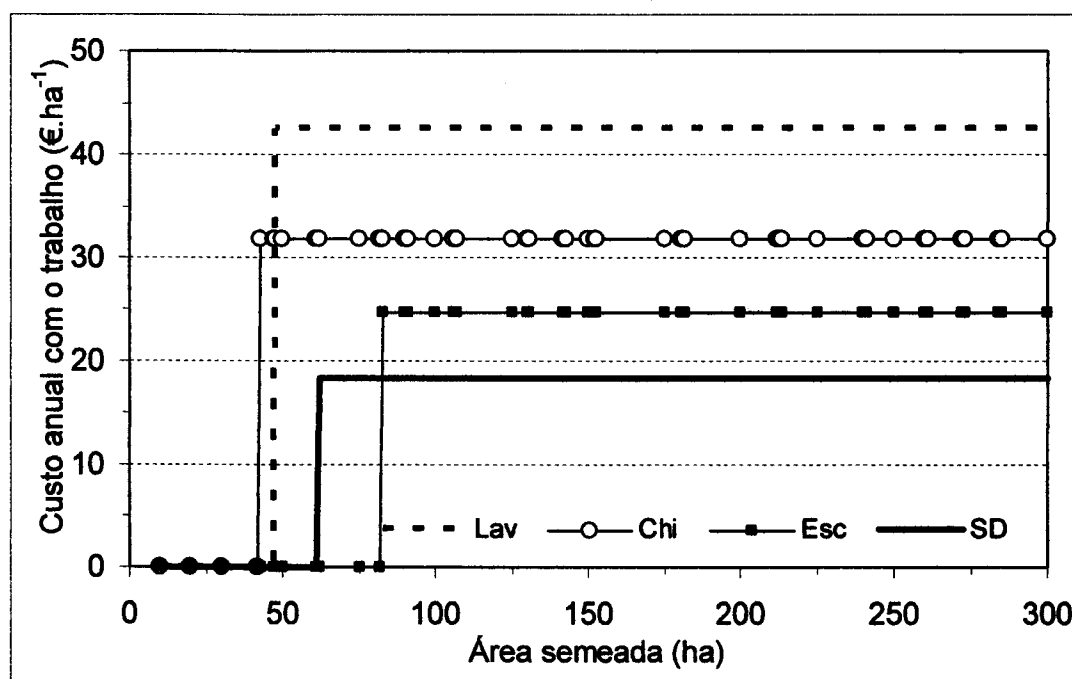
## 3.2. OS CUSTOS

### 3.2.1. ESTRUTURA DE CUSTOS

A análise do custo com a mão-de-obra é de abordagem complexa. Tratando-se de mão-de-obra permanente, o custo a imputar a uma actividade pode ser considerado dependente de um contexto mais vasto e que está relacionado com a utilização dessa mão-de-obra em outras actividades realizadas no âmbito da empresa. Esta abordagem obriga a uma análise prévia da repartição anual do trabalho nas diferentes actividades em que a mão-de-obra participa. Neste trabalho, não se pretende que a análise económica fique confinada a um ou mais estereótipos de empresas agrícolas, mas antes que constitua uma abordagem teórica na qual se possam estabelecer comparações entre os quatro sistemas de mobilização do solo estudados, independentemente do contexto de uma empresa agrícola concreta. Deste modo considerámos que o custo horário da mão-de-obra depende apenas do rácio entre o custo anual com um trabalhador permanente e uma UTA (unidade trabalho ano). É evidente que os sistemas de mobilização do solo que conduzam a uma maior necessidade de mão-de-obra permanente, têm uma dificuldade acrescida na gestão eficiente deste recurso.

A figura IV.3.4 mostra, para cada sistema de mobilização, o custo anual com o trabalho em função da área semeada. Dado que o custo por hectare com o trabalho não foi condicionado pela superfície semeada (pressuposto de análise), os valores calculados para as diferentes áreas são consequência exclusiva da existência de um parque de máquinas próprio e das diferentes necessidades de mão-de-obra das diversas operações culturais.

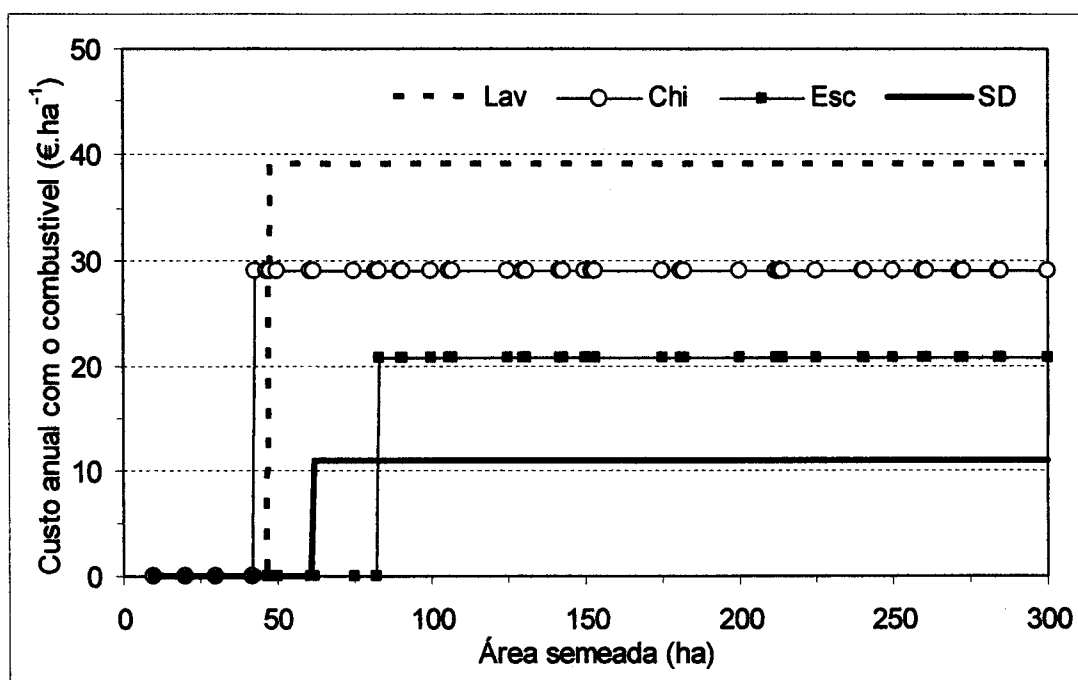
Na medida em que nesta análise os quatro sistemas de mobilização do solo diferem apenas nas operações culturais até à sementeira, as diferenças encontradas entre eles, a partir dos 83 ha, reflectem as diferentes quantidades de mão-de-obra que os sistemas estudados necessitam para a preparação da cama da semente. O sistema de mobilização Lavoura, sendo aquele que necessita de mais mão-de-obra é, por isso, aquele que possui o custo mais elevado com o trabalho (42,5 €.ha<sup>-1</sup>). Pelo contrário, o sistema Sementeira Directa é aquele que apresenta o menor custo (18,4 €.ha<sup>-1</sup>), uma vez que é de todos os sistemas de mobilização do solo estudados, o que requer menos mão-de-obra.



**Figura IV.3.4** Custo anual com o trabalho ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

A análise da figura IV.3.4 permite, ainda, verificar que o custo com a mão-de-obra própria do sistema Sementeira Directa é apenas de cerca de 42% dos custos verificados no sistema Lavoura, ou de 58% e de 74% quando a comparação é feita para os sistemas Chisel e Escarificador, respectivamente. Como o custo com o trabalho resultou do produto da quantidade de horas necessárias a uma tarefa cultural e o custo horário da mão-de-obra própria envolvida nessa tarefa, estas diferenças relativas reflectem, na exacta medida, as diferenças verificadas entre os quatro sistemas de mobilização no que respeita às necessidades de mão-de-obra.

Quando analisamos os custos anuais com os combustíveis (figura IV.3.5) verificamos que, tal como com o custo com o trabalho, também para os combustíveis os valores calculados decrescem com a redução da intensidade do sistema de mobilização do solo.



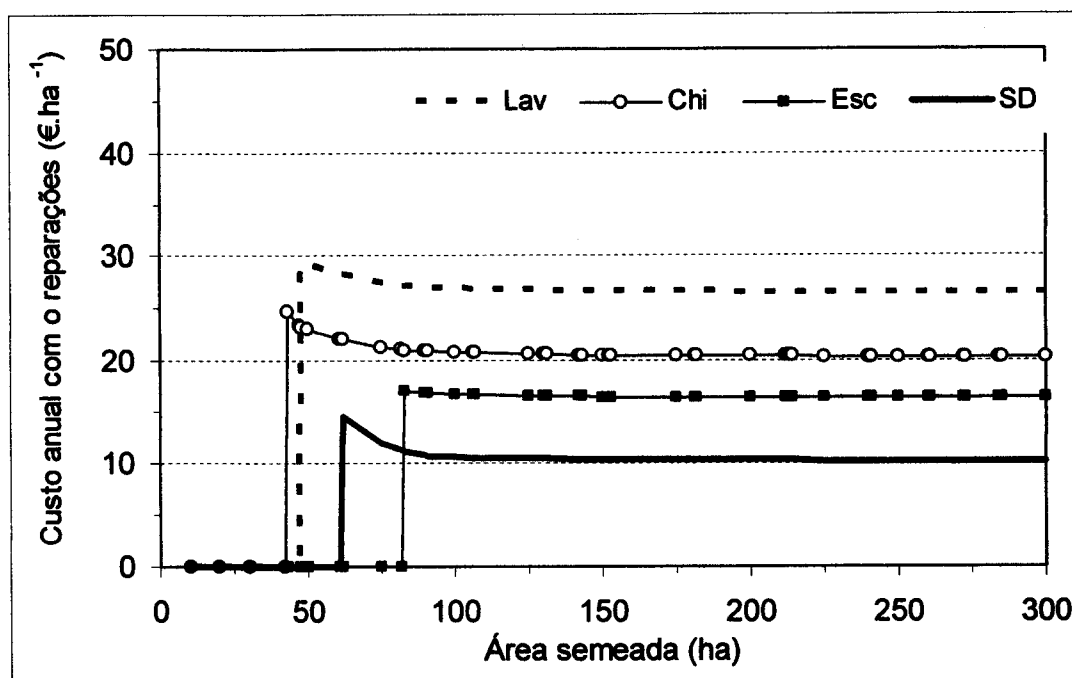
**Figura IV.3.5** Custo anual com o combustível ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

Uma vez que, segundo o pressuposto de análise, as tarefas culturais, a quantidade e o número de produtos a aplicar após a sementeira não variaram para os quatro sistemas estudados, as diferenças registadas entre eles têm que ser atribuídas às suas diferentes necessidades de tracção (horas e potências requeridas), para a realização das diferentes tarefas de preparação da cama da semente e da sementeira.

Os valores encontrados em cada sistema para o custo anual com combustíveis, indicam um decréscimo de cerca de  $10 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $18 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$  e  $28 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ , no custo anual, quando escolhemos o sistema Sementeira Directa em vez dos sistemas Escarificador, Chisel ou Lavoura, respectivamente.

Um cenário futuro de aumento do custo da energia, tenderá, assim, a amplificar as diferenças entre os sistemas de mobilização do solo na razão directa desse aumento.

A estimativa do custo anual com a reparação e manutenção do equipamento que constitui o parque de máquinas é apresentado no gráfico da figura IV.3.6.



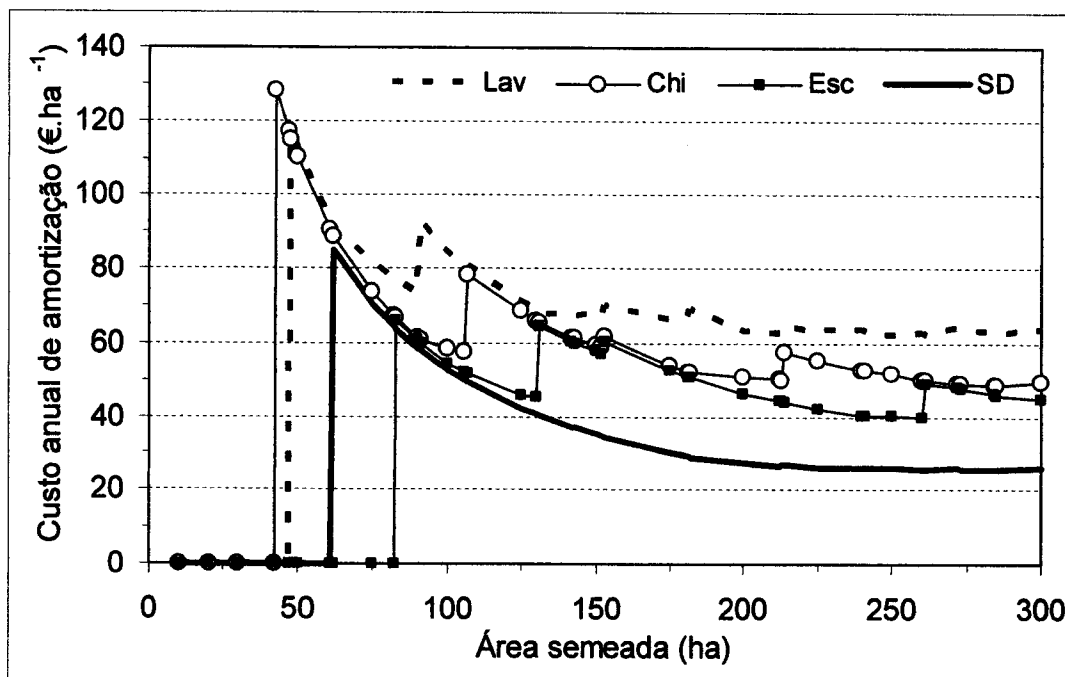
**Figura IV.3.6** Custo anual com reparações do parque de máquinas próprio (€/ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

Neste trabalho, a estimativa do custo anual com a reparação e a manutenção de um dado equipamento, variou entre 1% e 4% do seu respectivo valor de substituição, na razão directa do grau de utilização desse equipamento e desde que este grau fosse igual ou superior a 25% do valor máximo considerado. Ao contrário, para graus de utilização inferiores a 25%, a estimativa do custo foi de 1% do valor de substituição do equipamento. Assim, enquanto o grau de utilização de um equipamento é inferior a 25% do valor máximo considerado, o custo de reparação afecto a um hectare é decrescente com o aumento da área semeada. Quando o grau de utilização de um equipamento iguala ou excede 25% do valor máximo considerado e na medida em que se assumiu que o tempo necessário para a realização de uma dada tarefa cultural é distribuído igualmente pelo número de alfaías utilizadas, o valor calculado para o custo de reparação por hora desse equipamento é independente da área semeada, ficando constante e igual ao quociente de 4% do seu valor de substituição e o número máximo de horas de trabalho anual (valor máximo considerado). Deste modo, o custo anual por hectare também é constante, dado que resulta do produto do custo horário e do número de horas que o equipamento é utilizado num hectare.

A intensidade do sistema de mobilização influencia o custo de reparação, de modo idêntico ao que sucede com os custos com o trabalho e com os combustíveis. Sempre

que se comparam sistemas com parque de máquinas próprio, quanto maior é a intensidade de mobilização do sistema, maior é o custo a suportar com a reparação/manutenção.

A amortização dos equipamentos embora não sendo uma despesa de tesouraria, é uma componente importante do custo com a tracção. O custo anual de amortização calculado em função da área semeada é apresentado no gráfico da figura IV.3.7.



**Figura IV.3.7** Custo anual de amortização do parque de máquinas próprio ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

Os valores calculados mostram que este custo é claramente influenciado pela área semeada. Também aqui, a menor intensidade do sistema de mobilização contribui para a existência de um menor custo anual por hectare com a amortização do respectivo parque de máquinas (mais evidente a partir dos 130 ha de área semeada).

Na determinação deste custo, o valor de substituição do parque de máquinas tem um peso muito significativo, razão pela qual se explica que o sistema de Sementeira Directa apresente custos de amortização por hectare muito idênticos aos registados para outros sistemas de mobilização do solo (entre os 62 ha e os 130 ha). De facto, o sistema de Sementeira Directa necessita, para fazer face às tarefas de preparação da cama da semente e sementeira, de um parque de máquinas de menor dimensão (número de alfaia) que os outros sistemas estudados. No entanto, os elevados preços



de mercado dos semeadores de sementeira directa, comparativamente com os preços dos semeadores convencionais e das alfaias para preparação da cama da semente, mascaram as dimensões relativas dos diferentes parques máquinas (quadro IV.3.6).

**Quadro IV.3.6 Preço de venda das máquinas e equipamentos necessários à preparação da cama da semente e sementeira, para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi, e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole.**

Sistema	Equipamentos	Preço de venda (€)
Lav	tractor 100 cv, charrua, grade-de-discos, semeador 3 m	77 697
Chi	tractor 100 cv, chisel, grade-de-discos, semeador 3 m	75 748
Esc	tractor 100 cv, escarificador, vibrocultor, semeador 3 m	73 984
SD	tractor 80 cv, semeador 3 m	63 722

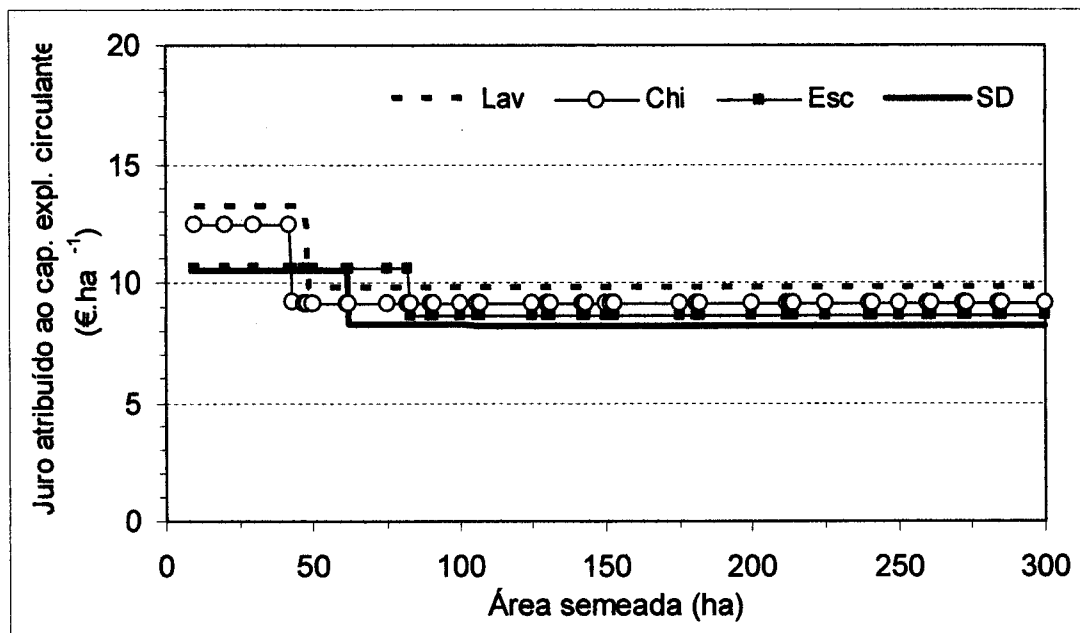
A observação do gráfico da figura IV.3.7 permite verificar a existência de aumentos pontuais do custo de amortização por hectare, mais evidentes no caso da Lavoura aos 91 ha, no caso do Chisel aos 107 ha e no caso do Escarificador aos 131 ha. Estes aumentos do custo são consequência do aumento do parque de máquinas (figura IV.3.1.), o que implica um acréscimo do valor a amortizar. Embora a aquisição de uma alfaia adicional, justificada pelo aumento de área semeada, tenha como consequência a redução do grau de utilização por alfaia, conduzindo, deste modo, a um aumento da vida útil, esta redução do número de horas de trabalho por alfaia não é suficiente para compensar o aumento do valor a amortizar. A amplitude deste efeito diminui com o aumento da área semeada, uma vez que o acréscimo do custo da amortização é diluído por uma maior superfície. Mesmo assim, a partir dos 130 ha de área semeada, a Sementeira Directa apresenta este custo estrutural, claramente abaixo dos valores suportados pelos outros sistemas (em média 45% do custo de amortização da Lavoura).

O custo atribuído ao capital de exploração circulante reflecte o custo de oportunidade dos capitais utilizados, na compra dos factores de produção, estando por isso dependente da despesa efectuada.

Ao contrário dos outros custos já analisados (trabalho, combustíveis, reparações e amortizações), as diferenças observadas para este custo atribuído não dependem exclusivamente do tipo e número de operações culturais de mobilização do solo e sementeira, mas também do tipo e da quantidade de outros factores de produção utilizados (semente, fertilizantes e herbicidas).

Com o objectivo de avaliar diferenças entre os diferentes métodos de preparação da cama da semente e de sementeira, a densidade de sementeira, as adubações de

fundo e de cobertura e as mondas de pós-emergência foram mantidas iguais, nos quatro sistemas de mobilização estudados.

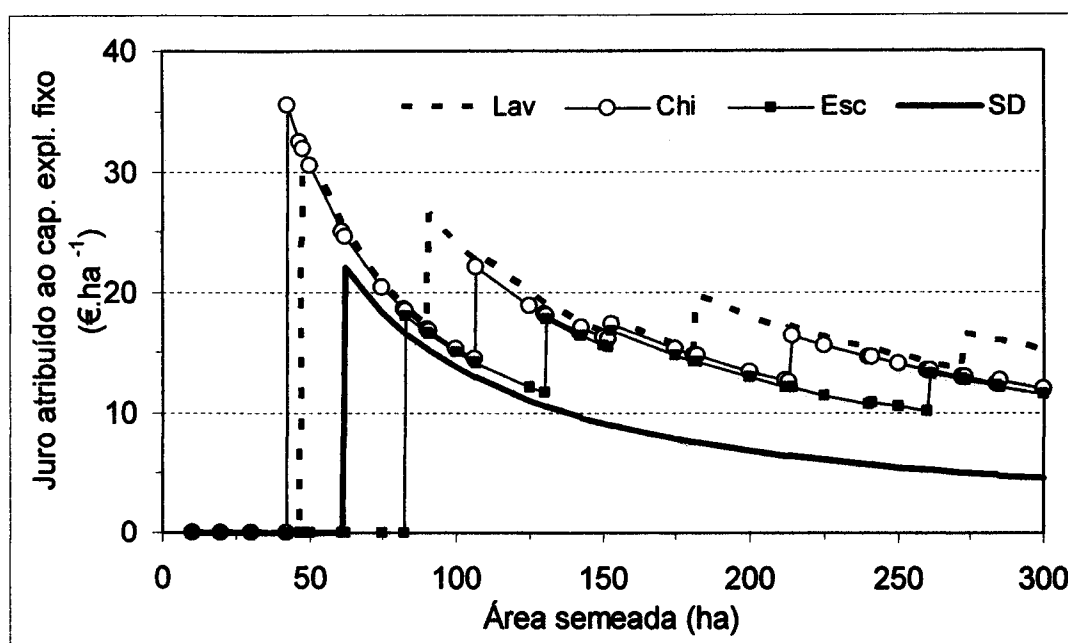


**Figura IV.3.8** Custo anual com o juro atribuído ao capital de exploração circulante (€/ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

O gráfico da figura IV.3.8. mostra que embora existam mais custos nos sistemas de mobilização mais intensivos, os valores calculados, em cada área, para os quatro sistemas são muito próximos. As pequenas diferenças registadas entre os sistemas de mobilização dever-se-ão ao facto da taxa de juro considerada, no cálculo do custo de oportunidade do capital, não ser elevada (3%) e ao pouco peso relativo das despesas com a tracção (alugada ou própria), face às despesas com os outros factores (semente, fertilizantes e herbicidas).

Ao contrário do que sucede com o custo atribuído ao capital de exploração circulante, o cálculo do valor do custo atribuído ao capital de exploração fixo inanimado depende, exclusivamente, do parque de máquinas existente em cada sistema de mobilização do solo.

A figura IV.3.9 apresenta o gráfico dos valores do custo atribuído ao capital de exploração fixo inanimado em função da área semeada.



**Figura IV.3.9** Custo anual com o juro atribuído ao capital de exploração fixo inanimado ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

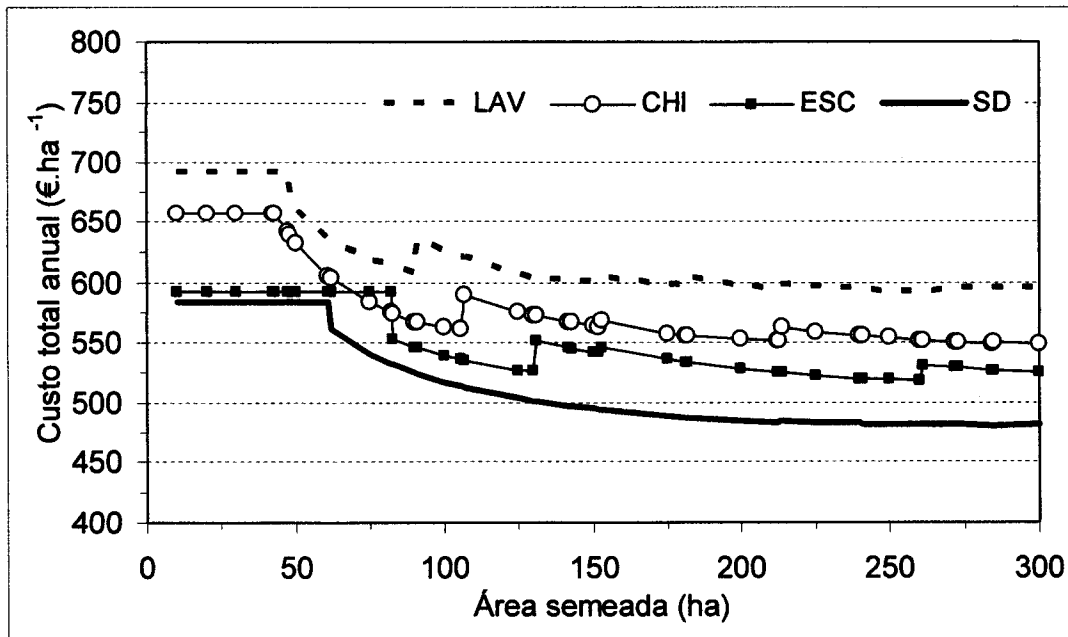
O valor do custo atribuído ao capital de exploração fixo inanimado de um sistema de mobilização do solo é o reflexo directo do valor do seu parque de máquinas, pelo que as diferenças encontradas entre os quatro sistemas de mobilização são consequência das diferenças entre os respectivos parques de máquinas. Sistemas de mobilização mais intensivos tendem a possuir, para uma dada área semeada, um custo atribuído mais elevado

Quando analisamos cada sistema individualmente, verificamos que em geral se observa uma tendência para uma redução do custo por hectare, com o aumento da área semeada e que, tal como no caso do custo anual de amortização, a aquisição de alfaia adicionais provoca um acréscimo do valor do parque de máquinas e, por consequência, um aumento do seu custo de capital.

Embora as diferenças entre os vários sistemas de mobilização sejam evidentes, o valor deste custo estrutural tem pouco peso, quando comparado com outro custo estrutural, como o custo de amortização (figura IV.3.7). De facto, este custo atribuído representa, em média, apenas cerca de um quarto do custo de amortização.

Quando agregamos os custos com os diferentes factores de produção (trabalho, combustíveis, reparação e manutenção do equipamento, semente, fertilizantes e herbicidas) com os custos de amortização do parque de máquinas e, ainda, com os

custos atribuídos ao capital de exploração (circulante e fixo inanimado), obtemos o custo total (figura IV.3.10).



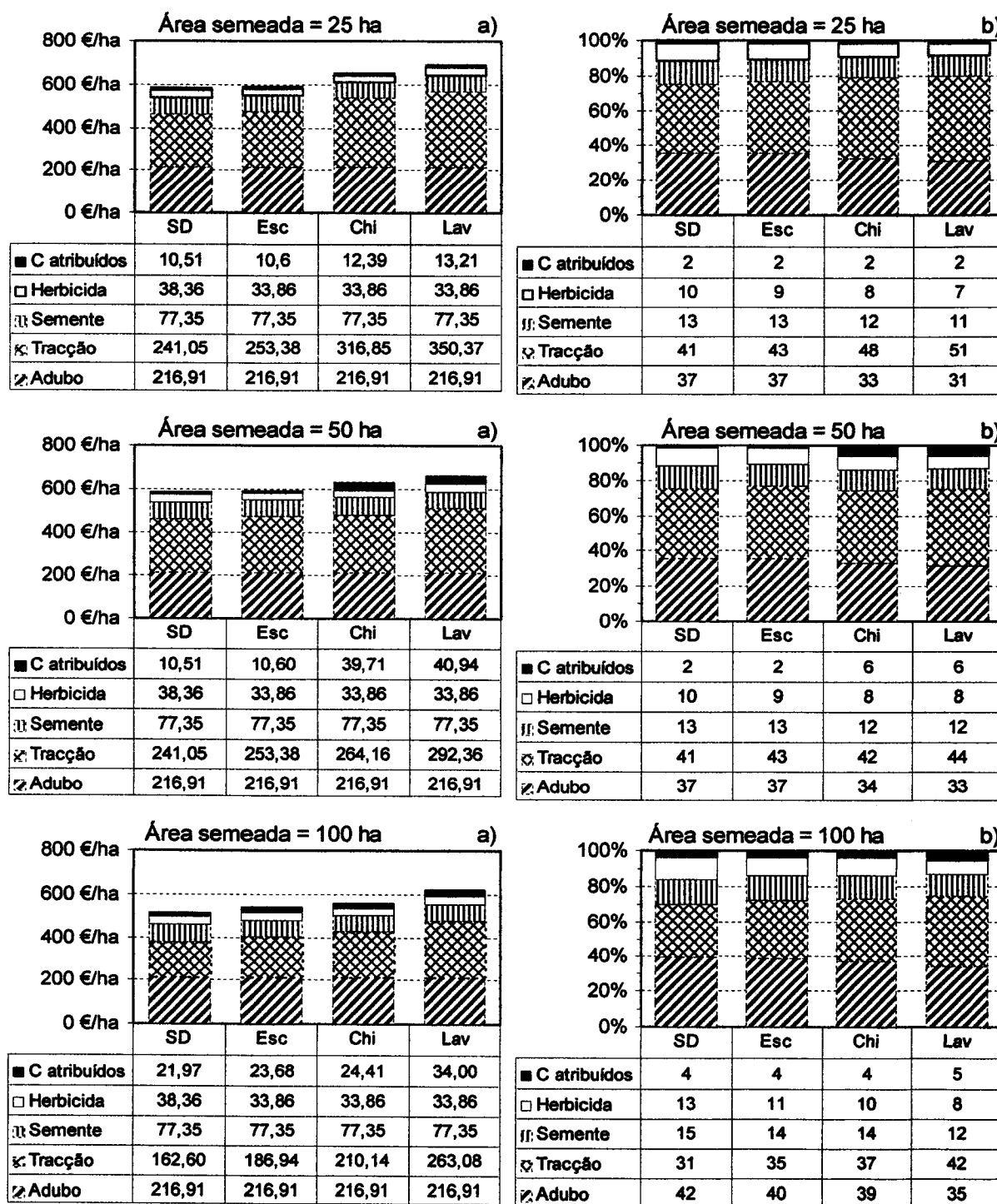
**Figura IV.3.10** Custo total anual (€/ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

Da leitura do gráfico da figura IV.3.10 fica evidente que existe a tendência geral, para uma diminuição do custo total por hectare com o aumento da área semeada e que a intensidade do sistema de mobilização afecta negativamente o custo total anual.

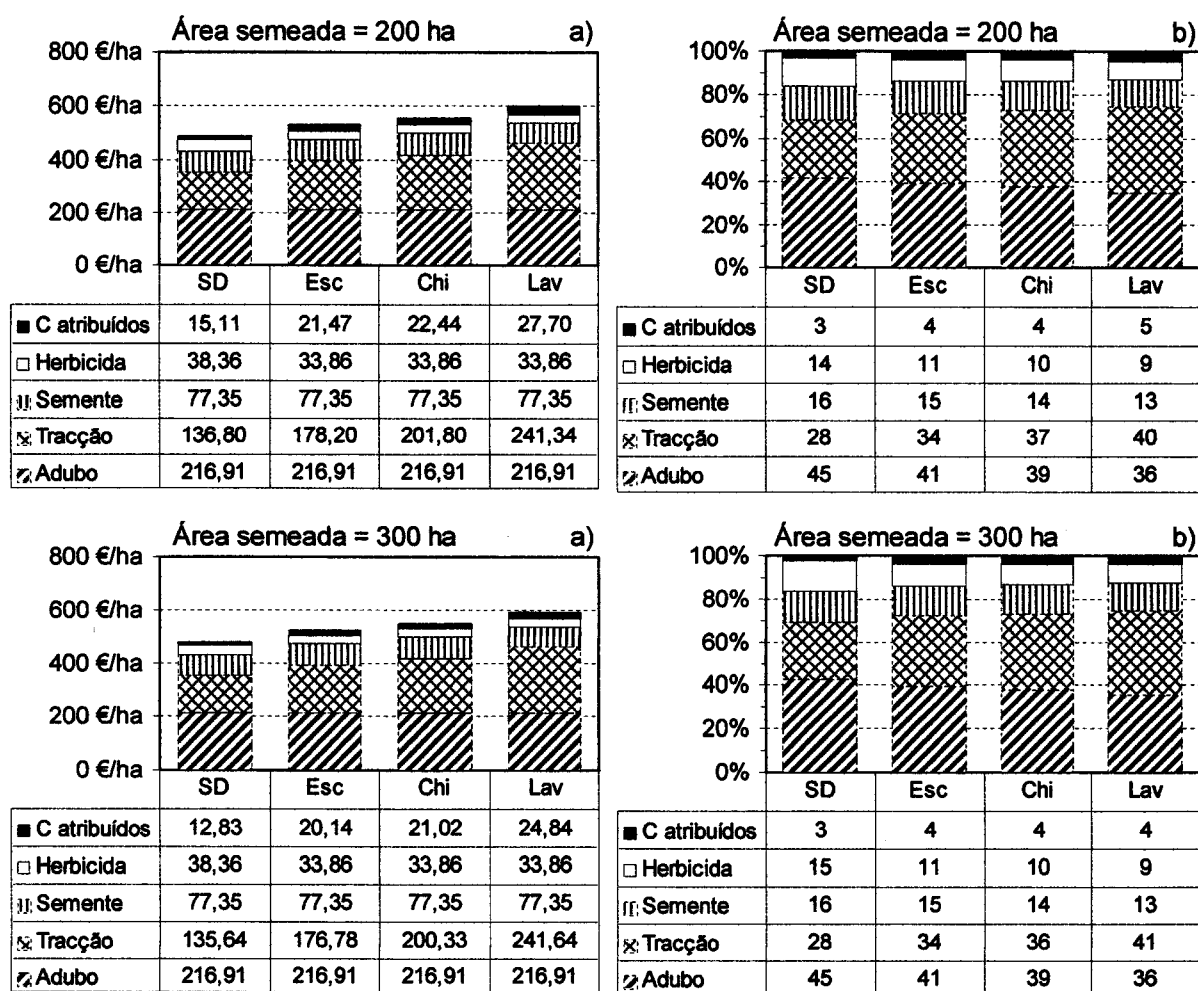
As diferenças iniciais (até cerca dos 43 ha) entre vários dos sistemas de mobilização são motivadas pelos diferentes custos com o aluguer de tracção (figura IV.3.2). Entre os 43 ha e os 83 ha, as diferenças observadas são consequência de alguns sistemas possuírem já parque de máquinas próprio, enquanto que noutros, o aluguer de tracção continuar a ser economicamente justificado (quadro IV.3.5). Esta dupla realidade é responsável pelo facto de entre os 71 ha e os 82 ha, o sistema de mobilização Chisel (mais intensivo) possuir um custo total anual inferior ao calculado para o sistema Escarificador (menos intensivo). A partir dos 83 ha de área semeada, todos os sistemas possuem parque de máquinas próprio, pelo que as variações registadas em cada sistema são reflexo da área semeada e da dimensão do parque de máquinas.

Os acréscimos dos custos estruturais (amortização e custo de oportunidade do capital de exploração fixo inanimado), provocados pela aquisição de equipamento adicional, embora perceptíveis, não têm grande expressão no contexto agregado do custo total.

Os gráficos da figura IV.3.11 mostram, para diferentes áreas semeadas (25, 50, 100, 200 e 300 ha), o peso absoluto (a) e relativo (b) dos diferentes custos por hectare (fertilizantes, tracção, semente, herbicidas e custos atribuídos), nos quatro sistemas de mobilização estudados.



**Figura IV.3.11** Estrutura do custo anual (a) valores nominais (€·ha<sup>-1</sup>) e (b) valores relativos (%), para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada (continua)



**Figura IV.3.11 (continuação) Estrutura do custo anual (a) valores nominais (€·ha<sup>-1</sup>) e (b) valores relativos (%), para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada**

Para qualquer área semeada considerada, o peso dos custos atribuídos ao capital é sempre residual, situando-se entre 2 e 4% dos custos totais da Sementeira Directa e do Escarificador ou, nos casos do Chisel e da Lavoura, entre 2 e 6%. O facto de se ter considerado que os capitais de exploração deveriam ser remunerados pelo custo de oportunidade de capitais próprios (3%), terá contribuído para o peso reduzido dos custos atribuídos. Se alterássemos este pressuposto de análise e obrigássemos os capitais a serem remunerados, numa parte substancial, com o custo de oportunidade de capitais alheios (recurso à banca), então, possivelmente, o impacto deste custos atribuídos ao capital aumentariam consideravelmente o seu peso, na estrutura de custos dos vários sistemas de mobilização do solo.

O sistema de Sementeira Directa ao consumir um herbicida de pré-sementeira (glifosato) possui, assim, um custo adicional relativamente ao custo com herbicidas dos outros 3 sistemas estudados. Este custo acrescido ( $4,5 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) embora represente um aumento de cerca de 13% dos gastos com herbicidas, não tem expressão na estrutura de custos, significando um acréscimo do peso relativo em cerca de 3% (25 ha) a 6% (300 ha).

O custo da semente ( $77,35 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) é independente do sistema de mobilização considerado, pelo que o seu peso relativo varia em cada sistema em função dos custos totais, nunca ultrapassando os 16% na Sementeira Directa, ou os 13% no caso do sistema Lavoura.

O custo com a tracção por hectare, tal como ficou evidente da leitura do gráfico da figura IV.3.3, diminui, não só com o aumento da área semeada, mas também com a redução da intensidade de mobilização do solo. Os gráficos da figura IV.3.11 mostram que este custo possui um peso relativo muito considerável para as menores áreas semeadas, sendo sempre superior a 40% dos custos totais nas áreas de 25 e 50 ha, chegando a ultrapassar os 50% no sistema Lavoura. Neste sistema de mobilização do solo, o custo com a tracção, embora diminua tendencialmente com a área semeada, representa sempre a maior fracção dos custos (51% para 25 ha e 42% para 300 ha de área semeada). Ao contrário, nos outros 3 sistemas estudados, embora o custo com a tracção constitua também o valor mais elevado para as áreas semeadas de menor dimensão, para as áreas semeadas maiores deixa de representar o maior peso nas respectivas estruturas de custos.

O sistema de Sementeira Directa é aquele que apresenta sempre o menor custo com a tracção para qualquer área semeada, estabilizando o seu peso na estrutura de custos a partir dos 100 ha, representando aproximadamente 30% dos custos totais.

O facto de nesta análise se ter considerado que o sistema de mobilização do solo não constituía uma fonte de variação do tipo ou da quantidade dos fertilizantes aplicados, tem como consequência a inexistência de diferenças nos valores do custo com este factor de produção nos vários sistemas de mobilização estudados. O custo por hectare com os fertilizantes (cerca de  $217 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) constitui uma das componentes principais (a par com o custo com a tracção) da estrutura de custos de qualquer um dos quatro sistemas de mobilização estudados. O seu peso relativo oscila, no caso do sistema Lavoura entre 31% (25 ha) e 36% (300 ha) ou de 37% (25 ha) e 45% (300 ha) no caso do sistema Sementeira Directa. O maior peso relativo neste último sistema de mobilização deve-se ao facto de se tratar do sistema com menores custos totais e, por isso, onde o custo com os fertilizantes acaba por ter maior impacto.

O elevado valor do custo com fertilizantes não pode ser atribuído a uma quantidade aplicada fora daquilo que constitui uma prática corrente (cerca de 110 kg de azoto e de 70 kg de  $P_2O_5$  por hectare), mas tão somente ao facto de se tratar de um factor de produção intrinsecamente caro, uma vez que o seu processo de fabrico é consumidor de elevadas quantidades de energia.

Fica, pois, evidente que a tracção e a adubação representam, no seu conjunto, a grande maioria dos custos (cerca de 73 a 82%), pelo que, tratando-se de dois custos altamente dependentes do preço da energia, torna o sistema Sementeira Directa menos vulnerável quando comparado com os restantes.

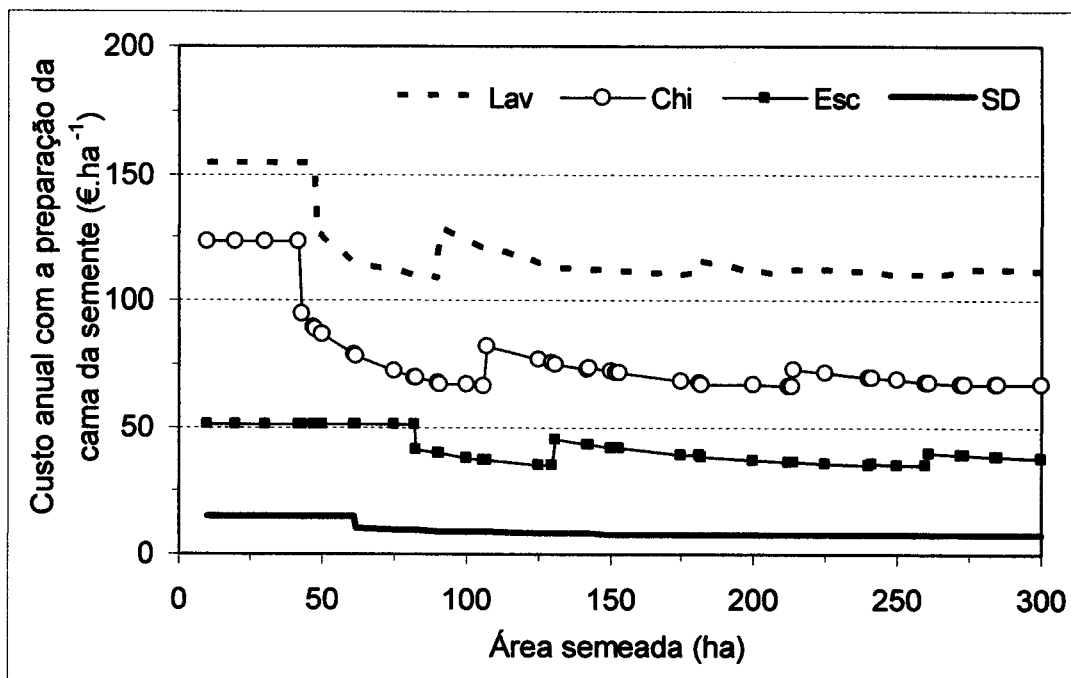
### **3.2.2. CUSTO DA PREPARAÇÃO DA CAMA DA SEMENTE E DA SEMENTEIRA**

Os sistemas estudados de mobilização do solo distinguem-se essencialmente pelas operações culturais com vista à preparação da cama da semente. As diferentes alfaias necessárias, em cada sistema, implicam necessidades diferentes de tracção e, por consequência, custos diferentes. O gráfico da figura IV.3.12 agrega, para cada sistema de mobilização do solo, os diferentes custos envolvidos nas operações de preparação da cama da semente (trabalho, combustíveis, reparação e amortização do equipamento e respectivos custos atribuídos).

A observação e análise do gráfico da figura IV.3.12 permite confirmar que a mobilização do solo com charrua e grade-de-discos (sistema Lavoura) constitui o processo mais oneroso de preparação da cama da semente, sendo o sistema de mobilização do solo com escarificador e vibrocultor o sistema com menor custo de todos os sistemas que mobilizam o solo antes da sementeira. O sistema de Sementeira Directa tem como única tarefa cultural prévia à sementeira uma monda de pré-sementeira, representando um custo de 10 a 20  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ , conforme a tarefa se realize com o recurso a equipamento próprio ou alugado, respectivamente.

Os valores encontrados para os vários sistemas de mobilização são significativamente diferentes, sendo o custo médio calculado para os quatro sistemas de cerca de 10, 42, 77 e 119  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Sementeira Directa, Escarificador, Chisel e Lavoura, respectivamente).



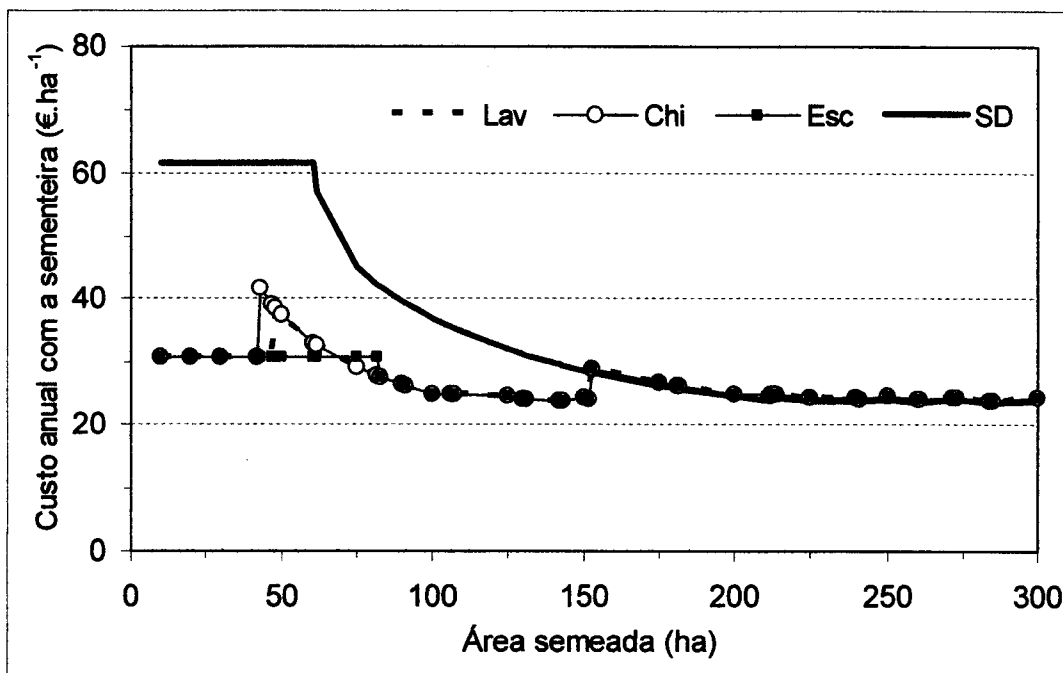


**Figura IV.3.12** Custo com as operações culturais conducentes à sementeira ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

A operação de sementeira também constitui um elemento diferenciador dos sistemas de mobilização estudados. Esta tarefa é realizada no sistema de Sementeira Directa com o recurso a um semeador capaz, através de órgãos próprios, de mobilizar o solo apenas na linha de sementeira e somente à profundidade a que a semente vai ser depositada. Esta alfaia tem necessariamente de ter um preço de aquisição mais elevado que o de um semeador convencional, uma vez que este último não possui o mesmo grau de complexidade, nem uma estrutura tão robusta.

Os diferentes custos de aquisição dos semeadores (cerca de 15 000 € e 30 000 € para o semeador convencional e de sementeira directa, respectivamente) estão, assim, na origem das diferenças encontradas no cálculo do custo da tarefa de sementeira (figura IV.3.13).

O cálculo do custo de sementeira não considerou o custo da semente nem do adubo de fundo, uma vez que são valores comuns a todos os sistemas de mobilização analisados. Deste modo, o custo calculado reflecte apenas as componentes susceptíveis de variar com os sistemas de mobilização do solo.



**Figura IV.3.13** Custo com a operação cultural de sementeira (€/ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

O custo de sementeira segue a tendência geral, encontrada anteriormente, de redução do valor com o aumento sucessivo da área semeada.

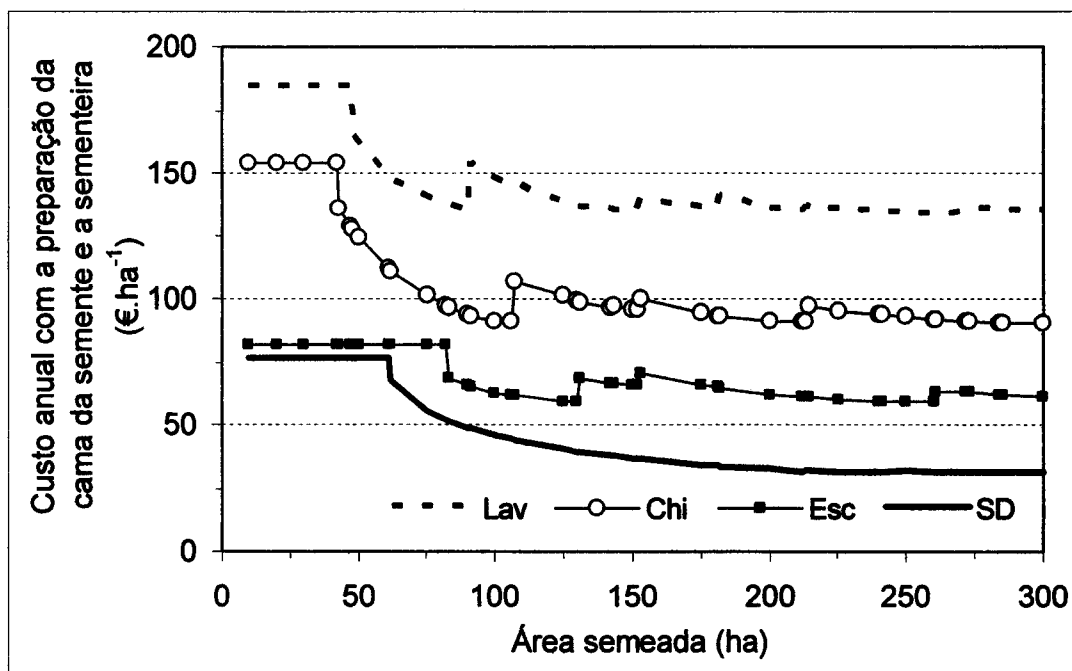
O custo inicial mais elevado para a Sementeira Directa é explicado pelo custo mais elevado do semeador. No entanto, as diferenças para os outros três sistemas de mobilização reduzem-se com o aumento da área semeada (31 €/ha<sup>-1</sup> para 20 ha, 12 €/ha<sup>-1</sup> para 100 ha e 0 €/ha<sup>-1</sup> para 153 ha de área semeada).

A agregação dos custos de preparação da cama da semente e de sementeira conduz-nos aos valores do gráfico da figura IV.3.14.

A agregação destes custos permite-nos verificar que, apesar do custo do semeador de sementeira directa implicar um custo de sementeira mais elevado para este sistema, o reduzido custo com a monda de pré-sementeira acaba por compensar, fazendo com que conjuntamente apresentem um valor inferior aos custos agregados para os outros sistemas.

Em termos médios, o sistema Sementeira Directa consegue, relativamente ao sistema Lavoura, uma redução do custo total de cerca de 17%, enquanto que o sistema Escarificador se fica por 11% e o Chisel pelos 6%. No entanto, se em vez de diluirmos as diferenças entre sistemas na totalidade dos custos, considerarmos apenas a principal fonte de variação (custos de preparação da cama da semente e sementeira), então

estas poupanças têm um impacto numérico muito mais evidente 69%, 52% e 29%, na Sementeira Directa, Escarificador e Chisel, respectivamente (figura IV.3.14).



**Figura IV.3.14** Custo agregado das operações culturais de pré-sementeira e de sementeira (€/ha<sup>-1</sup>) calculado para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

Segundo um estudo de ZENTNER *et al.* (2002), realizado entre 1987 e 1998, o custo anual de produção não foi afectado pelo sistema de mobilização do solo, embora os sistemas de mobilização reduzida (chisel) e de sementeira directa registassem poupanças nos custos com o trabalho, gásóleo, reparações e amortizações. Para estes autores, estas reduções de custos, relativamente à mobilização convencional (lavoura), foram absorvidas pelo acréscimo do custo com herbicidas.

Outros autores como HERNÁNZ *et al.* (1995), num estudo realizado durante 10 anos na região de Madrid, reportam a redução do custo anual de produção nos sistemas de mobilização reduzida (13 a 24%) e de sementeira directa (6 a 17%), quando comparados com os valores obtidos na mobilização convencional. A circunstância de com a mobilização reduzida se obter um custo inferior àquele da sementeira directa é explicado pelo facto destes autores terem optado por valorizar as diferentes tarefas agrícolas, exclusivamente pelos preços de aluguer praticados na zona.

### 3.3. MARGEM LÍQUIDA

A estimativa dos proveitos, necessária para o cálculo da margem líquida, resulta da eventual comercialização dos produtos principal (grão) e secundário (palha). Esta estimativa reflecte, em cada sistema de mobilização do solo, as produções médias obtidas nos três anos de ensaios de campo (quadro IV.3.7).

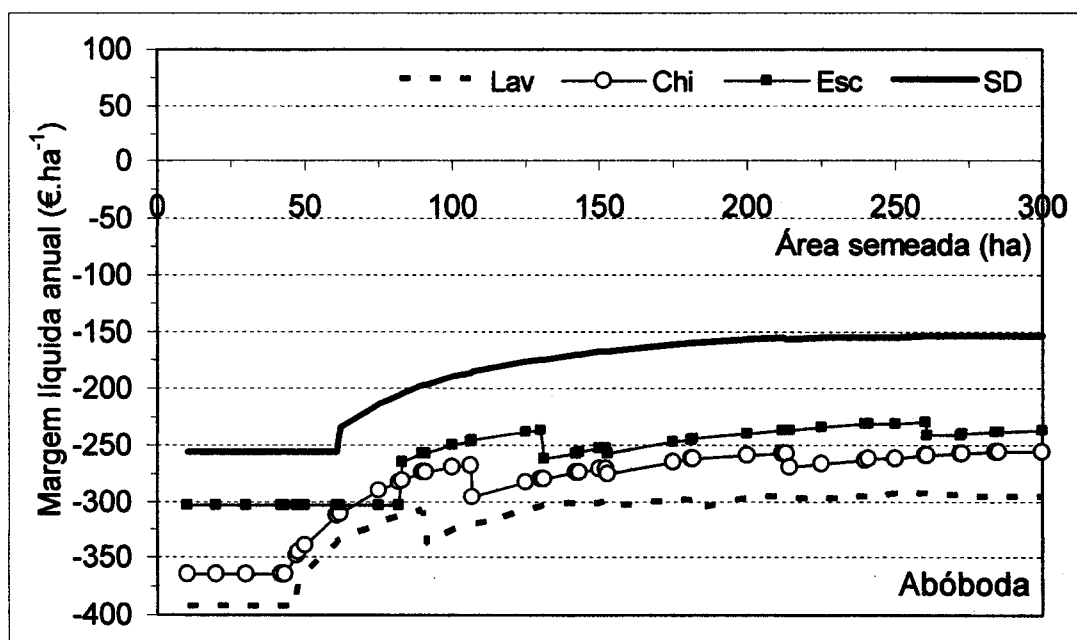
**Quadro IV.3.7 Produções médias de grão e palha de trigo ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) mole obtidas em cada um dos 4 sistemas de mobilização estudados**

Sistema de mobilização	Produção média ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			
	Herdade da Abóboda		Herdade da Revilheira	
	grão	palha	grão	palha
Sementeira Directa	1 294	1 631	2 368	2 673
Escarificador	1 131	1 475	2 409	3 076
Chisel	1 171	1 408	2 280	2 769
Lavoura	1 158	1 577	2 425	2 905

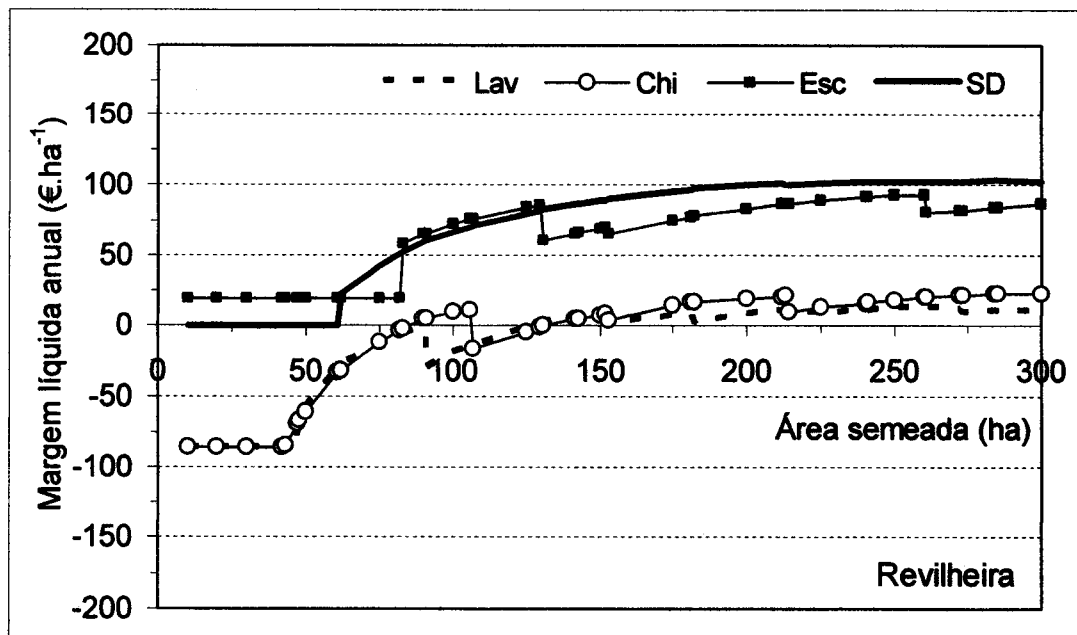
O gráfico da figura IV.3.15 apresenta, para os quatro sistemas de mobilização do solo, a variação do valor da margem líquida em função da área semeada, tendo em consideração as produções médias obtidas na herdade da Abóboda.

As produções de grão e palha de trigo mole consideradas, nesta herdade, não são suficientes para compensar os custos totais, pelo que as margens líquidas são sempre negativas. Estes resultados indicam que o sistema Sementeira Directa não consegue um resultado positivo, apesar de apresentar os custos totais mais reduzidos e as maiores produções médias de grão e de palha.

Quando consideramos as produções médias de grão e palha de trigo mole da herdade da Revilheira (figura IV.3.16) verificamos que, de um modo geral, os sistemas Chisel e Lavoura apenas conseguem que o valor dos proveitos supere o valor dos custos para áreas semeadas superiores a 125 ha. De facto, a margem líquida obtida para estes sistemas é de  $-86 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$  (até aos 42 ha e 46 ha no Chisel e na Lavoura, respectivamente), continuando quase sempre negativa até cerca dos 125 ha. Nos 175 ha restantes (125 até 300 ha) as margens líquidas destes dois sistemas ficam positivas sendo, no entanto, muito reduzidas (em média cerca de  $14 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$  e  $8 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ , no Chisel e Lavoura, respectivamente).



**Figura IV.3.15 Margem líquida anual (€/ha<sup>-1</sup>) calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole da herdade da Abóboda, em função da área semeada**

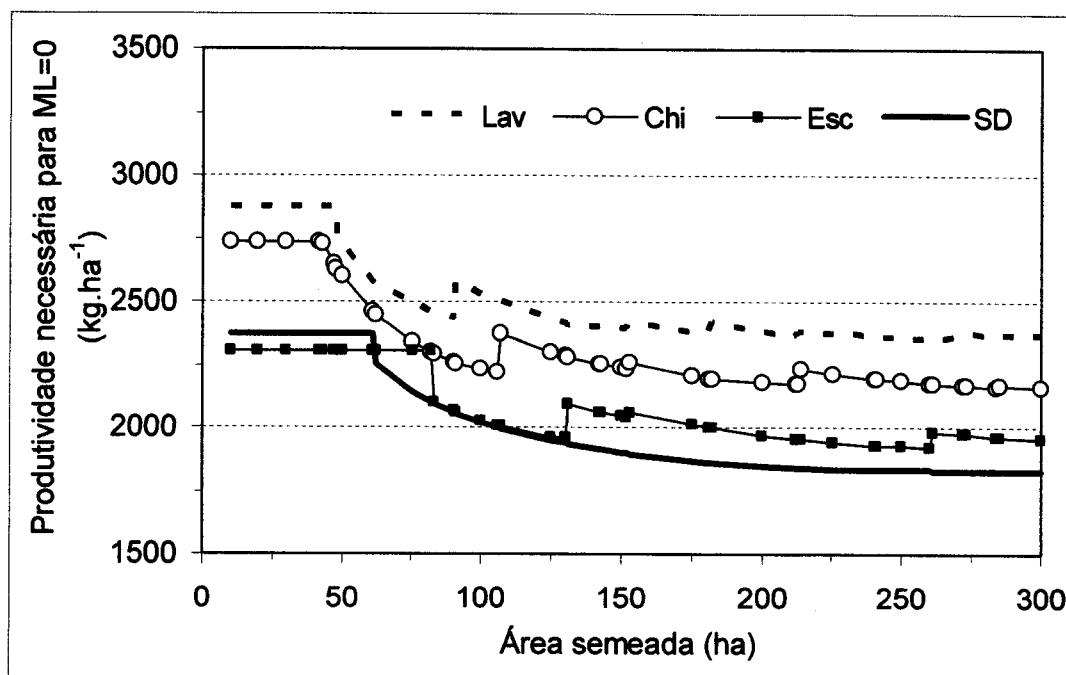


**Figura IV.3.16 Margem líquida anual (€/ha<sup>-1</sup>) calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole da herdade da Revilheira, em função da área semeada**

Embora os custos totais obtidos para o sistema Chisel sejam sempre inferiores aos valores determinados para o sistema Lavoura (em média cerca de  $44 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (figura IV.3.10), o facto de possuir menores produtividades de grão e palha (quadro IV.3.7) reduz essa vantagem, acabando, assim, estes dois sistemas de mobilização do solo (Lavoura e Chisel) por ter curvas praticamente coincidentes, onde os valores de margem líquida se situam abaixo ou muito próximos do limiar da viabilidade económica, .

As diferenças de produtividade do grão e da palha, entre os sistemas Escarificador e Sementeira Directa, estão também na origem da coincidência dos valores calculados para as respectivas margens líquidas. De facto, a Sementeira Directa apresenta em geral menores custos totais (figura IV.3.10). No entanto, os valores médios mais reduzidos considerados para a produção de grão e palha (quadro IV.3.7) reduziram essa vantagem comparativa.

Nos sistemas de mobilização reduzida ou nula (Escarificador e Sementeira Directa) as margens líquidas obtidas para as áreas semeadas em que a tracção é alugada, são constantes e negativas. Ao contrário, para valores de áreas semeadas onde se considerou um parque de máquinas próprio, as margens líquidas obtidas são sempre crescentes e positivas.



**Figura IV.3.17** Produtividade de grão ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) necessária para a obtenção de uma margem líquida nula, calculada para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole, em função da área semeada

O gráfico da figura IV.3.17 mostra para cada sistema de mobilização do solo, a produtividade mínima de grão necessária para anular a margem líquida.

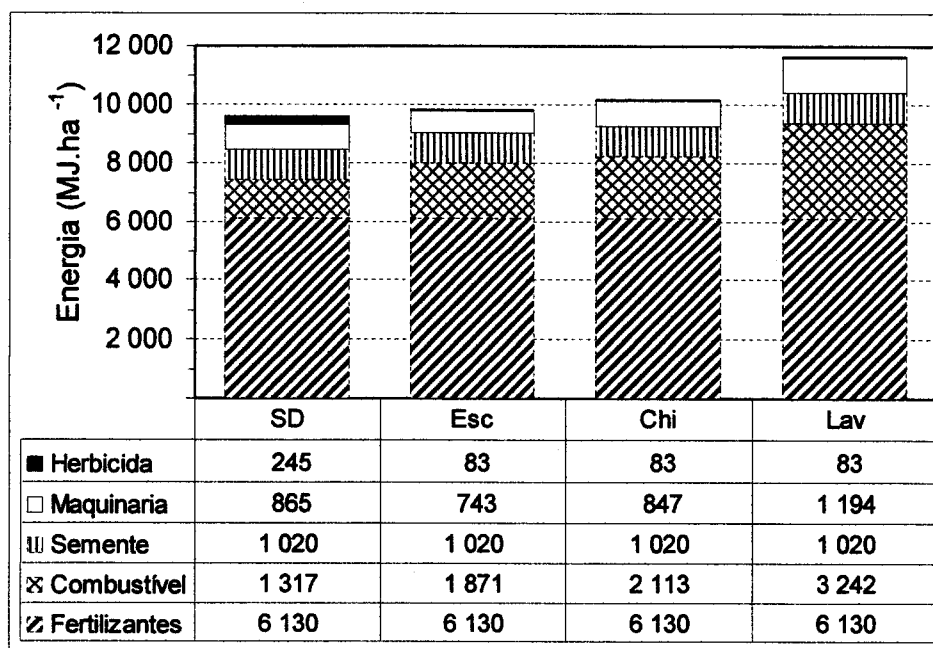
Na medida em que a margem líquida nula é obtida quando o valor dos proveitos iguala o valor dos custos totais, o padrão de variação das curvas de produtividade assemelha-se, necessariamente, em grande medida, ao padrão obtido para os custos totais.

A leitura do gráfico da figura IV.3.17 permite-nos verificar que, para atingir o limiar da viabilidade económica, os sistemas que mobilizam o solo (Lavoura, Chisel e Escarificador) necessitam de produzir, em média, mais 24, 16 e 4% de grão que a Sementeira Directa, isto é, têm de produzir mais cerca de 480 kg.ha<sup>-1</sup>, 310 kg.ha<sup>-1</sup> e 70 kg.ha<sup>-1</sup>.

Num estudo realizado por SÁNCHEZ-GIRÓN *et al.* (2004), em Espanha, apesar de não terem existido diferenças de produção significativas, o sistema de mobilização do solo não influenciou a margem bruta, tendo no entanto este indicador mostrado tendência para ser superior na sementeira directa relativamente à mobilização reduzida e à mobilização convencional. O cálculo da margem bruta ignora os custos estruturais (amortizações e, eventualmente, o custo atribuído ao capital de exploração fixo) que contribuem para amplificar as diferenças entre sistemas, pelo que é possível que o cálculo da margem líquida revelasse o efeito da mobilização do solo, tal como é evidente nos gráficos das figuras IV.3.15 e IV.3.16. Também NAIL *et al.* (2007) reportam no mesmo sentido, isto é, a mobilização reduzida obteve uma margem líquida superior à da mobilização tradicional.

### 3.4. ENERGIA

A análise energética constitui um processo de avaliação das quantidades de energia associadas aos diferentes factores de produção. Deste modo, uma forma de avaliarmos os sistemas de mobilização do solo passa por traduzir os diferentes factores de produção utilizados em unidades de energia, permitindo-nos comparar, para cada um dos sistemas, o seu consumo global de energia e a sua eficiência de utilização.



**Figura IV.3.18** Distribuição dos factores de produção segundo o seu consumo energético (MJ.ha<sup>-1</sup>) para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole

O consumo de energia aumenta com a intensidade do sistema de mobilização do solo (figura IV.3.18). Para isto concorrem, em grande medida, o consumo de combustível (consumo directo) progressivamente maior e um parque de máquinas de dimensão crescente (consumo indirecto).

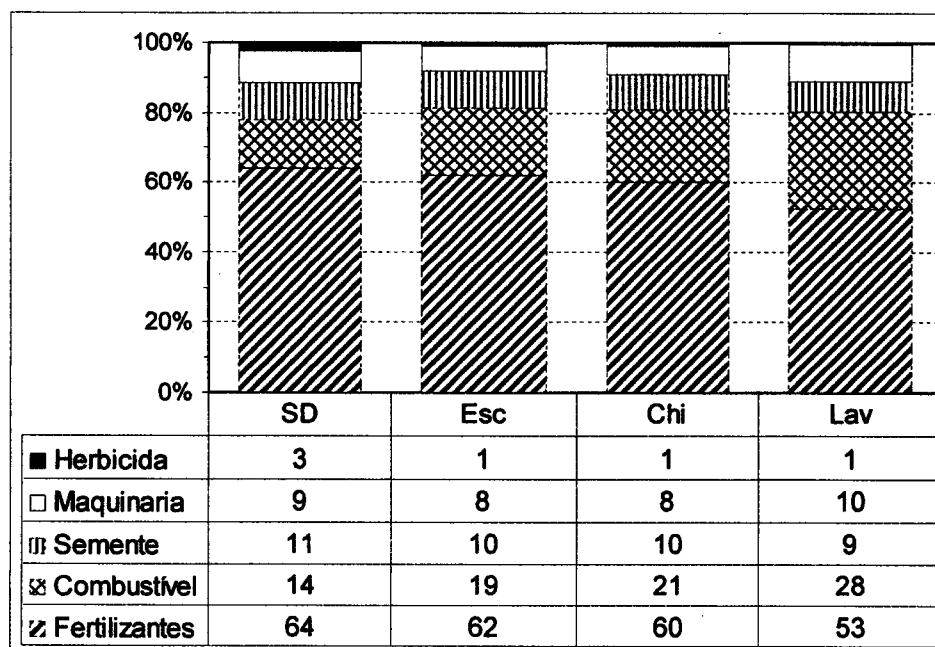
O sistema de Sementeira Directa é, de todos os sistemas de mobilização estudadas, aquele que necessita, globalmente, de menos energia (cerca de 9 580 MJ), enquanto que o sistema Lavoura é o mais exigente em energia, consumindo mais 22% (11 670 MJ).

Quando analisamos o peso relativo da energia associada aos diferentes factores de produção (figura IV.3.19), constatamos que são os fertilizantes o factor de produção



responsável por mais de metade da energia consumida (64, 62, 60 e 53%, na Sementeira Directa, Escarificador, Chisel e Lavoura, respectivamente).

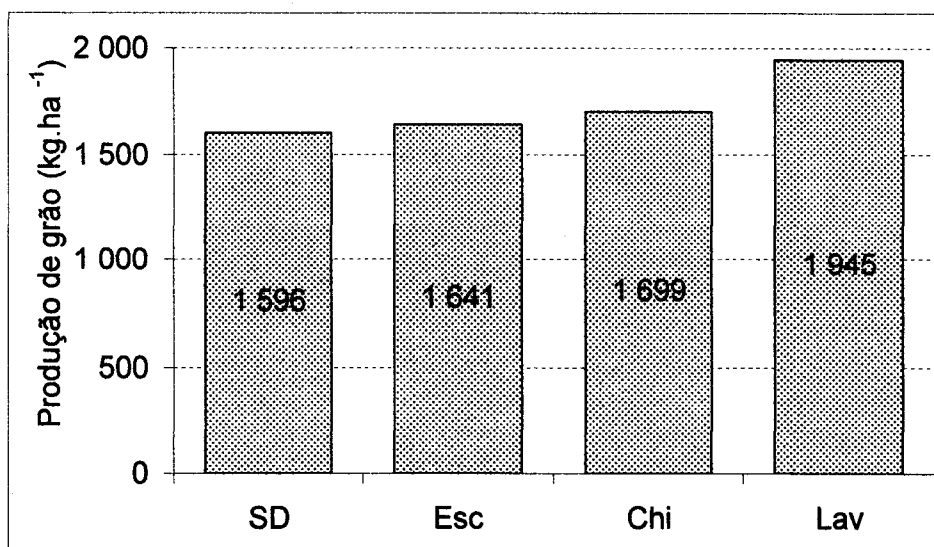
Os factores combustível e a maquinaria, principais responsáveis pelas diferenças observadas entre os consumos energéticos dos diferentes sistemas possuem, face ao peso relativo dos fertilizantes, uma importância secundária. De facto, no seu conjunto, o peso relativo do combustível e maquinaria varia entre 23% (Sementeira Directa) e 38% (Lavoura) da energia requerida por cada sistema de mobilização.



**Figura IV.3.19** Distribuição relativa dos factores de produção segundo o seu consumo energético (%) para os 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav) na cultura do trigo mole

O gráfico da figura IV.3.20 apresenta, para cada sistema de mobilização estudado, a produtividade de grão necessária para igualar, do ponto de vista energético, o consumo de energia associado à sua produção.

A Sementeira Directa, ao revelar-se o sistema de mobilização do solo com mais baixos consumos energéticos, requer apenas uma produção por hectare de cerca de 1600 kg de grão. Por outro lado, o sistema Lavoura, sendo aquele cuja prática consome mais energia, tem que ser capaz de produzir quase 1950 kg.ha<sup>-1</sup> para repôr a energia que consome.

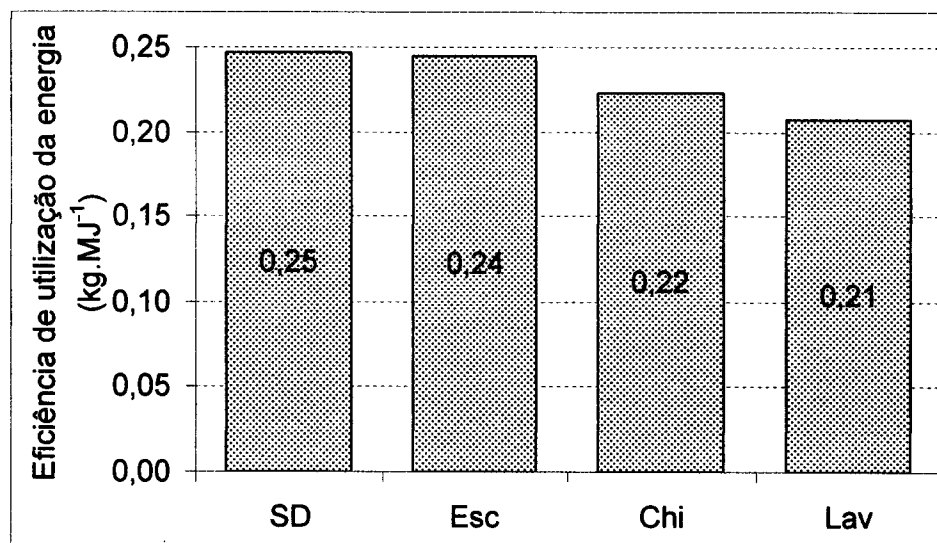


**Figura IV.3.20 Produtividade de grão (kg.ha<sup>-1</sup>) necessária para compensar o consumo energético da cultura nos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na cultura do trigo mole**

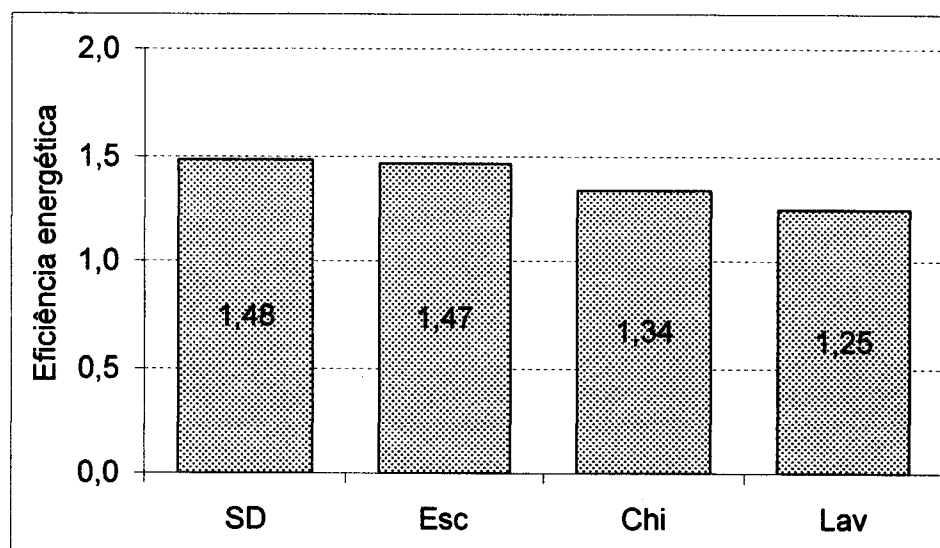
A determinação da eficiência da utilização da energia, relaciona a produção de grão com a energia consumida para a obter. Este parâmetro energético permite, assim, avaliar qual o sistema de mobilização do solo que utiliza mais eficientemente a energia que consome (figura IV.3.21).

Também deste ponto de vista o sistema Sementeira Directa tem vantagens relativamente aos demais sistemas, uma vez que é aquele que mais grão produz com a mesma energia (0,25 kg..MJ<sup>-1</sup>). Ao contrário, a Lavoura mostra-se o pior sistema produzindo apenas 0,21 kg.MJ<sup>-1</sup> (menos 16% que a Sementeira Directa).

Outra forma de avaliarmos a eficiência energética dos sistemas de mobilização é considerarmos o rácio entre a energia produzida (produto entre a quantidade de grão e a energia nele contida) e a energia consumida para a obter (figura IV.3.22). O gráfico obtido é necessariamente idêntico ao da figura IV.3.21, uma vez que apenas se substituiu a quantidade de grão produzida pela energia a ele correspondente. Assim, a Sementeira Directa é o sistema que consegue a maior eficiência energética, uma vez que consegue produzir mais 1,48 vezes a energia que consome, ao contrário do sistema Lavoura que com a mesma energia consumida, apenas consegue uma energia 1,25 vezes maior.



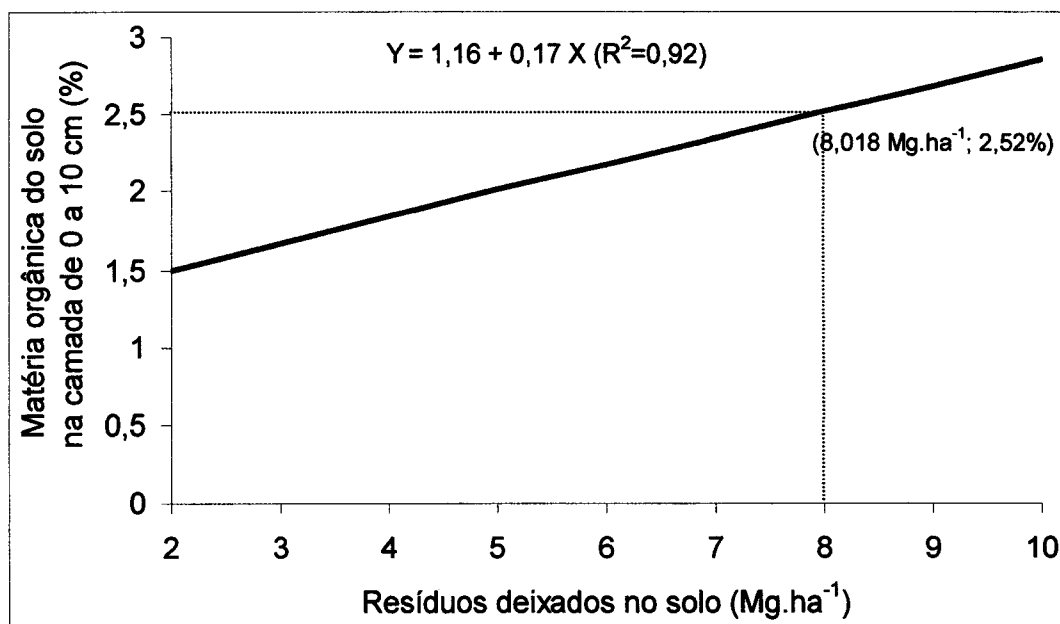
**Figura IV.3.21** Eficiência de utilização energia (kg.MJ<sup>-1</sup>), nos 4 sistemas de mobilização estudados (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na cultura do trigo mole



**Figura IV.3.22** Eficiência energética dos 4 sistemas de mobilização (Sementeira Directa – SD, Escarificador – Esc, Chisel – Chi e Lavoura – Lav), na cultura do trigo mole

### 3.5. O POTENCIAL DA SEMENTEIRA DIRECTA

O teor de matéria orgânica do solo não apresentou, nos três anos de ensaios, uma variação significativa em relação aos valores iniciais. É sabido que um elemento fundamental para promover esse aumento consiste em deixar, pelo menos parcialmente, no terreno os resíduos das culturas. Nos nossos ensaios essa prática não foi seguida, pelo que é razoável considerar que se os resíduos produzidos ao longo dos três anos de ensaios tivessem permanecido no solo, o teor de matéria orgânica final seria mais elevado. De facto, CARVALHO *et al.* (2002) num ensaio realizado na mesma mancha de solos da herdade da Revilheira, onde estudaram o efeito dos resíduos das culturas no aumento do teor de matéria orgânica do solo em Sementeira Directa, puderam constatar, ao fim de três anos, um aumento significativo da matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm do solo (figura IV.3.232).



**Figura IV.3.23** Teor de matéria orgânica (%) na camada de 0 a 10 cm do solo, em função da quantidade de resíduos aéreos (Mg.ha<sup>-1</sup>) deixados no terreno durante três anos (Fonte: CARVALHO *et al.* (2002))

Se aplicarmos a equação obtida por CARVALHO *et al.* (2002) ( $Y = 1,16 + 0,17 X$ , em que Y é o teor de matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm do solo e X é a quantidade de resíduos deixados ao fim de três anos) aos resíduos produzidos durante os três anos de ensaios na herdade da Revilheira (8 018 kg), obtemos o valor de 2,52%

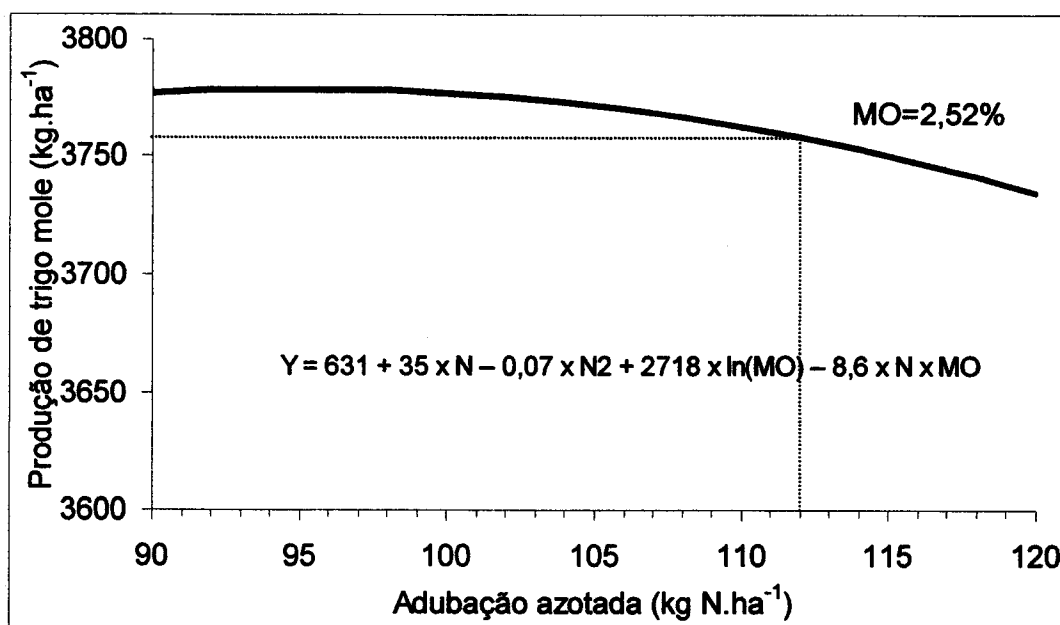
para o teor de matéria orgânica expectável, ao fim desses três anos, na camada de 0 a 10 cm de solo.

Também na herdade da Revilheira, nos anos de 2000/01 a 2003/04 num ensaio sobre a resposta do trigo mole ao azoto em função do teor de matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm do solo CARVALHO *et al.* (2005), estudando várias equações de regressão múltipla verificaram que, a equação que conduzia simultaneamente a um melhor ajustamento estatístico e a um maior significado económico foi a seguinte:

$$Y = 631 + 35 \times N - 0,07 \times N^2 + 2718 \times \ln(MO) - 8,6 \times N \times MO$$

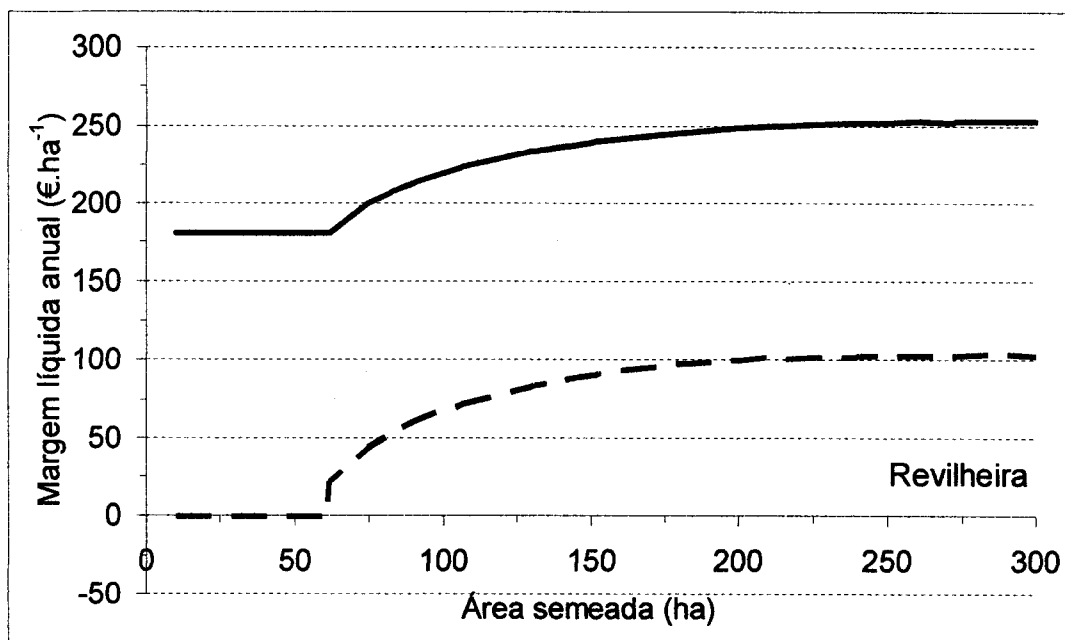
onde Y é a produção de grão de trigo mole, N é a adubação azotada e MO é o teor do solo em matéria orgânica na camada de 0 a 10 cm.

Se representarmos graficamente esta equação (figura IV.3.24), utilizando os teores de matéria orgânica que seriam passíveis de se conseguir caso tivéssemos seguido a prática de deixar no terreno os resíduos das culturas (1,99% e 2,52% na herdade da Abóboda e na herdade da Revilheira, respectivamente), obtemos duas curvas de resposta à adubação azotada, nas quais se pode verificar que para a mesma quantidade de azoto aplicada (112 kg.ha<sup>-1</sup>) a produção expectável de trigo mole seria de 3 769 kg.ha<sup>-1</sup> na herdade da Revilheira, em vez dos 2 368 kg.ha<sup>-1</sup> considerados no cálculo da margem líquida.



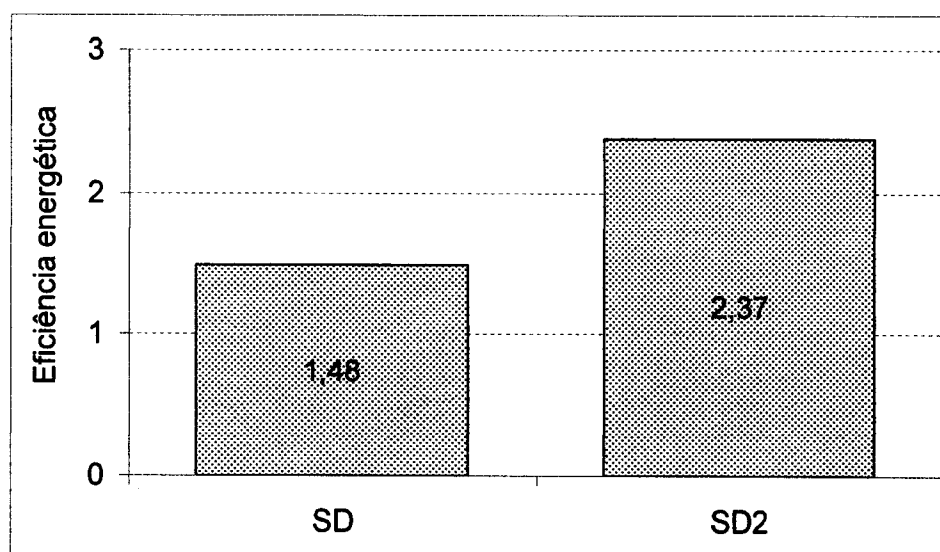
**Figura IV.3.24** Resposta potencial do trigo mole (kg.ha<sup>-1</sup>) ao azoto (kg.ha<sup>-1</sup>) em função do teor do solo em matéria orgânica (%) (MO), da camada de 0 a 10 cm, num solo Pm, da herdade da Revilheira (segundo CARVALHO *et al.*, 2005)

Assim, podemos considerar para efeitos de cálculo da estimativa da margem líquida, um outro sistema de Sementeira Directa (SD2). Este novo sistema tem, relativamente ao sistema anteriormente estudado (SD), uma produção de grão estimada mais elevada ( $3\,679\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e, embora deixe de possuir o proveito da venda da palha também não tem o respectivo o custo de a enfardar (figura IV.3.25).



**Figura IV.3.25 Margem líquida anual ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da cultura do trigo mole, calculada para os sistemas de mobilização (Sementeira Directa com enfardamento da palha - SD, Sementeira Directa com manutenção da palha - SD2) em função da área semeada**

O não enfardamento da palha na Sementeira Directa, deixando-a no terreno, permite a acumulação de matéria orgânica no solo, conduzindo ao aumento da produção de grão e, conseqüentemente, ao aumento da eficiência energética de 1,48 para 2,37, isto é um aumento de 72% (figura IV.3.265).



**Figura IV.3.26** Eficiência energética dos sistemas de mobilização (Sementeira Directa com enfardamento da palha - SD, Sementeira Directa com manutenção da palha – SD2), na cultura do trigo mole

### 3.6. DISCUSSÃO

Neste estudo comparativo de sistemas de mobilização do solo, o sistema cultural praticado no solo Px na herdade da Abóboda (trigo mole - triticales – forragem) não se revelou adequado, do ponto de vista da viabilidade económica. De facto, não só as margens líquidas estimadas para a cultura do trigo foram sempre negativas para todos os sistemas de mobilização estudados, como também as culturas do triticales e da forragem, embora não tenham sido avaliadas economicamente, com as suas produções médias (1132 kg de grão.ha<sup>-1</sup> no triticales e 2154 kg de matéria seca.ha<sup>-1</sup> na forragem), não conduzem a uma estimativa de proveitos superiores àqueles que foram obtidos para a cultura do trigo mole e, por isso, as respectivas margens líquidas terão de ser necessariamente inferiores.

A chave da sustentabilidade económica deste sistema cultural, passa inevitavelmente pela capacidade de reduzir custos e de aumentar a produtividade das culturas. Considerando que, dos quatro sistemas de mobilização estudados os sistemas de mobilização reduzida, em particular a Sementeira Directa, foram aqueles que apresentaram custos totais mais reduzidos e que a Sementeira Directa, mesmo sem a conservação dos resíduos, mostrou uma tendência para um aumento relativo da produção de grão, então é possível admitir que este sistema de mobilização possa com o tempo e com a manutenção da palha no terreno tornar-se sustentável em solos mais marginais para a produção de cereais como é o caso do solo Px, onde decorreram os ensaios na herdade da Abóboda.

Em solos mais adequados à produção cerealífera, como o solo Pm na herdade da Revilheira, a sustentabilidade económica dos cereais de Inverno parece assegurada com os sistemas de mobilização mais reduzida (Sementeira Directa e Escarificador), embora as margens líquidas estimadas possuam valores pouco atractivos, já que o custo da terra (real ou atribuído), assim como os possíveis custos com as infra-estruturas edificadas, não foram englobados nesta análise. No entanto, a tendência exibida na Sementeira Directa para um aumento da produção com os anos, associada ao aumento da fertilidade do solo promovido pelo aumento do teor de matéria orgânica no solo, em resultado da prática continuada da manutenção da palha no terreno, leva a supor que a sustentabilidade económica deste sistema de mobilização se encontra assegurada, mesmo considerando os encargos com o capital fundiário.



Outro aspecto importante evidenciado nesta análise é o peso que a fertilização, em particular a adubação azotada, possui na estrutura de custos e no balanço energético da cultura do trigo mole.

É sabido que o aumento da matéria orgânica do solo conduz ao aumento da eficiência de utilização do azoto (CARVALHO *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 2005). Assim, a manutenção da palha no terreno como prática complementar da Sementeira Directa contribui para o aumento da fertilidade do solo, através do aumento do seu teor em matéria orgânica, acabando por permitir, mais tarde, a redução drástica das quantidades de azoto aplicadas, sem que isso se traduza em quebras de produtividade (CARVALHO *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 2005). Esta vantagem acrescida da Sementeira Directa contribui para a redução futura do azoto aplicado e do peso nos custos deste sistema de mobilização. Em consequência desta redução, a margem líquida e a eficiência energética do sistema Sementeira Directa aumentam consideravelmente.

As produções de grão obtidas na cultura do girassol (média global de 711 kg.ha<sup>-1</sup>) suportam a ideia de que os proveitos resultantes da venda do grão não conseguem anular os custos com a cultura, revelando-se, assim, economicamente inviável para estes níveis de produção. Ao contrário do que sucedeu com os cereais, a produção de grão de girassol em Sementeira Directa não revelou qualquer tendência para um aumento relativo ao longo do tempo. Assim, a cultura do girassol mostra-se inadequada para a prática da Sementeira Directa em sequeiro, sendo por isso necessário encontrar uma outra cultura que a possa substituir na rotação.

A importância sócio-económica que a agricultura arvensa possui no espaço rural, nomeadamente no Alentejo, obriga-nos a considerar que quem tem a agricultura como a sua principal fonte de rendimentos, necessita, por razões de coesão social, de possuir um nível de vida equivalente ao daqueles que vivem e trabalham no espaço urbano. Embora os valores das margens líquidas calculadas sejam apenas estimativas para efeitos de comparação dos sistemas de mobilização do solo, os resultados obtidos indiciam que o sistema de Sementeira Directa é aquele que possui maior sustentabilidade técnica, ambiental e económica, sendo, por isso, em termos de política agrícola, menos dependente de subvenções a fundo perdido.

Embora a política de subsídios não tenha sido objecto de estudo neste trabalho, fica claro que políticas agrícolas que discriminem positivamente a mobilização de conservação, nomeadamente a Sementeira Directa, através de ajudas ao investimento e/ou ajudas directas à actividade, potenciam a adopção destes sistemas. O impacto positivo de ajudas ao investimento (aquisição de semeadores de sementeira directa) na

redução dos custos estruturais (amortização e custos atribuídos ao capital de exploração fixo inanimado) ou o aumento de receitas das actividades proporcionado por ajudas directas, conduzem ao aumento da margem líquida, que poderá, assim, justificar economicamente o cultivo dos cereais em Sementeira Directa nos anos iniciais, em áreas mais reduzidas ou em solos menos produtivos.

Em resumo, apesar do estudo comparativo das margens líquidas dos quatro sistemas de mobilização do solo, feito neste trabalho na tentativa de contribuir para o aumento da sustentabilidade dos sistemas de culturas arvenses de sequeiro, nomeadamente a produção de cereais, ter abordado apenas os anos iniciais (3 anos), permite mesmo assim verificar que os sistemas de mobilização reduzida (Sementeira Directa e Escarificador) representam um aumento significativo da rentabilidade económica da actividade. No entanto, os resultados indicam um aumento da produtividade das culturas em Sementeira Directa com a passagem dos anos, aumento esse que não foi considerado nesta comparação. Por outro lado, sabemos hoje que a manutenção das palhas no terreno potencia muito os efeitos benéficos da Sementeira Directa no aumento da produtividade da terra. Assim, apesar da contribuição da Sementeira Directa no aumento da sustentabilidade económica da produção de cereais em solos que lhe são apropriados, ter ficado demonstrada neste trabalho, acreditamos ter sido aqui subestimada.

## V. CONCLUSÕES

O efeito do sistema de mobilização na porosidade do solo manifestou-se principalmente nos poros de maiores dimensões, havendo a tendência para o seu aumento, com o aumento da intensidade do sistema utilizado. Contudo, a duração do efeito foi inversa à precipitação ocorrida após as operações, indiciando uma baixa estabilidade dos agregados criados e, revelando-se uma contradição dos sistemas de mobilização do solo. A Sementeira Directa, no período inicial em estudo, aumentou a compactação do solo pois transferiu macro e mesoporosidade para a microporosidade.

Os resultados obtidos parecem confirmar a ideia de que a mobilização do solo possui um efeito descompactador. Este efeito na densidade aparente do solo manifestou-se, principalmente, nas camadas mais superficiais e sobretudo no início da cultura, antes da ocorrência da precipitação Outono/Invernal.

A resistência à penetração sofreu influência dos sistemas de mobilização do solo, sendo a Sementeira Directa o tratamento com valores mais elevados. Assim, a conjugação dos parâmetros analisados (porosidade, densidade aparente e, resistência à penetração) indicou que, no período em estudo, a Sementeira Directa conduziu a um solo mais compacto e mais coeso. No entanto, o conjunto dos dados mostra também que os efeitos benéficos da mobilização do solo, seja na redução da densidade aparente e resistência à penetração, seja no aumento da macroporosidade, tendem a ser temporários, desaparecendo estes efeitos mais rapidamente em Invernos chuvosos.

Na cultura do girassol os teores de água no solo não foram influenciados pelos sistemas de mobilização monitorizados (Sementeira Directa e Lavoura). A ausência de efeito verificou-se ao longo do período de medição (fim de Março a início de Agosto de 1999), tendo as variações da humidade do solo, ao longo do tempo, estado de acordo com a precipitação que entretanto foi ocorrendo e com as necessidades crescentes das plantas. Os resultados obtidos não confirmaram a ideia referida em alguma bibliografia, segundo a qual a Sementeira Directa, relativamente aos sistemas de mobilização convencional, tenderá a favorecer um maior armazenamento da água no solo.

O teor de matéria orgânica no solo não foi influenciado pelo sistema de mobilização. Contudo, tendo os resultados sido expressos em percentagem e tendo havido diferenças na densidade aparente do solo em função do sistema de mobilização, os tratamentos com maior densidade aparente, nomeadamente a Sementeira Directa, teriam sido favorecidos se os valores tivessem sido expressos em peso por unidade de área. No entanto, a duração deste ensaio revelou-se manifestamente curta para que o expectável efeito positivo da Sementeira Directa sobre o teor de matéria orgânica do solo pudesse fazer-se sentir.

De um modo geral, os sistemas de mobilização do solo não afectaram significativamente os teores de fósforo e de potássio encontrados. Os sistemas de mobilização sem reviramento da leiva (Sementeira Directa, Escarificador e Chisel) mostraram a tendência para acumular o fósforo e o potássio na camada mais superficial, ao contrário da Lavoura, que ao promover a mistura vertical do perfil de solo analisado, favoreceu a tendência para que o teores de fósforo e potássio fossem semelhante ao longo da profundidade analisada (0 a 30 cm).

O pH do solo não foi influenciado pelos sistemas de mobilização. A determinação do pH em água, como método mais sensível a variações, não trouxe qualquer acréscimo à informação já obtida com os valores resultantes da determinação utilizando cloreto de cálcio. A ideia de que com a Sementeira Directa o pH do solo tende a baixar não foi observada. A redução do pH na Sementeira Directa está normalmente associada ao aumento dos resíduos à superfície, o que no caso deste ensaio teve pouca expressão, dado que se procedeu ao enfardamento da palha dos cereais.

Nas culturas do trigo mole e do triticale, a mobilização do solo não influenciou significativamente as produções de grão e de palha. Na análise das condições físicas do solo, nomeadamente a porosidade, a densidade aparente e a resistência à penetração, o solo com Sementeira Directa apresentou, frequentemente, os piores valores. No entanto, estas condições, aparentemente desfavoráveis, acabaram por não ter reflexo na produção dos cereais. A análise conjunta das produções relativas de grão obtidas nas culturas do trigo mole e do triticale nos dois locais, mostrou uma tendência para as produções relativas, obtidas em Sementeira Directa, aumentarem com o tempo.

Na cultura do girassol o efeito do sistema de mobilização nem sempre foi evidente o que leva a supor que terão existido outros factores determinantes na produção final. A cultura do girassol pareceu possuir alguma plasticidade das componentes da produção. No entanto, as diferenças de produção de grão, observadas entre anos, pareceram reflectir sobretudo as diferentes precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura. Ao contrário dos cereais de Inverno, não se verificou a tendência de melhoria relativa da produção na Sementeira Directa, indicando os resultados obtidos na cultura do girassol que este sistema de mobilização do solo parece estar, no nosso clima mediterrânico, menos vocacionado para culturas de Primavera em sequeiro.

Os resultados obtidos na produção de forragem sugerem que a Sementeira Directa consegue, relativamente aos outros sistemas, um melhor desempenho em anos secos.

O estudo comparativo das margens líquidas dos quatro sistemas de mobilização do solo, apesar de ter considerado apenas os três anos iniciais, permite mesmo assim verificar que os sistemas de mobilização reduzida (Sementeira Directa e Escarificador) representam um aumento significativo da rentabilidade económica da cultura do trigo mole. No entanto, o aumento da produtividade das culturas em Sementeira Directa com

a passagem dos anos, assim como os efeitos benéficos da manutenção das palhas no terreno no aumento da produtividade da terra, não foram considerados nesta comparação, pelo que a contribuição da Sementeira Directa no aumento da sustentabilidade económica da produção de cereais, em solos que lhe são apropriados, apesar de ter ficado demonstrada neste trabalho, terá sido subestimada.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, L. R.; CASSEL, D. K.; BRUCE, R. R. e BARNES, B. B. (1989). "Evaluation of spatial distribution of hydraulic conductivity using effective porosity data." Soil Science **148**: 404–411.
- ALVES, J. A. (1961). "O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul." Melhoramento **14**: 5-456.
- ANGERS, D. A.; BOLINDER, M. A.; CARTER, M. R.; GREGORICH, E. G.; DRURY, C. F.; LIANG, B. C.; VORONEY, R. P.; SIMARD, R. R.; DONALD, R. G.; BEYAERT, R. P. e MARTEL, J. (1997). "Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada." Soil & Tillage Research **41**: 191-201.
- ARSHAD, M. A. e COEN, G. M. (1992). "Characterization of soil quality: physical and chemical criteria." American Journal of Alternative Agriculture **7**: 12-16.
- ARSHAD, M. A. e DOBB, J. L. (1991). Tillage effects soil physical properties in the Peace river region. Implications for sustainable agriculture. 28th Annual Alberta Soil Science Workshop, Lethbridge.
- ASAE – American Society of Agricultural Engineers (1998). "Soil Cone Penetrometer - Standard S313.2" ASAE Standard: 820–821.
- ATWELL, B. J. (1993). "Response of roots mechanical impedance." Environmental and Experimental Botany **33**: 27-40.
- AZOOZ, R. H.; ARSHAD, M. A. e FRANZLUEBBERS, A. J. (1996). "Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in Northwestern Canada." Soil Science Society of America Journal **60**: 1197–1201.
- BAJRACHARYA, R. M. e LAL, R. (1992). "Seasonal soil loss and erodibility variation on a Miamian silt loam soil." Soil Science Society of America Journal **56**: 1560–1564.
- BALESDENT, J.; CHENU, C. e BALABANE, M. (2000). "Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage." Soil & Tillage Research **53**: 215–230.

- BARROS, F. C. J.; BASCH, G. e CARVALHO, M. (2005). "Effect of reduced doses of post-emergence graminicide mixture to control *Lolium rigidum* G. in winter wheat under direct drilling in Mediterranean environment." Crop Protection **24**: 880-887.
- BASCH, G.; CARVALHO, M. e MARQUES, F. (1997). Economical considerations on no-tillage crop production in Portugal. EC- Workshop IV - Experience with the Applicability of No-Tillage Crop Production in the West-European Countries, Boigneville, Wissenschaftlicher Fachverlag.
- BAUDER, J. W.; RANDALL, G. W. e SCHULER, R. T. (1985). "Effects of tillage with controlled wheel traffic on properties and root growth of corn." Journal of Soil and Water Conservation **49**: 382-385.
- BAUDER, J. W.; RANDALL, G. W. e SWAN, J. B. (1981). "Effect of four continuous tillage systems on mechanical impedance of a clay loam soil." Soil Science Society of America Journal **45**: 802-806.
- BAUEMER, K. e BAKERMANS, W. A. P. (1973). "Zero-Tillage." Advances in Agronomy **25**: 77-120.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L. e FERNANDES, S. V. (2000). "Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil." Soil & Tillage Research **54**: 101-109.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. e ERNANI, P. R. (2002). "Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil." Plant and Soil **238**: 133-140.
- BAYHAN, Y.; KAYISOGLU, B. e GONULOL, E. (2002). "Effect of soil compaction on sunflower growth." Soil & Tillage Research **68**: 31-38.
- BEARE, M. H.; CABRERA, M. L.; HENDRIX, P. F. e COLEMAN, D. C. (1994). "Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional- and no-tillage soils." Soil Science Society of America Journal **58**: 787-795.
- BEARE, M. H.; POHLAND, B. R.; WRIGHT, D. H. e COLEMAN, D. C. (1993). "Residue placement and fungicide effects on fungal communities in conventional and no-tillage soils." Soil Science Society of America Journal **57**: 392-399.
- BHATTACHARYYA, R.; PRAKASH, V.; KUNDU, S. e GUPTA, H. S. (2006). "Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay soil of the Indian Himalayas." Soil & Tillage Research **86**: 129-140.



- BHUSHAN, L. S. e B. P. GHIDYAL, B. P., 1971. INFLUENCE OF SHAPE OF IMPLEMENTS ON SOIL STRUCTURE. *INDIAN J. AGRIC. SCI.*, 41: 744-751. (1971). "Influence of shape of implements on soil structure." *Indian Journal of Agricultural Sciences* 41: 744-751.
- BLEVINS, R. L. e FRYE, W. W. (1993). "Conservation tillage: an ecological approach to soil management." *Advances in Agronomy* 51: 33-78.
- BLEVINS, R. L.; COOK, D.; PHILLIPS, S. H. e PHILLIPS, R. E. ( 1971). "Influence of no tillage on soil moisture." *Agronomy Journal* 63: 593-596.
- BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; SMITH, M. S. e FRYE, W. W. ( 1983). "Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn." *Soil & Tillage Research* 3: 135-146.
- BOIZARD, H.; RICHARD, G.; ROGER-ESTRADE, J.; DÜRR, C. e BOIFFIN, J. (2002). "Cumulative effect of cropping systems on the structure of the tilled layer in northern France." *Soil & Tillage Research* 64: 149-164.
- BONFIL, D. J.; MUFRADI, I.; KLITMAN, S. e ASIDO, S. (1999). "Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till arid environment." *Agronomy Journal* 91: 368-373.
- BOONE, F. R.; SLAGER, S.; MIEDEMA, R. e ELEVELD, R. (1976). "Some influences of zero tillage on the structure and stability of a fine textured river levee soil." *Netherlands Journal of Agricultural Science* 24: 105-119.
- BOUAZIZ, A. (1987). Implantation d'un peuplement de ble tendre en conditions seches. Analyse physique et modelisation. Rabat, Marrocos, Institut Agronomique et Veterinaire Hassan 11.
- BOUAZIZ, A.; SOUTY, N. e HICKS, D. ( 1990). "Emergence force exerted by wheat seedlings." *Soil & Tillage Research* 17: 211-219.
- BOUZZA, A. (1990). Water conservation in wheat rotations under several management and tillage systems in semiarid areas. Lincoln, USA, University of Nebraska: 200.
- BRADFORD, J. M. e GUPTA, S. C. (1986). Compressibility. *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods*. A. Klute. WL, USA, American Society of Agronomy - Soil Science Society of America: 476-479.

- BRAIM, M. A.; CHANEY, K. e HODGSON, D. R. (1992). "Effects of simplified cultivation on the growth and yield of spring barley on a sandy loam soil. 2. Soil physical properties and root growth; root: shoot relationships, in low rates of nitrogen; water use." Soil & Tillage Research **22**: 173-187.
- BRANDT, S. A. (1992). "Zero vs conventional tillage and their effects on crop yield and moisture." Canadian Journal of Plant Science **72**: 679-688.
- BRAUNACK, M. V. e DEXTER, A. R. (1988). "The effect of aggregate size in the seedbed on surface crusting and growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L., cv. halberd) under dryland conditions." Soil & Tillage Research **11**: 133-145.
- BRAUNACK, M. V. e DEXTER, A. R. (1989). "Soil aggregation in seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates." Soil & Tillage Research **14**: 259-279.
- BURNS, R. G.; DAVIES, J. A. e HORTIC., B. A. (1986). "The microbiology of soil structure." Biological Agriculture and Horticulture **3**: 95-113.
- BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R. e SOJKA, R. E. (1997). "Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil." Soil & Tillage Research **43**: 205-217.
- CALADO, J. M. (2005). Estratégias para o controlo de infestantes em sistemas de baixo custo nos cereais de Outono-Inverno - O caso do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) Évora, Universidade de Évora: 334.
- CAMBARDELLA, C. A. e ELLIOT, E. T. (1992). "Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence." Soil Science Society of America Journal **56**: 777-783.
- CANNELL, R. Q. e HAWES, J. D. (1994). "Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates." Soil & Tillage Research **30**: 245-282.
- CANTERO-MARTÍNEZ, C.; ANGAS, P. e LAMPURLANÉS, J. (2003). "Growth, yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by tillage and N fertilization in mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain." Field Crops Research **84**: 341-357.

- CARDOSO, J. V. J. C. (1965). Os Solos de Portugal - Sua Classificação, Caracterização e Génese - I A Sul do Rio Tejo. Lisboa, Secretaria de Estado da Agricultura - Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas.
- CARON, J.; KAY, B. D. e STONE, J. A. (1992). "Improvements of structural stability of a clay loam with drying." Soil Science Society of America Journal **56**: 1583-1590.
- CARTER, M. R. (1992a). "Characterizing the soil physical condition in reduced tillage systems for winter wheat on a one sandy loam using small cores." Canadian Journal of Soil Science **72**: 395-402.
- CARTER, M. R. (1992b). "Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate." Soil & Tillage Research **23**: 361-372.
- CARVALHO, M. e BASCH, G. (1994). Experiences with direct drilling in Portugal. EC-Workshop I - Experience with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West-European Countries, Giessen, Wissenschaftlicher Fachverlag.
- CARVALHO, M. e BASCH, G. (1995). Long term effects of two soil tillage treatments on a vertisol in Alentejo region of Portugal. EC- Workshop II - Experience with the Applicability of No-Tillage Crop Production in the West-European Countries, Silsoe, Wissenschaftlicher Fachverlag.
- CARVALHO, M. J. G. P. R. (1987). Factores Limitantes e Técnicas Culturais da Produção de Trigo no Alentejo. Évora, Universidade de Évora: 214.
- CARVALHO, M. J. G. P. R.; BASCH, G.; BRANDÃO, M.; SANTOS, F. e FIGO, M. (1996). "Optimisation of nitrogen fertilization." Fertilizer Research **45**: 127-130.
- CARVALHO, M. J. G. P. R.; BASCH, G.; BRANDÃO, M.; SANTOS, F. e FIGO, M. (2002). A sementeira directa e os resíduos das culturas no aumento do teor de matéria orgânica do solo e na resposta da cultura de trigo à adubação azotada. 1º Congresso Nacional de Mobilização de Conservação do Solo, Évora, Aposolo.
- CARVALHO, M.; BASCH, G.; ALPENDRE, P.; BRANDÃO, M.; SANTOS, F. e FIGO, M. (2005). "A adubação azotada do trigo de sequeiro: o problema da sua eficiência." Melhoramento **40**: 5-37.
- CASSEL, D. K.; RACZKOWSKI, C. W. e DENTON, H. P. (1995). "Tillage effects on corn production and soil physical conditions." Soil Science Society of America Journal **59**: 1436-1443.

- CHAN, K. Y. (1989). "Effect of tillage on aggregate strength and aggregation in vertisols." Soil & Tillage Research **13**: 163-175.
- CHAN, K. Y. (1995). "Strength characteristics of a potentially hardsetting soil under pasture and conventional tillage in the semi-arid regions of Australia." Soil & Tillage Research **34**: 105-113.
- CHAN, K. Y. e MULLINS, C. E. (1994). "Slaking characteristics of some Australian and British soils." European Journal of Soil Science **45**: 273-283.
- CHANEY, K.; HODGSSON, D. R. e BRAIM, M. A. (1985). "The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley." Journal of Agricultural Science, Cambridge **104**: 125-133.
- CHANG, C. e LINDWALL, C. (1992). "Effects of tillage and crop rotation on physical properties of a loam soil." Soil & Tillage Research **22**: 383-389.
- CHAPMAN, S. J. e LYNCH, J. M. (1984). "A note on the formation of microbial polysaccharide from wheat straw decomposed in the absence of soil." Journal of Applied Bacteriology **56**: 337-342.
- CHENU, C.; GUERIF, J. e JAUNET, A. M. (1994). Polymer bridging: a mechanism of clay and soil structure stabilization by polysaccharides. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico.
- CHRISTIAN, D. G. e BACON, E. T. G. (1990). "A long-term comparison of ploughing, tine cultivation and direct drilling on the growth and yield of winter cereals and oilseed rape on clayey and silty soils." Soil & Tillage Research **18**: 311-331.
- COMIA, R. A.; STENBERG, M.; NELSON, P.; RYDBERG, T. e HAKANSSON, I. (1994). "Soil and crop responses to different tillage systems." Soil & Tillage Research **29**: 335-355.
- COOTE, D. R.; MALCOLM-MCGOVER, C. A.; WALL, G. J.; DICKENSON, W. T. e RUDRA, R. P. (1988). "Seasonal variation of erodibility indices based on shear strength and aggregate stability in some Ontario soils." Canadian Journal of Soil Science **68**: 405-416.
- CORNISH, P. S. e LYMBERY, J. R. (1987). "Reduced early growth of direct drilled wheat in southern New South Wales: causes and consequences." Australian Journal of Experimental Agriculture **27**: 869-880.

- COSTA, J. B. (1985). Caracterização e constituição do solo. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- COX, W. J.; ZOBEL, R. W.; ES, H. M. V. e OTIS, D. J. (1990a). "Growth development and yield of maize under three tillage systems in the northeastern USA." Soil & Tillage Research **18**: 295-310.
- CROSSON, P.; HANTHORN, M. e DUFFY, M. (1986). The economics of conservation tillage. No-Tillage and Surface Tillage Agriculture. A. M. Sprague e G. B. Triplett. New York, John Wiley: 465.
- CTIC - Conservation Technology Information Center (1984). National Survey of Conservation Tillage Practices. Fort Wayne, Indiana, Conservation Technology Information Center.
- DANIELSON, R. E. e SUTHERLAND, P. L. (1986). Porosity. Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. A. Klute. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America: 443-460.
- DAO, T. H. (1993). "Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage" Soil Science Society of America Journal **57**: 1586-1595.
- DATIRI, B. C. e LOWERY, B. (1991). "Effects of conservation tillage on hydraulic properties of a Griswold silt loam soil." Soil & Tillage Research **21**: 257-271.
- DEGENS, B. P. (1997). "Macro-aggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and the factors affecting these: a review." Australian Journal of Soil Research **35**: 431-459.
- DEXTER, A. R. (1979). "Prediction of soil structures produced by tillage." Journal of Terramechanics **16**(3): 117-127.
- DEXTER, A. R. (1988). "Advances in characterization of soil structure." Soil & Tillage Research **11**: 199-238.
- DEXTER, A. R. e BIRKAS, M. (2004). "Prediction of the soil structures produced by tillage." Soil & Tillage Research **79**: 233-238.
- DEXTER, A. R. e CHAN, K. Y. (1991). "Soil mechanical properties as influenced by exchangeable cations." Journal of Soil Science **42**: 219-226.

- DEXTER, A. R. e YOUNG, I. M. (1992). "Soil physics towards 2000." Soil & Tillage Research **24**: 101-106.
- DEXTER, A. R.; KROESBERGEN, B. e KUIPERS, H. (1984). "Some mechanical properties of aggregates of top soil from the IJsselmeer polders. 2. Remolded soil aggregates and the effect of wetting and drying cycles." Netherlands Journal of Agricultural Science **32**: 215–227.
- DOLAN, M. S.; CLAPP, C. E.; ALLMARAS, R. R.; BAKER, J. M. e MOLINA, J. A. E. (2006). "Soil organic carbon and nitrogen in a Minnesota soil as related to tillage, residue and nitrogen management." Soil & Tillage Research **89**: 221–231.
- DORAN, J. W.; ELLIOTT, E. T. e PAUSTAIN, K. (1998). "Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management." Soil & Tillage Research **49**: 3-18.
- DOUGLAS, J. T. (1986). "Effects of season and management on the vane shear strength of a clay top soil." Journal of Soil Science **37**: 669–679.
- DOUGLAS, J. T. e GOSS, M. J. (1982). "Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland." Soil & Tillage Research **2**: 155-175.
- DUIKER, S. W. e DOUGLAS, D. B. (2006). "Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems." Soil & Tillage Research **88**: 30–41.
- EDWARDS, C. A. e BOHLEN, P. J. (1996). The Biology and Ecology of Earthworms. New York, Chapman & Hall.
- EDWARDS, J. H.; WOOD, C. W.; TURLOW, D. L. e RUF, M. E. (1992). "Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil." Soil Science Society of America Journal **56**: 1577–1582.
- EDWARDS, W. M. e OWENS, L. B. (1991). "Large storm effects on total soil erosion." Journal of Soil and Water Conservation **46**: 75-78.
- EDWARDS, W. M.; TRIPLETT, G. B.; VAN DOREN, D. M.; OWENS, L. B.; REDMOND, C. E. e DICK, W. A. (1993). "Tillage studies with corn–soybean rotation: Hydrology and sediment loss." Soil Science Society of America Journal **57**: 1051-1055.

- EHLERS, W.; KOPKE, U.; HESSE, F. e BOHM, W. (1983). "Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil." Soil & Tillage Research **3**: 261–275.
- EHLERS, W.; KOPKE, U.; HESSE, F. e BOHM, W. (1983). "Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil." Soil & Tillage Research **3**: 261–275.
- EIA – Energy Information Administration (2008). International Energy Outlook - 2008. Washington, DC, U.S. Department of Energy.
- ELA, S. D.; GUPTA, S. C. e RAWLS, W. J. (1992). "Macropore and surface seal interactions affecting water infiltration into soil." Soil Science Society of America Journal **56**: 714–721.
- ERBACH, D. (1986). "Farm equipment and soil compaction." American Society of Agricultural Engineers **86**: 7-30.
- ERBACH, D. C.; BENJYMIN, J. G.; CRUSE, R. M.; ELAMIN, M. A.; MUKHTAR, S. e CHOI, C. H. (1992). "Soil and corn response to tillage with paraplow." American Society of Agricultural Engineers **35**: 1347-1354.
- ERENSTEIN, O. (2002). "Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications." Soil & Tillage Research **67**: 115–133.
- ETANA, A.; HAKANSSON, I.; ZAGAL, E. e BUCAS, S. (1999). "Effect of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils." Soil & Tillage Research **52**: 129–139.
- EVANS, S. D.; LINDSTROM, M. J.; VOORHEES, W. B.; MONCRIEF, J. F. e NELSON, G. A. (1996). "Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture and corn yield." Soil & Tillage Research **38**: 35–46.
- FERRERAS, L. A.; COSTA, J. L.; GARCIA, F. O. e PECORARI, C. (2000). "Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern Pampa of Argentina." Soil & Tillage Research **54**: 31-39.
- FISCHER, R. A. (1987). Responses of soil and crop water relations to tillage. Tillage. New Directions in Agriculture. P. E. Comish e J. E. Pratley. Melbourne, Australian Society of Agronomy, Inkata Press: 194-221.

- FISCHER, R. A.; SANTIVERI, F. e VIDAL, I. R. (2002). "Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands. I. Wheat and legume performance." Field Crops Research **79**: 107-122.
- FOLLETT, R. F. e PETERSON, G. A. (1988). "Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems." Soil Science Society of America Journal **52**: 141-147.
- FRANZLUEBBERS, A. J. e HONS, F. M. (1996). "Soil-profile distribution of primary and secondary plant available nutrients under conventional and no tillage." Soil & Tillage Research **39**: 229-239.
- FRANZLUEBBERS, A. J.; LANGDALE, G. W. e SCHOMBERG, H. H. (1999). "Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage." Soil Science Society of America Journal **63**: 349-355.
- GAN, Y.; STOBE, E. H. e MOES, J. (1992). "Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield." Crop Science **32**: 1275-1281.
- GANTZER, C. J. e BLAKE, G. R. (1978). "Physical characteristics of Le Sueur clay loam soil following no-tillage and conventional tillage." Agronomy Journal **70**: 853-857.
- GARABET, S.; WOOD, M. e RYAN, J. (1998). "Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean-type climate. I. Growth water-use and nitrogen accumulation." Field Crops Research **57**: 309-318.
- GERARD, C. J.; SEXTON, X. e SHAW, G. (1982). "Physical factors influencing soil strength and root growth." Agronomy Journal **74**: 875-879.
- GERMON, J. C. e TAUREAU, J. C. (1991). "Simplification du travail du sol et transformations de l'azote." Perspectives Agricoles **162**: 40-51.
- GILL, K. S. e AULAKH, B. S. (1990). "Wheat yield and soil bulk density response to some tillage systems on an oxisol." Soil & Tillage Research **18**: 37-45.
- GIRÁLDEZ, J. V. e GONZÁLEZ, P. (1994). No tillage in clay soils under Mediterranean climate: physical aspects. EC- Whorkshop I - Experience with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West-European Countries, Giessen, Wissenschaftlicher Fachverlag.
- GODWIN, R. J. (1990). Agricultural engineering in development: tillage for crop production in areas of low rainfall. Rome, FAO.



- GOMES, M. P. e SILVA, A. A. (1962). "Um novo diagrama triangular para a classificação básica da textura do solo." Estudos Agronômicos **3**: 1-9.
- GOMEZ, E.; FERRERAS, L.; TORESAN, S.; AUSILIO, A. e BISARO, V. (2001). "Changes in some short-term properties in a Vertic Argiudoll under short-term conservation tillage." Soil & Tillage Research **61**: 179– 186.
- GOSS, M. J.; EHLERS, W.; BOONE, F. R.; WHITE, I. e HOWSE, K. R. (1984). "Effect of soil Management Practice on Soil Physical Conditions Affecting Root Growth." Journal of Agricultural Engineering and Research **30**: 131-140.
- GOVAERTS, B.; SAYRE, K. D. e DECKERS, J. (2005). "Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting?" Field Crops Research **94**: 33-42.
- GREB, B. W.; SMIKA, D. E. e BLACK, A. L. (1967). "Effect of straw mulch rates on soil water storage during summer fallow in the Great Plains." Soil Science Society of America Proceedings **31**: 556-559.
- GREGORICH, E. G. e ELLERT, B. H. (1993). Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. Soil Sampling and Methods Of Analysis. M. R. Carter. Boca Raton, Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers: 397-407.
- GREGORICH, E. G.; GREER, K. J.; ANDERSON, D. W. e LIAG, B. C. (1998). "Carbon distribution and losses: erosion and depositional effects." Soil & Tillage Research **47**: 291–302.
- GRUBER, W. e TEBRUGGE, F. (1990). "Influence of different tillage systems on field trafficability and soil compaction." American Society of Agricultural Engineers **90-1090**: 14.
- GUÉRIF, J.; RICHARD, G.; DÜRR, C.; MACHET, J. M.; RECOUS, S. e ESTRADE, J. R.-. (2001). "A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions, and seedling establishment." Soil & Tillage Research **61**: 13-32.
- GUERTAL, E.; ECKERT, D.; TRAINA, S. e LOGAN, T. (1991). "Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production." Soil Science Society of America Journal **55**: 410–413.
- GUPTA, S. C. e ALLMARAS, R. R. (1987). "Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction." Advances in Soil Science **6**: 65–100.

- HADAS, A.; WOLF, D. e MEIRSON, I. (1978). "Tillage implements-soil structure relationships and their effect on crop stands." Soil Science Society of America Journal **42**: 632-637.
- HÅKANSSON, I. (1990). "A method for characterizing the state of compactness of the plough layer." Soil & Tillage Research **16**: 105-120.
- HALVORSON, A. D.; BLACK, A. L.; KRUPINSKY, J. M.; MERRILL, S. D.; WIENHOLD, B. J. e TANAKA, D. L. (2000). "Spring wheat response to tillage and nitrogen fertilization in rotation with sunflower and winter wheat." Agronomy Journal **92**: 136-144.
- HALVORSON, A. D.; WIENHOLD, B. J. e BLACK, A. L. (2001). "Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system." Agronomy Journal **93**: 836-841.
- HALVORSON, A. D.; WIENHOLD, B. J. e BLACK, A. L. (2002). "Tillage, nitrogen and cropping systems effects on soil carbon sequestration." Soil Science Society of America Journal **66**: 906-912.
- HAMMEL, J. E. (1989). "Long-term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in northern Idaho." Soil Science Society of America Journal **53**: 1515-1519.
- HAMMEL, J. E. (1995). "Long-term tillage and crop rotation effect on winter wheat production in northern Idaho." Agronomy Journal **87**: 16-22.
- HARROLD, L. L. e EDWARDS, W. M. (1974). "No-tillage system reduces erosion from continuous corn watersheds." American Society of Agricultural Engineers **17**(3): 414-416.
- HAYHOE, H. N.; DWYER, L. M.; BALCHIN, D. e CULLEY, J. L. B. (1993). "Tillage effects on corn emergence rates." Soil & Tillage Research **26**: 45-53.
- HEMMAT, A. e ESKANDARI, I. (2006). "Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran." Soil & Tillage Research **86**: 99-109.
- HENDERSHOT, W. H.; LALANDE, H. e DUQUETTE, M. (1993). Soil reaction and Exchangeable Acidity. Soil Sampling and Methods of Analysis. M. R. Carter. Canada Society of Soil Science: 141-145.

- HENRIQUES, J. R. e CARNEIRO, J. B. (2002). Custo das principais tarefas agrícolas - Mão-de-obra e máquinas. Lisboa, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas; Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente; Divisão de Mecanização Agrária: 81.
- HERMAWAN, B. e CAMERON, K. C. (1993). "Structural changes in a silt loam under long-term conventional and minimum tillage." Soil & Tillage Research **26**: 139-150.
- HÉRNANZ, J. L. (2008). Eficiencia energética en Agricultura de Conservación en zonas semiáridas. Seminario Científico Sobre Agricultura de Conservación y Ahorro de Energía, Valladolid, Consejería de Agricultura y Ganadería.
- HERNÁNZ, J. L.; GIRÓN, V. S. e CERISOLA, C. (1995). "Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain." Soil & Tillage Research **35**: 183–198.
- HILL, R. L. (1990). "Long term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties." Soil Science Society of America Journal **54**: 161- 166.
- HILL, R. L. e CRUSE, R. M. (1985). "Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols." Soil Science Society of America Journal **49**: 1270–1273.
- HILLEL, D. (1998). Environmental Soil Physics. London, Academic Press.
- HORNE, D. J.; ROSS, C. W. e HUGES, K. A. (1992). "Ten years of a maize oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand. 1. A comparison of some soil properties." Soil & Tillage Research **22**: 131-143.
- HUGHES, K. A.; D. J. HORNE; ROSS, C. W. e JULIAN, J. F. (1992). "A 10- year maize/oats rotation under three tillage systems: plant population, root distribution and forage yields." Soil & Tillage Research **22**: 145-157.
- HULUGALLE, N. R. e ENTWISTLE, P. ( 1997). "Soil properties, nutrient uptake and crop growth in an irrigated Vertisol after nine years of minimum tillage." Soil & Tillage Research **42**: 15-32.
- HUSSAIN, I.; OLSON, K. R. e EBELHAR, S. A. (1999). "Long-term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions." Soil Science Society of America Journal **63**: 1335-1341.

- INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (1991). O Clima de Portugal - Normais Climáticas da Região do "Alentejo e Algarve", correspondentes a 1951-1980. Lisboa, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.
- IMERSON, A. C. e VIS, M. (1984). "Seasonal variations in soil erodibility under different land use types in Luxembourg." Journal of Soil Science **35**: 328–331.
- INE – Instituto Nacional de Estatística (2007). Portugal Agrícola - 1980-2006. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- JENKINSON, D. S. e AYANABA, A. (1977). "Decomposition of carbon-14 labelled plant material under tropical conditions." Soil Science Society of America Journal **41**: 912-915.
- JOHNSON-MAYNARD, J. L.; UMIKER, K. J. e GUY, S. O. (2007). "Earthworm dynamics and soil physical properties in the first three years of no-till management." Soil & Tillage Research **94**: 338–345.
- JONES, O. R.; HAUSER, V. L. e POPHAM, T. W. (1994). "No-tillage effects on infiltration, runoff and water conservation on dryland." American Society of Agricultural Engineers **37**: 473-479.
- JUMA, N. G. (1993). "Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production." Geoderma **57**: 3-30.
- KACEMI, M. (1992). Water conservation, crop rotations, and tillage systems in semiarid Morocco. Fort Collins, CO, USA, Colorado State University: 200.
- KARLEN, D. L.; EASH, N. S. e UNGER, P. W. (1992.). "Soil and crop management effects on soil quality indicators." American Journal of Alternative Agriculture **7**: 48-55.
- KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F. e SCHUMAN, G. E. (1997). "Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation." Soil Science Society of America Journal **61**: 4-10.
- 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 Research **32**: 313–327.

- KARUNATILAKE, U.; ES, H. M. V. e SCHINDELBECK, R. R. (2000). "Soil and maize response to plow and no-tillage after alfafa-to-maize conversion on a clay loam in New York." Soil & Tillage Research **55**: 31-42.
- KAY, B. D. (1990). Rates of change of soil structure under different cropping systems. Advances in Soil Science. B. A. Stewart. Heidelberg, Springer-Verlag. **12**: 1-52.
- KAY, B. D. e VANDENBYGAART, A. J. (2002). "Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter." Soil & Tillage Research **66**: 107-118.
- KHALILIAN, A.; HOOD, C. E.; PALMER, J. H.; GARNER, T. H. e BATHKE, G. R. (1991). "Soil compaction and crop response to wheat/soybean interseeding." Transactions of American Society of Agricultural Engineers **34**(6): 2299-2303.
- KIRKEGAARD, J. A.; ANGUS, J. F.; GARDNER, P. A. e MUÈLLER, W. (1994). "Reduced growth and yield of wheat with conservation cropping I: field studies in the first year of the cropping phase." Australian Journal of Agricultural Research **45**: 511-528.
- KIRKEGAARD, J. A.; MUNNS, R.; JAMES, R. A.; GARDNER, P. A. e ANGUS, J. F. (1995). "Reduced growth and yield of wheat with conservation cropping II: soil biological factors limit growth under direct drilling." Australian Journal of Agricultural Research **46**: 75-88.
- KOK, H. e MCCOOL, D. K. (1990). "Quantifying freeze-thaw induced variability of soil strength." American Society of Agricultural Engineers **33**: 501-511.
- KRZIC, M.; FORTIN, M.-C. e BOMKE, A. A. (2000). "Short-term responses of soil physical properties to corn tillage-planting systems in a humid maritime climate." Soil & Tillage Research **54**: 171-178.
- KUN, E. (1988). Cool Climate Cereals. Ankara, Turkey, University of Ankara.
- LAL, R. (1985). "Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical Alfisol in watershed cropped to maize." Soil & Tillage Research **6**: 149-162.
- LAL, R. (1989). "Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments." Advances in Agronomy **42**: 85-197.
- LAL, R. (1993). "Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality and sustainability." Soil & Tillage Research **27**: 1-8.

- LAL, R. e VANDOREN-JR, D. M. (1990). "Influence of 25 years of continuous corn production by three tillage methods on water infiltration for two soils in Ohio." Soil & Tillage Research **16**: 71-84.
- LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. e WHITMAN, C. (1995). World soils and greenhouse effect: an overview. Soils and Global Change. R. Lal, J. Kimble, E. Levine e B. A. Stewart. Boca Raton, FL, CRC Press: 1-25.
- LAMB, J. A.; PETERSON, G. A. e FENSTER, C. R. (1985). "Wheat fallow tillage systems' effect on a newly cultivated grassland soils' nitrogen budget." Soil Science Society of America Journal **49**: 352-356.
- LANGDALE, O. W.; ALBERTS, B. E.; BRUCE, R. R.; EDWARDS, W. M. e MCOREGOR, K. C. (1994). Concepts of residue management: Infiltration, runoff and erosion. Crops residue management and managing agricultural residues. J. L. H. a. B. A. Stewart. Boca Raton, Florida, Lewis Publishers: 109-124.
- LARNEY, F. J. e KLADIVKO, E. J. (1989). "Soil strength properties under four tillage systems at three long-term study sites in Indiana." Soil Science Society of America Journal **53**: 1539-1545.
- LAVELLE, P. (1997). "Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function." Advances in Ecological Research: 93-132.
- LAWRENCE, P. A.; RADFORD, B. J.; THOMAS, G. A.; SINCLAIR, D. P. e KEY, A. J. (1994). "Effect of tillage practices on wheat performance in a semi-arid environment." Soil & Tillage Research **28**: 347-364.
- LETEY, J. (1985). Relationship between soil physical properties and crop production. Advances in Soil Science. B. A. Stewart. New York, Springer. **1**: 277-294.
- LIMOUSIN, G. e TESSIER, D. (2007). "Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification " Soil & Tillage Research **92**: 167-174.
- LIN, H. S.; MCINNES, K. J.; WILDING, L. P. e HALLMARK, C. T. (1996). "Effective porosity and flow rate with infiltration at low tensions in a well-structured subsoil." American Society of Agricultural Engineers **39**: 131-133.
- LINDSTROM, M. J.; PAPENDICK, R. I. e KOEHLER, F. E. (1976). "A model to predict winter wheat emergence as affected by soil temperature. water potential, and depth of planting." Agronomy Journal **68**: 137-140.

- LOOMIS, R. S. e CONNOR, D. J. (1992). Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge, Cambridge University Press.
- LÓPEZ, M. V.; ARRÚE, J. L. e SÁNCHEZ-GIRON, V. (1996). "A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragón." Soil & Tillage Research **37**: 251–271.
- LÓPEZ-BELLIDO, L.; FUENTES, M.; CASTILLO, J. E.; LÓPEZ-GARRIDO, F. J. e FERNÁNDEZ, E. J. (1996). "Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions." Agronomy Journal **88**: 783–791.
- LÓPEZ-BELLIDO, L.; LÓPEZ-GARRIDO, F. J.; FUENTES, M.; CLASTILLO, J. E. e FERNÁNDEZ, E. J. (1997). "Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rain-fed Mediterranean conditions." Soil & Tillage Research **43**: 277-293.
- LÓPEZ-BELLIDO, R. J. e LÓPEZ-BELLIDO, L. (2001). "Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and fertilization,." Field Crop Research **71**: 31-46.
- LÓPEZ-FANDO, C. e ALMENDROS, G. (1995). "Interactive effects of tillage and crop rotations on yield and chemical properties of soils in semiarid central Spain." Soil & Tillage Research **36**: 45–57.
- LOVELAND, P. e WEBB, J. (2003). "Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review." Soil & Tillage Research **70**: 1-18.
- LYLES, L. e WOODRUFF, N. P. (1962). "How moisture and tillage affect cloddiness for wind erosion control." Agricultural Engineering **42**: 150-153.
- 
- MACKAY, A. D.; KLADIVKO, E. J.; BARBER, S. A. e GRIFFITH, D. R. (1987). "Phosphorus and potassium uptake by corn in conservation tillage systems." Soil Science Society of America Journal **51**: 970–974.
- MAHBOUBI, A. A. e LAL, R. (1998). "Long-term tillage effects on changes in structural properties of two soils in central Ohio." Soil & Tillage Research **45**: 107-118.
- MAHBOUBI, A. A.; LAL, R. e FAUSSEY, N. R. (1993). "Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio." Soil Science Society of America Journal **57**: 506-512.

- MAHLI, S. S. e O'SULLIVAN, P. A. (1990). "Soil temperature, moisture and penetrometer resistance under zero and conventional tillage in central Alberta." Soil & Tillage Research **17**: 167-172.
- MALHI, S. S.; MUMEY, G.; O'SULLIVAN, P. A. e HARKER, K. N. (1988). "An economic comparison of barley production under zero and conventional tillage." Soil & Tillage Research **11**(2): 159-166.
- MANNERING, J. V. e C. R. FENSTER, C. R., 1983. WHAT IS CONSERVATION TILLAGE?. J. SOIL WATER CONSERV., 38: 140-143. (1983). "What is conservation tillage?" Journal of Soil and Water Conservation **38**: 140-143.
- MANOR, G.; CLARK, R. L.; RADCLIFFE, D. E. e LANGDALE, G. W. (1991). "Soil cone index variability under fixed traffic tillage systems." American Society of Agricultural Engineers **34**: 1952-1956.
- MARQUES, F. P. S. S. C. e BASCH, G. (2002). Comparação da viabilidade económica de quatro sistemas de mobilização do solo. 1º Congresso Nacional de Mobilização de Conservação do Solo, Évora, Aposolo
- MARTINS, M. B. C. F. e MARQUES, C. A. F. (1995). Avaliação económica de tecnologias alternativas de mobilização do solo. Évora, Universidade de Évora.
- MATOWO, P. R.; PIERZYNSKI, G. M.; WHITNEY, D. e LAMOND, R. E. (1999). "Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum." Soil & Tillage Research **50**: 11-19.
- McCALLA, T. M. e ARMY, T. J. (1961). "Stubble mulch farming." Advances in Agronomy **13**: 125-196.
- McGARRY, D.; BRIDGE, B. J. e RADFORD, B. J. (2000). "Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid tropics." Soil & Tillage Research **53**: 105-115.
- McGUINNESS, J. L.; HARROLD, L. L. e EDWARDS, W. M. (1971). "Relation of rainfall energy and stream flow to sediment yield from small and large watersheds." Journal of Soil and Water Conservation **26**: 233-235.
- MENDONÇA, E. A. (2004). Análise dos encargos com a utilização das máquinas agrícolas, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas; Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente; Divisão de Mecanização Agrária: 65.



- MENDONÇA, E. A. e CARNEIRO, J. B. (1992). Tempos de trabalho das principais tarefas agrícolas. Lisboa, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas; Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente; Divisão de Mecanização Agrária: 80.
- MIELKE, L. W.; WILHELM, W. W.; RICHARDS, K. A. e FENSTER, C. R. (1984). "Soil physical characteristics of reduced tillage in a wheatfallow system." American Society of Agricultural Engineers **27**: 1724-1728.
- MILLER, M. e DICK, R. P. (1995). "Dynamics of soil C and microbial biomass in whole soil and aggregates in two cropping systems." Applied Soil Ecology **2**: 253-261.
- MILLER, R. M. e JASTROW, J. D. (1990). "Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation." Soil Biology and Biochemistry **22**: 579-584.
- MILTHORPE, F. L. e MOORBY, J. (1974). An introduction to crop physiology. Cambridge, Cambridge University Press.
- MORENO, F.; PELEGRÍN, F.; FERNÁNDEZ, J. E. e MURILLO, J. M. (1997). "Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain." Soil & Tillage Research **41**: 25-42.
- MRABET, R. (2000). "Differential response of wheat to tillage management systems in a semiarid area of Morocco." Field Crops Research **66**: 165-174.
- MRABET, R.; SABER, N.; EL-BRAHLI, A.; LAHLOU, S. e BESSAM, F. (2001). "Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Marroco." Soil & Tillage Research **57**: 225-235.
- MULLINS, C. E.; MACLEOD, D. A.; NORTHCOTE, K. H.; TISDALL, J. M. e YOUNG, I. M. (1990). Hardsetting soils, behaviour, occurrence and management. Advances in Soil Science. R. Lal e B. A. Stewart. New York, Springer. **11**: 37-108.
- 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 Research **49**: 233-241.
- NAIL, E. L.; YOUNG, D. L. e SCHILLINGER, W. F. (2007). "Diesel and glyphosate price changes benefit the economics of conservation tillage versus traditional tillage." Soil & Tillage Research **94**: 321-327.

- OBI, M. E. e NNABUDE, P. C. (1988). "The effect of different management practices on the physical properties of a sandy loam soil in southern Nigeria." Soil & Tillage Research **12**: 81–90.
- OJENIYI, S. O. e DEXTER, A. R. (1979). "Soil structural changes during multiple pass tillage." American Society of Agricultural Engineers **22**: 1068-1072.
- O'LEARY, G. J. e CONNOR, D. J. (1997). "Stubble retention and tillage in a semi-arid environment: 1. Soil water accumulation during fallow." Field Crops Research **52**: 209-219.
- O'LEARY, G. J. e CONNOR, D. J. (1997). "Stubble retention and tillage in a semi-arid environment: 2. Soil mineral nitrogen accumulation during fallow." Field Crops research **52**: 221-229.
- OLSON, K. R.; LANG, J. M. e EBELHAR, S. A. (2005). "Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois." Soil & Tillage Research **81**: 217–225.
- OUSSIBLE, M.; CROOKSTON, R. K. e LARSON, W. E. (1992). "Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat." Agronomy Journal **84**: 34-38.
- OWENS, L. B.; EDWARDS, W. M. e 18.; R. W. V. K. (1989). "Sediment and nutrient losses from an unimproved, all-year grazed watershed." Journal of Environmental Quality **18**: 232–238.
- OWENS, L. B.; KEUREN, R. W. V. e W. M. EDWARDS HYDROLOGY AND SOIL LOSS FROM A HIGH-FERTILITY, R. P. P. (1983). "Hydrology and soil loss from a high-fertility, rotational pasture program." Journal of Environmental Quality **12**: 341–350.
- OZPINAR, S. (2006). "Effects of tillage on productivity of a winter wheat-vetch rotation under dryland Mediterranean conditions." Soil & Tillage Research **89**: 258–265.
- OZPINAR, S. e CAY, A. (2006). "Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey." Soil & Tillage Research **88**: 95-106.
- PACKER, I. J.; HAMILTON, G. J. e WHITE, I. (1984). "Tillage practices to conserve soil and improve soil conditions." Journal of Soil Conservation (NSW) **40**: 78-87.

- PAGLIAI, M.; LA-MARCA, M.; LUCAMANTE, G. e GENOVESE, L. (1984). "Effects of zero and conventional tillage on the length and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under viticulture." Soil & Tillage Research **4**: 433–444.
- PAGLIAI, M.; RAGLIONE, M.; PANINI, T.; MALETTA, M. e LA-MARCA, M. (1995). "The structure of two alluvial soils in Italy after 10 years of conventional and minimum tillage." Soil & Tillage Research **34**: 209–223.
- PAPENDICK, R. I. e MILLER, D. E. (1977). "Conservation tillage in the Pacific Northwest." Journal of Soil and Water Conservation **32**: 49–56.
- PARTON, W. J.; SCHIMEL, D. S.; COLE, C. V. e OJIMA, D. S. (1987). "Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands." Soil Science Society of America Journal **51**: 1173-1179.
- PHILLIPS, R. E. e PHILLIPS, S. H. (1984). No-Tillage Agriculture - Principles and practices. New York, Van Nostrand Reinhold.
- 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." Journal of Agricultural Science, Cambridge **88**: 431–442.
- PINHEIRO, E. F.; PEREIRA, M. G. e ANJOS, L. H. (2004). "Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil." Soil & Tillage Research **77**: 79–84.
- POWLSON, D. S. e JENKINSON, D. S. (1980) "The effect of mechanical disturbance on organic matter changes in soil." In: Report of Rothamsted Experimental Station, 1979: Part 1, Rothamsted Experimental Station, UK: 233-234
- PRASAD, R. e POWER, J. F. (1991). "Crop residue management." Advances in Agronomy **15**: 205–250.
- RAO, S. C. e DAO, T. H. (1996). "Nitrogen placement and tillage effect on dry matter and nitrogen accumulation and redistribution in winter wheat." Agronomy Journal **88**: 365–371.
- RASMUSSEN, P. E. e COLLINS, H. P. (1991). " Long-term impacts of tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions." Advances in Agronomy **45**: 93-134.

- RASMUSSEN, P. E.; ALBRECHT, S. L. e SMILEY, R. W. (1998). "Soil C and N changes under tillage and cropping systems in semi-arid Pacific Northwest agriculture." Soil & Tillage Research **47**: 197-205.
- RHOTON, F. E. (2000). "Influence of time on soil responses to no-till practices." Soil Science Society of America Journal **64**: 700-709.
- RHOTON, F. E.; BRUCE, R. R.; BUEHRING, N. W.; ELKINS, G. B.; LANGDALE, C. W. e TYLER, D. D. (1993). "Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems." Soil & Tillage Research **28**: 51-61.
- RICHARDS, L. A. (1948). "Methods of measuring soil moisture tension." Soil Science **68**: 95-112.
- RILEY, H.; BÜRRESEN, T.; EKEBERG, E. e RYDBERG, T. (1994). Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems. M. R. Carter. London, Lewis Publishers: 23-45.
- ROBERSON, E. B.; SARIG, S. e FIRESTONE, M. K. (1991). "Cover crop management of polysaccharide-mediated aggregation in an orchard soil." Soil Science Society of America Journal **55**: 734-739.
- ROGER-ESTRADE, J.; RICHARD, G.; CANEILL, J.; BOIZARD, H.; COQUET, Y.; DEFOSSEZ, P. e MANICHON, H. (2004). "Morphological characterisation of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modelling of structural changes over time." Soil & Tillage Research **79**: 33-49.
- ROSELL, R. A.; ANDRIULO, A. E.; SCHNITZER, M.; CRESPO, M. B. e MIGLIERINA, A. M. (1989). "Humic acids properties of an argiudoll soil under two tillage systems." Science of Total Environment **81-82**: 391-400.
- RUSSELL, E. W. (1973). Soil conditions and plant growth. London, Longman, Green and Co.
- RUSSELL, J. C. (1939). "The effect of surface cover on soil moisture losses by evaporation." Soil Science Society of America Proceedings **4**: 65-70.
- RYDBERG, T. (1990). "Effects of ploughless tillage and straw incorporation on evaporation." Soil & Tillage Research **17**: 303-314.

- SALINAS-GARCÍA, J. R.; HONS, F. M. e MATOCHA, J. E. (1997). "Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics." Soil Science Society of America Journal **61**: 152–159.
- SÁNCHEZ-GIRÓN, V.; SERRANO, A.; HERNANZ, J. L. e NAVARRETE, L. (2004). "Economic assessment of three long-term tillage systems for rainfed cereal and legume production in semiarid central Spain." Soil & Tillage Research **78**: 35–44.
- SASAL, M. C.; ANDRIULO, A. E. e TABOADA, M. A. (2006). "Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas." Soil & Tillage Research **87**: 9-18.
- SCHILLINGER, W. F. (2001). "Minimum and delayed conservation tillage for wheat-fallow farming." Soil Science Society of America Journal **65**: 1203-1209.
- SCHJØNNING, P. e RASMUSSEN, K. (2000). "Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils." Soil & Tillage Research **53**: 69–82.
- SELLES, F.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; ZENTNER, R. P. e FAGANELLO, A. (1997). "Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian Oxisol under different tillage systems." Soil & Tillage Research **44**(1,2): 23-34.
- SHANMUGANATHAN, R. T. e OADES, J. M. (1982). "Effect of dispersible clay on the physical properties of the B horizon of a red-brown earth." Australian Journal of Soil Research **20**: 315-324.
- SHIEL, R. S.; ADEY, M. A. e LODDER, M. (1988). "The effect of successive wet/dry cycles on aggregate size distribution in a clay texture soil." Journal of Soil Science **39**: 71–80.
- SHUKLA, M. K. e LAL, R. (2004). "Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio." Soil & Tillage Research **81**: 173–181.
- SHUSTER, W. D.; SUBLER, S. e MCCOY, E. L. (2000). "Foraging by deep-burrowing earthworms degrades surface soil structure of a fluventic Hapludoll in Ohio." Soil & Tillage Research **54**: 179-189.
- SIKORA, L. J.; YAKOVCHENKO, V.; CAMBARDELLA, C. A. e DORAN, J. W. (1996). Assessing soil quality by testing organic matter. Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation. Soil Science Society of America Special Publication. F. R.

- Magdoff, M. A. Tabatabai e E. A. H. Jr. Madison, Wisconsin, SSSA and ASA. **46**: 41-50.
- SILVA, P. O. (2002). Sistemas de mobilização do solo na cultura do girassol. Évora, Universidade de Évora: 235.
- SIMMONS, F. W. e CASSEL, D. K. (1989). "Cone index and soil physical property relationships on a sloping paleudult complex." Soil Science **147**: 40-60.
- SINGH, B.; CHANASYK, D. S. e MCGILL, W. B. (1998). "Soil water regime under barley with long-term tillage-residue systems." Soil & Tillage Research **45**: 59-74.
- SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. e BODDEY, R. M. (2004). "Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil, ." Soil & Tillage Research **76**: 39-58.
- SMART, P. (1975). "Soil Microstructure." Soil Science **119**: 385-393.
- SMIKA, D. E. (1983). "Soil water change as related to position of wheat straw mulch on the surface." Soil Science Society of America Journal **47**: 988-991.
- SOANE, B. D. e PIDGEON, J. D. (1975). "Tillage requirement in relation to soil physical properties." Soil Science **119**: 376-384.
- SSS – Soil Survey Staff (1951). Soil Survey Manual - Agricultural Handbook nº18, U. S. Department of Agriculture, Washington
- STONEHOUSE, D. P. (1991). "The economics of tillage for large-scale mechanized farms." Soil & Tillage Research **20**: 333-351.
- STONEHOUSE, D. P. (1995). "Profitability of soil and water conservation in Canada." Journal of Soil and Water Conservation **50**: 215-219.
- STONEHOUSE, D. P. (1997). "Socio-economics of alternative tillage systems." Soil & Tillage Research **43**: 109-130.
- TAN, Z.; LAL, R.; OWENS, L. e IZAURRALDE, R. C. (2007). "Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice." Soil & Tillage Research **92**: 53-59.
- TEBRÜGGE, F. e BÖHRNSEN, A. (1997). Crop yields and economic aspects os no-tillage compared to plough tillage: Results of long-term field experiments in

- Germany. EC- Workshop IV - Experience with the Applicability of No-Tillage Crop Production in the West-European Countries, Boigneville, Wissenschaftlicher Fachverlag.
- TEBRÜGGE, F. e WAGNER, A. (1995). Soil structure and traficability after long-term application of no-tillage. EC- Whorkshop II- Experience with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West-European Countries, Silsoe, Wissenschaftlicher Fachverlag.
- THOMAS, G. W. e FRYE, W. W. (1984). Fertilization and liming. No-Tillage Agriculture Principles and Practices. R. E. Phillips e S. H. Phillips. New York, Van Nostrand Reinhold: 87–126.
- THOMAS, M. L.; LAL, R.; LOGAN, T. J.; FAUSEY, N. R. e . SOIL SCI. SOC. AM. J. (1992). "Land use and management effects on non-point loading from Miamian soil." Soil Science Society of America Journal **56**: 1871–1875.
- TISDALL, J. M. e OADES, J. M. (1982). "Organic matter and water-stable aggregates in soils." Journal of Soil Science **33**: 141–163.
- TOMLINSON, T. E. (1974). Soil structural aspects of direct drilling. 10th Int. Congress on Soil Science.
- UNGER, P. W. (1984). "Tillage systems for soil and water conservation." FAO Soils Bulletin **54**: 277.
- UNGER, P. W. (1994). "Tillage effects on dryland wheat and sorghum production in the southern Great Plains." Agronomy Journal **86**: 310-314.
- UNGER, P. W. e FULTON, L. J. (1990). "Conventional- and no-tillage effects on upper root zone soil conditions." Soil & Tillage Research **16**: 337-344.
- UNGER, P. W. 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 Research **45**: 39–57.
- UNGER, P. W. e MCCALLA, R. M. (1980.). "Conservation tillage systems." Advances in Agronomy **33**: 1-58.
- UNGER, P. W. e STEWART, B. A. (1983). Soil management for efficient water use: an overview. Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. H. M. Taylor, W. R. Jordan e T. R. Sinclair. Madison, ASA-CSSA-SSSA: 419-460.

- VAN-ES, H. M.; OGDEN, C. B.; HILL, R. L.; SCHINDELBECK, R. R. e TSEGAYE, T. (1999). "Integrated assessment of space, time, and management-related variability of soil hydraulic properties." Soil Science Society of America Journal **63**: 1599–1607.
- VERMEUL, V. R.; ISTOK, J. D.; FLINT, A. L. e JR, J. L. P. (1993). "An improved method for quantifying soil macroporosity." Soil Science Society of America Journal **57**: 809–816.
- VOORHEES, W. B.; LINDSTROM, M. J. e . LONG-TERM EFFECTS OF TILLAGE METHOD ON SOIL TILTH INDEPENDENT OF WHEEL TRAFFIC COMPACTION. SOIL SCI. SOC. AM. J. 48 (1984). "Long-term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction." Soil Science Society of America Journal **48**: 152–156.
- VYN, T. J. e RAIMBAULT, B. A. (1993). "Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure." Agronomy Journal **85**: 1074–1079.
- WALKLEY, A. e BLACK, I. A. (1934). "An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method." Soil Science: 29-38.
- WARD, L. D.; BRENNAN, J. P. e CROOK, L. C. (1986). Effect of tillage systems on farm management and profitability. New Trends in Australian Agriculture. P. S. Comish e J. E. Pratley. Melbourne, Inkata Press: 448.
- WATSON, K. e LUXMOORE, R. (1986). "Estimating macroporosity in a forest watershed by use of a tension infiltrometer." Soil Science Society of America Journal **50**: 578–582.
- WATTS, C. W. e DEXTER, A. R. (1994). "Traffic and seasonal influences on the energy required for cultivation and subsequent tilth." Soil & Tillage Research **31**: 303-322.
- WATTS, C. W. e DEXTER, A. R. (1998). "Soil friability: theory, measurement and the effects of management and organic matter." European Journal of Soil Science **49**: 73–84.
- WATTS, C. W.; DEXTER, A. R. e LONGSTAFF, D. J. (1996b). "An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilisation during tillage - Part II - Field trials." Soil & Tillage Research **37**: 175-190.



- WATTS, C. W.; DEXTER, A. R.; DUMITRU, E. e ARVIDSSON, J. (1996a). "An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilisation during tillage. - Part I. A laboratory test." Soil & Tillage Research **37**: 161-174.
- WCED – World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. World Commission on Environment and Development; Oxford, Oxford University Press.
- WHITE, W. M. (1993). Dry Aggregate Distribution. Soil Sampling and Methods of Analysis. M. R. Carter. Canada Society of Soil Science, Lewis: 659-662.
- WILSON, G. V. e LUXMOORE, R. J. (1988). "Infiltration, macroporosity and mesoporosity distributions on two forested watersheds." Soil Science Society of America Journal **52**: 329–335.
- WUEST, S. B. (2001). "Soil biopore estimation: effects of tillage, nitrogen, and photographic resolution." Soil & Tillage Research **62**: 111-116.
- ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T. e KONZAK, C. F. (1974). "A decimal code for the growth stages of cereals." Weed Research **14**: 415-421.
- ZENTNER, R. P.; BRANDT, S. A.; KIRKLAND, K. J.; CAMPBELL, C. A. e SONNTAG, G. J. (1992). "Economics of rotation and tillage systems for the Dark Brown soil zone of the Canadian Prairies." Soil & Tillage Research **24**: 271–284.
- ZENTNER, R. P.; LAFOND, G. P.; DERKSEN, D. A. e CAMPBELL, C. A. (2002). "Tillage method and crop diversification: effect on economic returns and riskiness of cropping systems in a Thin Black Chernozem of the Canadian Prairies." Soil & Tillage Research **67**: 9-21.
- ZENTNER, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; F. B. DYCK e CAMPBELL, C. A. (1991). "Economics of tillage systems for spring wheat production in Saskatchewan (Canada)." Soil & Tillage Research **21**: 225-242.
- ZIBILSKE, L. M.; BRADFORD, J. M. e SMART, J. R. (2002). "Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil." Soil & Tillage Research **66**: 153–163.



---

## ANEXOS

Anexo 1 Escala de de estados fenológicos primários e secundários.....	294
Anexo 2 Cenário de preços .....	295
Anexo 3 Valores de substituição, Vida útil e Utilização Máxima Anual dos Tractores e Alfaias considerados.....	296
Anexo 4 Custos energéticos unitários .....	297
Anexo 5 Origem da Variação.....	298

## Anexo 1 Escala de de estados fenológicos primários e secundários (segundo ZADOKS *et al.*, 1974)

<p><b>0 Germinação</b></p> <p>00 Semente seca</p> <p>01 Início da imbibição</p> <p>02 Imbibição completa</p> <p>03 Radícula a emergir da cariopse</p> <p>04 Coleótilo a emergir da cariopse</p> <p>05 Folha a aparecer na extremidade do coleótilo</p> <p><b>1 Plântula</b></p> <p>10 Primeira folha através do coleótilo</p> <p>11 Primeira folha aberta</p> <p>12 Duas folhas abertas</p> <p>13 Três folhas abertas</p> <p>14 Quatro folhas abertas</p> <p>15 Cinco folhas abertas</p> <p>16 Seis folhas abertas</p> <p>17 Sete folhas abertas</p> <p>18 Oito folhas abertas</p> <p>19 Nove ou mais folhas abertas</p> <p><b>2 Afilamento</b></p> <p>20 Colmo principal só</p> <p>21 Colmo principal e um filho</p> <p>22 Colmo principal e dois filhos</p> <p>23 Colmo principal e três filhos</p> <p>24 Colmo principal e quatro filhos</p> <p>25 Colmo principal e cinco filhos</p> <p>26 Colmo principal e seis filhos</p> <p>27 Colmo principal e sete filhos</p> <p>28 Colmo principal e oito filhos</p> <p>29 Colmo principal e nove ou mais filhos</p> <p><b>3 Alongamento do caule</b></p> <p>30 Falsa erecção do caule</p> <p>31 Primeiro nó visível</p> <p>32 Segundo nó visível</p> <p>33 Terceiro nó visível</p> <p>34 Quarto nó visível</p> <p>35 Quinto nó visível</p> <p>36 Sexto nó visível</p> <p>37 Folha bandeira a aparecer</p> <p>39 Lígula da folha bandeira a aparecer</p>	<p><b>4 Emborrachamento</b></p> <p>41 Bainha da folha bandeira em expansão</p> <p>43 Emborrachamento a começar a ser evidente</p> <p>45 Emborrachamento</p> <p>47 Bainha da folha bandeira a abrir</p> <p>49 Primeiras aristas visíveis</p> <p><b>5 Emergência da inflorescência</b></p> <p>50 Primeira espiguetta da inflorescência visível</p> <p>53 1/4 da inflorescência saída</p> <p>55 1/2 da inflorescência saída</p> <p>57 3/4 da inflorescência saída</p> <p>59 Inflorescência completamente saída</p> <p><b>6 Ântese</b></p> <p>61 Começo da ântese</p> <p>63 Ântese a meio</p> <p>65 Ântese completa</p> <p><b>7 Estado do grão leitoso</b></p> <p>71 Cariopse aquosa</p> <p>73 Início do estado leitoso</p> <p>75 Estado leitoso a meio</p> <p>77 Estado leitoso avançado</p> <p><b>8 Estado do grão pastoso</b></p> <p>83 Início do estado pastoso</p> <p>85 Pasta mole</p> <p>87 Pasta dura</p> <p><b>9 Maturação</b></p> <p>91 Cariopse dura (difícil de dividir com a unha do polegar)</p> <p>92 Cariopse dura (impossível de marcar com a unha do polegar)</p> <p>93 Cariopse soltando-se durante dia</p> <p>94 Sobrematuração, palha seca e quebradiça</p> <p>95 Semente dormente</p> <p>96 Semente viável dando 50% de germinação</p> <p>97 Semente não dormente</p> <p>98 Dormência secundária induzida</p> <p>99 Dormência secundária perdida</p>
--	--

## Anexo 2 Cenário de preços (preços correntes)

<b>Custos</b>	
gasóleo	0,6 €.litro <sup>-1</sup>
óleo	5,0 €.litro <sup>-1</sup>
semente de trigo mole	0,455 €.kg <sup>-1</sup>
adubo binário (18:46:0)	0,837 €.kg <sup>-1</sup>
adubo azotado (26% de azoto)	0,384 €.kg <sup>-1</sup>
ureia (46% de azoto)	0,339 €.kg <sup>-1</sup>
glifosato (360 g.litro <sup>-1</sup> )	4,5 €.litro <sup>-1</sup>
Granstar	0,597 €.g <sup>-1</sup>
lloxan	16,6 €.litro <sup>-1</sup>
tractorista	4,9 €.hora <sup>-1</sup>
trabalhador indiferenciado	4,0 €.hora <sup>-1</sup>
<b>Proveitos</b>	
grão de trigo	0,19 €.kg <sup>-1</sup>
palha de trigo	0,90 €.fardo <sup>-1</sup> (1)

(1) considerou-se que os fardos são vendidos no terreno

### Anexo 3 Valores de substituição, Vida útil e Utilização Máxima Anual dos Tractores e Alfaías considerados

Equipamento	Sistema de mobilização do solo	Valor de substituição (€)	Vida útil (anos)		Utilização máxima anual (hora.ano <sup>-1</sup> )
			Mínima	Máxima	
tractor 110 cv	Esc, Chi, Lav	53 329	10	20	1000
tractor 80 cv	SD	33 635	10	20	1000
charrua 3F-13" 180H	Lav	4 408	17	30	250
chisel 7B	Chi	2 459	20	30	125
grade-de-discos 22D-24"	Chi, Lav	4 662	20	30	250
escarificador 15D	Esc	3 213	20	30	125
vibrocultor 41B	Esc	2 144	20	30	125
semeador de linhas	Esc, Chi, Lav	15 298	10	15	125
semeador sem.directa	SD	30 087	10	15	250
pulverizador	SD, Esc, Chi, Lav	2 687	10	15	125
distribuidor centrifugo	SD, Esc, Chi, Lav	2 912	13	20	125
enfardadeira	SD, Esc, Chi, Lav	14 500	10	15	250

## Anexo 4 Custos energéticos unitários

(segundo HÉRNANZ, 2008)

<b>Maquinaria</b>		
tractor 80	13,05	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
charrua	82,60	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
chisel	67,50	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
escarificador	60,00	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
grade de discos	70,40	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
vibrocultor	60,00	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
semeador convencional	81,20	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
semeador de SD	110,00	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
pulverizador	94,20	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
distribuidor centrífugo	90,00	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
ceifeira debulhadora	54,00	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
enfardadeira	48,00	$\text{kJ.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$
<b>Combustível</b>		
gasóleo	47,78	$\text{MJ.litro}^{-1}$
<b>Fertilizantes</b>		
axoto	45	$\text{MJ.kg UF}^{-1}$
fósforo	15,8	$\text{MJ.kg UF}^{-1}$
<b>Sementes</b>		
semente	6	$\text{MJ.kg}^{-1}$
<b>Herbicidas</b>		
glifosato	450	$\text{MJ.kg}^{-1}$
iloxan	190	$\text{MJ.kg}^{-1}$
granstar	190	$\text{MJ.kg}^{-1}$

## Anexo 5 Origem da Variação

Porosidade		Origem da variação				
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro	
G.L.		3	2	6	24	
1995/96	Campo R1	Porosidade total	1,54	26,91	8,40	8,40
		> 300 $\mu\text{m}$	0,40	11,01	2,08	1,05
		300 a 50 $\mu\text{m}$	1,55	32,18	2,44	4,31
		50 a 8,5 $\mu\text{m}$	4,17	3,72	4,84	4,31
		8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$	8,26	5,82	14,47	14,64
	< 0,2 $\mu\text{m}$	0,08	8,21	0,54	3,35	
	Campo R3	Porosidade total	2,82	82,29	1,37	10,00
		> 300 $\mu\text{m}$	0,44	2,09	1,63	2,58
		300 a 50 $\mu\text{m}$	4,02	5,83	2,12	7,89
		50 a 8,5 $\mu\text{m}$	1,67	8,66	7,62	5,47
8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$		7,85	30,27	7,12	16,85	
< 0,2 $\mu\text{m}$	19,80	101,52	4,26	36,87		
1998/99	Campo R1	Porosidade total	89,97	0,67	2,30	22,89
		> 300 $\mu\text{m}$	3,69	1,84	0,56	2,23
		300 a 50 $\mu\text{m}$	70,58	11,34	15,88	16,27
		50 a 8,5 $\mu\text{m}$	1,48	1,61	0,33	1,34
		8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$	54,21	50,98	45,27	47,51
	< 0,2 $\mu\text{m}$	6,78	107,28	20,29	28,35	
	Campo R3	Porosidade total	72,67	13,42	9,50	6,26
		> 300 $\mu\text{m}$	4,18	3,41	0,98	0,38
		300 a 50 $\mu\text{m}$	77,86	8,90	11,33	3,27
		50 a 8,5 $\mu\text{m}$	5,83	0,56	0,92	0,71
8,5 a 0,2 $\mu\text{m}$		57,77	0,16	28,66	21,35	
< 0,2 $\mu\text{m}$	112,22	9,46	12,36	24,06		
1995/96	R1	> 50 $\mu\text{m}$	2,42	79,54	7,79	7,03
		50 a 0,2 $\mu\text{m}$	7,58	16,92	8,67	4,85
		< 0,2 $\mu\text{m}$	0,08	8,21	0,54	3,35
	R3	> 50 $\mu\text{m}$	7,01	12,32	4,22	15,91
		50 a 0,2 $\mu\text{m}$	9,36	6,57	2,91	20,82
		< 0,2 $\mu\text{m}$	19,80	101,52	4,26	36,87
1998/99	R1	> 50 $\mu\text{m}$	104,59	22,13	21,11	19,88
		50 a 0,2 $\mu\text{m}$	13,01	12,41	14,02	13,18
		< 0,2 $\mu\text{m}$	6,78	107,28	20,29	28,35
	R3	> 50 $\mu\text{m}$	117,33	23,29	16,24	4,53
		50 a 0,2 $\mu\text{m}$	84,94	1,21	26,59	23,70
		< 0,2 $\mu\text{m}$	112,22	9,46	12,36	24,06

G.L. - graus de liberdade



Densidade Aparente		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interação (A) x (B)	Erro
G.L.		3	2	6	24
1995/96	Campo R1	0,003	0,068	0,005	0,013
	Campo R3	0,004	0,008	0,012	0,018
1998/99	Campo R1	0,054	0,101	0,005	0,012
	Campo R3	0,109	0,021	0,011	0,004

G.L. - graus de liberdade

Resistência à penetração		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interação (A) x (B)	Erro
G.L.		3	2	6	24
1995	Campo A3	2,34	33,84	0,13	2,13
G.L.		3	5	15	48
1996	Campo R3	12,31	9,48	0,28	0,52

G.L. - graus de liberdade

Diâmetro médio dos agregados		Origem da variação	
		Mobilização	Erro
G.L.		3	8
1995	Campo A3	0,12	0,46
1996	Campo R3	0,26	0,04

G.L. - graus de liberdade

Humidade do solo (TDR)		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro
G.L.		1	2	2	24
Datas de leitura	30 de Março	8,19	60,20	7,46	11,11
	6 de Abril	4,11	170,91	1,76	32,18
	13 de Abril	3,88	108,06	0,29	11,74
	20 de Abril	3,69	107,93	0,02	11,36
	27 de Abril	0,26	90,61	1,95	13,01
	4 de Maio	1,91	41,34	2,36	10,85
	11 de Maio	0,51	64,68	1,51	13,45
	18 de Maio	0,01	64,36	0,43	13,07
	25 de Maio	0,00	111,02	0,22	16,46
	1 de Junho	3,39	132,22	0,02	21,77
	8 de Junho	3,77	77,58	0,62	16,38
	15 de Junho	0,67	146,02	11,01	23,23
	22 de Junho	5,17	127,49	2,21	18,37
	29 de Junho	3,61	181,82	8,69	17,65
	5 de Julho	2,35	196,13	11,10	16,13
	13 de Julho	4,96	227,62	14,04	15,21
	20 de Julho	3,82	235,38	14,20	15,53
30 de Julho	7,50	265,93	7,25	17,58	
10 de Agosto	1,73	93,68	19,78	13,55	

G.L. - graus de liberdade

Humidade do solo (sonda neutrões)		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro
G.L.		1	2	2	24
Datas de leitura	30 de Março	10,09	24,86	1,45	11,18
	6 de Abril	9,60	32,82	1,59	11,58
	13 de Abril	9,84	55,05	1,58	11,24
	20 de Abril	10,17	57,93	1,72	11,06
	27 de Abril	16,33	61,60	3,30	9,75
	4 de Maio	15,30	52,03	2,72	11,00
	11 de Maio	6,53	41,49	1,60	10,84
	18 de Maio	6,80	48,15	1,99	10,85
	25 de Maio	11,53	61,07	1,38	11,22
	1 de Junho	15,30	109,73	2,82	13,05
	8 de Junho	18,82	185,54	1,63	12,35
	15 de Junho	4,37	189,21	1,69	12,46
	22 de Junho	2,48	173,34	3,05	12,51
	29 de Junho	3,41	165,60	3,63	11,94
	5 de Julho	5,16	170,21	3,86	12,03
	13 de Julho	5,58	179,97	5,40	11,07
20 de Julho	7,42	185,04	5,68	11,16	
30 de Julho	8,07	190,24	5,94	10,88	
10 de Agosto	11,62	181,17	6,81	10,67	

G.L. - graus de liberdade

Teor de matéria orgânica		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro
G.L.		3	2	6	24
1995/96	Campo A1	0,007	0,577	0,057	0,021
	Campo A2	0,079	0,170	0,020	0,031
	Campo A3	0,059	0,254	0,099	0,058
	Campo R1	0,008	0,055	0,028	0,056
	Campo R2	0,197	0,612	0,116	0,115
	Campo R3	0,029	0,019	0,076	0,086
1996/97	Campo A1	0,033	0,944	0,044	0,041
	Campo A2	0,063	0,941	0,109	0,030
	Campo A3	0,019	0,591	0,018	0,063
	Campo R1	0,028	0,088	0,030	0,013
	Campo R2	0,035	0,644	0,068	0,051
	Campo R3	0,089	0,148	0,015	0,058
1998/99	Campo A1	0,026	0,731	0,069	0,013
	Campo A2	0,038	0,729	0,074	0,042
	Campo A3	0,005	0,119	0,026	0,026
	Campo R1	0,054	0,101	0,010	0,019
	Campo R2	0,023	0,744	0,105	0,014
	Campo R3	0,139	0,231	0,041	0,046

G.L. - graus de liberdade

Teor de nitratos		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro
G.L.		3	2	6	24
1995/96	Campo A1	49,45	44,14	42,80	69,25
	Campo A2	12,85	71,90	49,68	21,23
	Campo A3	11,46	143,03	15,81	14,31
	Campo R1	50,03	141,30	13,81	7,71
	Campo R2	2,81	92,21	25,39	6,66
	Campo R3	22,96	146,69	25,18	27,29
1996/97	Campo A1	4,37	429,05	48,37	11,95
	Campo A2	90,06	53,69	79,19	26,95
	Campo A3	14,36	42,58	13,03	6,49
	Campo R1	14,86	32,27	15,93	21,92
	Campo R2	8,01	73,46	26,01	7,28
	Campo R3	22,07	115,58	4,15	12,67
1998/99	Campo A1	27,86	86,37	12,51	7,28
	Campo A2	652,28	140,57	101,03	916,97
	Campo A3	2641,44	1650,69	458,10	2181,94

G.L. - graus de liberdade

Teor de fósforo	Origem da variação				
	Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro	
G.L.	3	2	6	24	
1995/96	Campo A1	154,48	985,44	198,04	71,67
	Campo A2	338,78	1615,44	91,89	281,33
	Campo A3	185,63	94,78	13,30	169,78
	Campo R1	131,67	448,44	84,89	188,22
	Campo R2	262,07	2112,11	377,74	61,56
	Campo R3	28,00	127,44	9,22	57,78
1996/97	Campo A1	79,70	1550,33	213,59	96,44
	Campo A2	52,59	1734,78	126,48	53,44
	Campo A3	31,22	304,00	29,33	48,22
	Campo R1	18,67	109,00	27,67	39,67
	Campo R2	19,56	1110,78	205,89	13,44
	Campo R3	184,41	1375,44	329,96	59,33
1998/99	Campo A1	43,37	2245,78	217,04	35,89
	Campo A2	17,00	1453,78	181,78	92,56
	Campo A3	107,96	173,44	9,74	37,44
	Campo R1	68,37	615,19	292,56	35,50
	Campo R2	174,85	4826,33	841,63	52,58
	Campo R3	449,70	7414,69	769,51	185,42

G.L. - graus de liberdade

Teor de potássio	Origem da variação				
	Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro	
G.L.	3	2	6	24	
1995/96	Campo A1	5704,44	21518,78	2731,67	2950,89
	Campo A2	938,30	6931,58	1605,44	961,72
	Campo A3	1493,78	10928,44	2141,78	379,78
	Campo R1	44,85	1321,00	32,41	122,00
	Campo R2	241,33	1077,78	500,44	436,00
	Campo R3	85,15	268,11	168,70	341,00
1996/97	Campo A1	2411,56	16144,00	1452,44	724,44
	Campo A2	330,78	15563,44	2562,56	291,56
	Campo A3	32,30	7241,33	585,63	515,78
	Campo R1	36,30	1010,33	282,63	56,78
	Campo R2	481,93	812,44	585,48	639,33
	Campo R3	23,22	1623,44	338,56	86,22
1998/99	Campo A1	1078,04	28756,00	3094,81	685,33
	Campo A2	1184,74	8490,11	840,63	530,00
	Campo A3	345,33	4023,11	1243,56	659,22
	Campo R1	15,36	561,44	189,67	70,69
	Campo R2	24,11	602,33	133,00	59,00
	Campo R3	12,32	1106,78	230,74	139,19

G.L. - graus de liberdade

pH (em CaCl <sub>2</sub> )		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro
G.L.		3	2	6	24
1995/96	Campo A1	0,049	0,000	0,010	0,090
	Campo A2	0,033	0,048	0,049	0,188
	Campo A3	0,075	0,017	0,035	0,042
	Campo R1	0,034	0,023	0,014	0,030
	Campo R2	0,005	0,010	0,011	0,006
	Campo R3	0,044	0,123	0,027	0,125
1996/97	Campo A1	0,210	0,161	0,012	0,129
	Campo A2	0,793	0,285	0,205	0,330
	Campo A3	0,110	0,047	0,016	0,079
	Campo R1	0,011	0,000	0,003	0,026
	Campo R2	0,005	0,117	0,013	0,006
	Campo R3	0,001	0,044	0,012	0,013
1998/99	Campo A1	0,250	0,213	0,126	0,153
	Campo A2	0,440	0,263	0,027	0,314
	Campo A3	0,087	0,072	0,017	0,059
	Campo R1	0,014	0,045	0,019	0,034
	Campo R2	0,033	0,064	0,003	0,008
	Campo R3	0,015	0,028	0,003	0,015

G.L. - graus de liberdade

pH (em H <sub>2</sub> O)		Origem da variação			
		Mobilização (A)	Profundidade (B)	Interacção (A) x (B)	Erro
G.L.		3	2	6	24
1995/96	Campo A1	0,077	0,027	0,020	0,114
	Campo A2	0,176	0,124	0,126	0,205
	Campo A3	0,085	0,009	0,065	0,130
	Campo R1	0,036	0,123	0,005	0,032
	Campo R2	0,007	0,340	0,032	0,015
	Campo R3	0,023	0,054	0,005	0,030
1996/97	Campo A1	0,147	0,245	0,035	0,180
	Campo A2	0,344	0,070	0,073	0,176
	Campo A3	0,048	0,022	0,050	0,081
	Campo R1	0,040	0,007	0,009	0,037
	Campo R2	0,029	0,119	0,050	0,066
	Campo R3	0,023	0,130	0,024	0,028
1998/99	Campo A1	0,163	0,063	0,057	0,079
	Campo A2	0,280	0,138	0,048	0,184
	Campo A3	0,081	0,037	0,012	0,083
	Campo R1	0,027	0,062	0,005	0,030
	Campo R2	0,025	0,286	0,054	0,009
	Campo R3	0,025	0,119	0,021	0,016

G.L. - graus de liberdade

Cultura do trigo (herdade da Abóboda)		Origem da variação	
		Mobilização	Erro
G.L.		3	8
1995/96	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	6116,00	2805,08
	nº de filhos.planta <sup>-1</sup>	0,06	0,07
	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	50866,97	8664,00
	materia seca.m <sup>-2</sup>	384,31	335,92
	nº espigas à colheita.m <sup>-2</sup>	584,08	2087,00
	sobrevivência das espigas	30,75	11,33
	peso de 1000 grãos	1,14	0,47
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	110693,00	7948809,08
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	12,89	28,50
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	770,46	3471,73
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	139,14	1875,65
	índice de colheita	4,56	13,92
1996/97	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	251,86	152,17
	nº de filhos.planta <sup>-1</sup>	1,64	0,17
	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	3553,56	3756,00
	materia seca.m <sup>-2</sup>	2876,56	593,00
	nº espigas à colheita.m <sup>-2</sup>	830,97	886,42
	sobrevivência das espigas	188,67	146,33
	peso de 1000 grãos	3,51	1,83
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	725404,31	478851,42
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	8,89	15,00
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	1379,74	589,57
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	620,18	434,01
	índice de colheita	0,56	21,75
1998/99	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	78,08	391,83
	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	255,86	652,92
	peso de 1000 grãos	9,64	0,67
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	486849,56	100922,67
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	14,33	10,58
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	137,54	369,62
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	332,88	129,86
	índice de colheita	28,78	25,42

G.L. - graus de liberdade

Cultura do trigo (herdade da Revilheira)		Origem da variação	
		Mobilização	Erro
G.L.		3	8
1995/96	nº plantas emergidas.m <sup>2</sup>	9222,33	4927,08
	nº de filhos.planta <sup>-1</sup>	0,02	0,02
	nº espigas potenciais.m <sup>2</sup>	5081,89	7251,75
	matéria seca.m <sup>2</sup>	210,53	604,58
	nº espigas à colheita.m <sup>2</sup>	322,89	1366,25
	sobrevivência das espigas	131,64	74,67
	peso de 1000 grãos	1,68	1,56
	nº de grãos.m <sup>2</sup>	7815954,75	9205348,08
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	191,64	45,42
	produção de palha.m <sup>2</sup>	1790,14	1333,49
	produção de grão.m <sup>2</sup>	99,98	142,38
	índice de colheita	7,22	5,50
	1996/97	nº plantas emergidas.m <sup>2</sup>	753,56
nº de filhos.planta <sup>-1</sup>		0,21	0,15
nº espigas potenciais.m <sup>2</sup>		4052,78	1070,08
matéria seca.m <sup>2</sup>		2057,11	221,58
nº espigas à colheita.m <sup>2</sup>		1546,75	504,33
sobrevivência das espigas		58,78	39,67
peso de 1000 grãos		7,65	3,69
nº de grãos.m <sup>2</sup>		858713,86	608015,67
nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>		32,56	10,50
produção de palha.m <sup>2</sup>		4215,26	2242,17
produção de grão.m <sup>2</sup>		349,19	304,89
índice de colheita		53,67	16,33
1998/99		nº plantas emergidas.m <sup>2</sup>	1314,97
	nº espigas potenciais.m <sup>2</sup>	2981,56	962,67
	peso de 1000 grãos	1,01	1,69
	nº de grãos.m <sup>2</sup>	1310607,67	566477,08
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	19,86	4,17
	produção de palha.m <sup>2</sup>	2899,41	352,01
	produção de grão.m <sup>2</sup>	1467,82	255,95
índice de colheita	16,22	0,42	

G.L. - graus de liberdade



Cultura do triticale (herdade da Abóboda)		Origem da variação	
		Mobilização	Erro
G.L.		3	8
1995/96	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	10394,75	3121,75
	nº de filhos.planta <sup>-1</sup>	0,00	0,00
	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	8361,11	2639,67
	matéria seca.m <sup>-2</sup>	34,97	114,92
	nº espigas à colheita.m <sup>-2</sup>	3856,97	2841,25
	sobrevivência das espigas	762,97	206,42
	peso de 1000 grãos	6,57	1,78
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	7222982,00	7728364,83
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	137,78	88,17
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	1495,14	2045,25
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	1743,42	1071,05
	índice de colheita	15,67	11,08
1996/97	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	122,97	34,25
	nº de filhos.planta <sup>-1</sup>	0,06	0,03
	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	400,53	92,17
	matéria seca.m <sup>-2</sup>	3506,97	2192,25
	nº espigas à colheita.m <sup>-2</sup>	80,67	34,33
	sobrevivência das espigas	197,67	156,58
	peso de 1000 grãos	8,03	2,25
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	639869,19	415001,17
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	991,78	119,17
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	3614,99	883,20
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	537,22	603,97
	índice de colheita	50,33	22,58
1998/99	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	2400,97	1523,00
	peso de 1000 grãos	4,75	0,58
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	302804,22	154702,00
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	25,56	11,92
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	2783,30	1101,98
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	256,13	177,77
	índice de colheita	118,44	57,42

G.L. - graus de liberdade

Cultura do triticale (herdade da Revilheira)		Origem da variação	
		Mobilização	Erro
G.L.		3	8
1995/96	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	3981,86	1967,17
	nº de filhos.planta <sup>-1</sup>	0,01	0,02
	nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	11196,22	2409,75
	matéria seca.m <sup>-2</sup>	465,00	99,50
	nº espigas à colheita.m <sup>-2</sup>	10646,75	12379,08
	sobrevivência das espigas	1448,31	423,75
	peso de 1000 grãos	0,57	0,58
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	5106356,31	18310988,25
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	201,64	237,25
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	2815,68	6393,71
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	1406,50	6393,85
	índice de colheita	2,11	2,67
	1996/97	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	46,31
nº de filhos.planta <sup>-1</sup>		0,01	0,02
nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>		419,19	219,92
matéria seca.m <sup>-2</sup>		3752,75	618,75
nº espigas à colheita.m <sup>-2</sup>		628,31	2793,92
sobrevivência das espigas		191,11	899,42
peso de 1000 grãos		5,89	8,85
nº de grãos.m <sup>-2</sup>		271318,97	999661,25
nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>		82,31	177,00
produção de palha.m <sup>-2</sup>		1336,12	7522,15
produção de grão.m <sup>-2</sup>		317,93	1223,27
índice de colheita		8,00	32,58
1998/99		nº espigas potenciais.m <sup>-2</sup>	1414,31
	peso de 1000 grãos	10,58	1,06
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	34474,08	37143,33
	nº de grãos.espiga <sup>-1</sup>	22,56	11,50
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	411,75	1391,48
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	954,04	44,73
	índice de colheita	8,08	2,83

G.L. - graus de liberdade

Cultura do girassol (herdade da Abóboda)		Origem da variação	
		Mobilização	Erro
G.L.		3	8
1995/96	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	3,72	0,63
	matéria seca.m <sup>-2</sup>	1956,97	2961,00
	nº capítulos à colheita.m <sup>-2</sup>	2,87	0,56
	peso de 1000 grãos	7,42	23,79
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	3845760,75	459234,08
	nº de grãos.capítulo <sup>-1</sup>	660230,31	176539,75
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	20913,64	7450,04
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	1898,06	319,60
	índice de colheita	88,75	28,75
1996/97	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	0,48	0,04
	matéria seca.m <sup>-2</sup>	548,27	296,05
	nº capítulos à colheita.m <sup>-2</sup>	0,39	0,09
	peso de 1000 grãos	32,53	8,17
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	54029,86	423986,33
	nº de grãos.capítulo <sup>-1</sup>	13382,78	22970,08
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	814,54	424,08
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	335,53	402,79
	índice de colheita	0,97	8,17
1998/99	nº plantas emergidas.m <sup>-2</sup>	0,68	0,35
	matéria seca.m <sup>-2</sup>	401,73	68,03
	nº capítulos à colheita.m <sup>-2</sup>	0,71	0,18
	peso de 1000 grãos	30,59	6,61
	nº de grãos.m <sup>-2</sup>	362425,86	162241,67
	nº de grãos.capítulo <sup>-1</sup>	6130,31	5885,75
	produção de palha.m <sup>-2</sup>	2841,65	1166,59
	produção de grão.m <sup>-2</sup>	173,05	231,95
	índice de colheita	7,22	11,25

G.L. - graus de liberdade

Cultura da forragem (herdade da Abóboda)	Origem da variação	
	Mobilização	Erro
G.L.	3	8
1995/96	4579,90	1614,35
1996/97	3450,42	1612,24
1998/99	6871,29	613,77

G.L. - graus de liberdade

